

# Berechnung über den reduzierten Energiebedarf



**Peters & Partner**  
**Ingenieure für Bauphysik**  
**Inh. Reinhard Peters**  
**Beratender Ingenieur**



© gmp International GmbH +49 (0) 24 31 / 9 75 46 34

Zum Driesch 1  
41812 Erkelenz

[info@peters-bauphysik.de](mailto:info@peters-bauphysik.de)  
[www.peters-bauphysik.de](http://www.peters-bauphysik.de)

## Projekt

Energetische Sanierung Schule Heyerweg  
BT C – Schwimmhalle mit Turnhalle  
Heyerweg 12  
41516 Grevenbroich

## Projektnummer

2024-056

Stand: **14.12.2024**

## Inhaltsverzeichnis

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 1 PRÄAMBEL.....                                       | 3   |
| 2 RANDBEDINGUNGEN.....                                | 4   |
| 2.1 Gesetzliche Anforderungen.....                    | 4   |
| 2.2 Normative Verweise.....                           | 4   |
| 2.3 Literatur.....                                    | 5   |
| 2.4 Verwendeter Planstand.....                        | 5   |
| 2.5 Einführung: Nachweisführung nach GEG.....         | 6   |
| 3 ERGEBNISSE.....                                     | 10  |
| 3.1 Anforderungen an opake Bauteile.....              | 10  |
| 3.2 Anforderungen an transparente Bauteile.....       | 12  |
| 3.3 Luftdichtheit der Gebäudehülle.....               | 13  |
| 3.4 Zusammenfassung Haustechnik.....                  | 14  |
| 3.5 Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen..... | 15  |
| 3.6 Zusammenfassung GEG.....                          | 16  |
| 3.7 Unterschriftenseite.....                          | 17  |
| 4 ANHANG.....                                         | 18  |
| 4.1 Berechnung Bestand.....                           | 19  |
| 4.2 Berechnung reales Gebäude.....                    | 51  |
| 4.3 Flächen und Volumen.....                          | 86  |
| 4.4 Faltmodelle.....                                  | 95  |
| 4.5 Bauteile.....                                     | 105 |
| 4.6 Impressum.....                                    | 132 |

## 1 PRÄAMBEL

Bei dem geplanten Bauvorhaben handelt es sich um den Umbau und die energetische Sanierung eines bestehenden Hallenbades mit Turnhalle. Beides ist Teil einer Schule, die ebenfalls saniert wird.

Ziel der nachfolgenden Berechnung ist die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen und die Erfüllung der Kriterien des Förderprogramms „Energieeffiziente öffentliche Gebäude“ des Landes Nordrheinwestfalen.

Der Nachweis hierüber wird nachfolgend erbracht. Die Berechnung erfolgt dabei nach DIN V 18599.

Zur Berechnung wurde das Gebäude gemäß DIN V 18599 in die folgenden Zonen aufgeteilt:

- 16 – Sanitärräume
- 17 – sonstige Aufenthaltsräume
- 19 – Verkehrsflächen
- 20 – Lager, Technik
- 31 – Turnhalle (ohne Zuschauerbereich)

Die hierbei verwendeten Standard-Nutzerprofile gem. DIN V 18599-2018 wurden beibehalten.

### Hinweis

Nach dem Umbau und der energetischen Sanierung ist das Gebäude um einen Technikraum erweitert. Dieser Raum ist bei der Bestandsberechnung nicht berücksichtigt. Bei den Fensterflächen gibt es ebenfalls Abweichungen zwischen Bestand und nach der Sanierung.

## **2 RANDBEDINGUNGEN**

### **2.1 Gesetzliche Anforderungen**

Gebäudeenergiegesetz GEG – vom 16.10.2023

GEG-Umsetzungsgesetz - GEG-UG NRW) – 23.09.2021

### **2.2 Normative Verweise**

DIN V 18599:2018      Energetische Bewertung von Gebäuden

DIN 4108-2: 2013      Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2018      Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und  
Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2018      Transmissions- und Lüftungswärmetransferkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018      Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2018      Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und  
Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangs-  
koeffizienten

## **2.3 Literatur**

Auslegungen der PG GEG zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) vom 06. September 2021 Beschluss der Fachkommission Bautechnik  
Richtlinie zu baulichen und planerischen Vorgaben für Baumaßnahmen des Bundes zur Gewährleistung der thermischen Behaglichkeit im Sommer

## **2.4 Verwendeter Planstand**

Architektenpläne M 1:100, Stand 12.11.2024

## 2.5 Einführung: Nachweisführung nach GEG

Die Nachweisführung nach dem Gebäudeenergiegesetz GEG unterscheidet zwischen Wohn- und Nicht-Wohngebäuden. Bei Wohngebäuden werden Energiebedarfswerte für Heizen, Warmwasser und Lüftung (soweit vorhanden) bilanziert, bei Nichtwohngebäuden zusätzlich Kühlung und Beleuchtung. Die benötigten Angaben zur Haustechnik sind hierbei viel detaillierter als bei Wohngebäuden.

Die Berechnung eines Nicht-Wohngebäudes erfolgt nach DIN V 18599. Diese enthält in Teil 10 unterschiedliche **Nutzungsprofile**. Beispielsweise sind die Nutzungszeiten, interne Lasten und Beleuchtungsstärken definiert. Von diesen Nutzungsprofilen darf nur in Ausnahmefällen (mit entsprechender Begründung) abgewichen werden. Dies ist dann der Fall, wenn die tatsächliche Nutzung stark von den vorgegebenen Nutzerprofilen abweicht.

Das Gebäude wird Drei-dimensional in ein entsprechendes Berechnungsprogramm (hier: Dämmwerk 2021) eingegeben. Dabei müssen alle (wärmeübertragenden) Außenflächen berücksichtigt werden. Das beheizte Gebäudevolumen kann sich hierbei von dem der Haustechnikplanung unterscheiden. Der Grund ist, dass beim GEG-Nachweis der Verlauf der Dämmung die Systemgrenze definiert. Liegen von der TGA-Planung unbeheizte Räume innerhalb der thermischen Hülle, werden diese als indirekt beheizt über die Nachbarräume angesetzt. Zusätzliche Heizkörper oder ähnliches sind nicht zwingend erforderlich.

Jedem (Außen-)Bauteil wird ein nach DIN EN ISO 6946 berechneter U-Wert zugewiesen, der die entsprechende Dämmeigenschaft der Bauteilschichten berücksichtigt. Ist die Gebäudeeingabe beendet und die U-Werte den zugehörigen Flächen zugewiesen wird die Haustechnik entsprechend eingegeben. Anschließend erhält man u.a. den Primärenergiebedarf des Gebäudes.

Der **Primärenergiebedarf** eines Gebäudes umfasst zusätzlich zum Endenergiebedarf (Endenergie ist die Energiemenge, die mit Versorger abgerechnet wird) eines Energieträgers die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers

benötigt wird (Primärenergie). Er beschreibt die Energieeffizienz und den ressourcenschonenden Umgang der Energienutzung. Die entsprechenden Faktoren sind im GEG Anlage 4 hinterlegt. Zur Ermittlung der Energiebilanz wird der entsprechende Energiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit einem Primärenergiefaktor multipliziert.

Beispiele für Primärenergiefaktoren:

|              |         |
|--------------|---------|
| Heizöl       | 1,1     |
| Erdgas       | 1,1     |
| Holz         | 0,2     |
| Fernwärme    | 0 – 1,3 |
| Strom        | 1,8     |
| Solarenergie | 0       |

Der berechnete Primärenergiebedarf wird mit dem Wert des zugehörigen **Referenzgebäudes** verglichen. Das Referenzgebäude ist kein tatsächliches Gebäude, sondern hat dieselbe Geometrie, Nettogrundfläche, Fensterflächenanteil, Ausrichtung und Nutzung wie das geplante Gebäude, mit dem Unterschied, dass die U-Werte der einzelnen Bauteile und die Anlagentechnik gem. GEG (Referenzbauteile und Referenzanlagentechnik) verbindlich vorgegeben sind. Jedes individuell geplante und gebaute Gebäude hat somit sein eigenes Referenzgebäude und seinen eigenen Grenzwert bezüglich der Primärenergie.

Das GEG definiert bei Neubauten zwei Anforderungen, die zwingend einzuhalten sind: Hauptanforderung ist der Primärenergiebedarf, die Nebenanforderung ist die Qualität der thermischen Hülle. Bei Nichtwohngebäuden ist ein **mittlerer U-Wert** einzuhalten, getrennt nach transparenten (z.B. Fenster) und opaken (nicht licht-durchlässige, z.B. Wände, Dächer) Bauteilen. Bei den opaken Bauteilen werden Bauteile gegen Erdreich und unbeheizten Räumen zusätzlich mit einem Faktor von 0,5 gewichtet.

Grundsätzlich ist es beim GEG-Nachweis nur entscheidend, dass die Haupt- (zulässiger Primärenergiebedarf) und die Nebenanforderungen (Transmissionswärmeverlust und sommerlicher Wärmeschutz) eingehalten werden. Der Weg, wie das Ziel

erreicht wird, ist dabei ohne Bedeutung, d.h. es gibt keine bestimmten Vorgaben hierzu.

### **Nutzung erneuerbarer Energien** zur Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs

Das GEG verlangt in § 34 bis 45 einen bestimmten Anteil regenerative Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs (Heizen und Kühlen) verbindlich vor durch:

- 15 % Solarthermie oder
- 15 % Strom aus erneuerbaren Energien oder
- 50 % Geothermie oder Umweltwärme oder
- 50 % feste Biomasse oder
- 50 % flüssige Biomasse oder
- 30 % (KWK-Anlage) bzw. 50 % (Brennwertkessel) gasförmige Biomasse
- 50 % Kälte aus Erneuerbaren Energien
- 50 % Abwärmenutzung oder
- 50 % Kraft-Wärme-Kopplung oder
- 100 % Nah- oder Fernwärmenutzung (abhängig von Erzeugung) oder
- 15 % GEG-Unterschreitung

Hierbei sind Kombinationen der einzelnen Maßnahmen möglich.

## **GEG-Unterschreitung und Energiekosten**

Eine bestimmte GEG-Unterschreitung führt nicht automatisch zu reduzierten Energiekosten. Die Unterschreitung sagt nur aus, dass die Energien „umweltfreundlicher“ erzeugt werden. Beispielsweise wirkt sich eine Holzheizung sehr günstig auf den Primärenergiebedarf aus. Wird die Dämmung hierdurch auf ein Minimum reduziert, können die späteren Energiekosten höher ausfallen als bei einem Brennwert-Kessel und einer besseren Dämmung. wirkt sich eine Holzheizung sehr günstig auf den Primärenergiebedarf aus. Wird die Dämmung hierdurch auf ein Minimum reduziert, können die späteren Energiekosten höher ausfallen als bei einem Brennwert-Kessel und einer besseren Dämmung.

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Anforderungen an opake Bauteile

Zur Erfüllung des Nachweises nach GEG sind folgende Dämmstärken angesetzt worden:

Flachdach:                      25 cm Gefälledämmung WLG 035 im Mittel  
                                         18 cm Minstdämmstärke

Flachdach Turnhalle  
und Schwimmbad:            Bestand

Außenwand:                   16 cm WLG 035 Wärmedämmverbundsystem WDVS

Kellerwand:                   12 cm Perimeterdämmung XPS

Kellerdecke /  
Bodenplatte:                   2 cm Trittschalldämmung WLG 040 plus  
                                         6 cm WLS 023

Bodenplatte Turnhalle:      14 cm WLG 035 zwischen Holzbalken

Die Trittschalldämmung wird entsprechend ihres  $\lambda$ -  
Wertes beim U-Wert voll angerechnet.

## Wärmebrücken

Zur Reduzierung von Energieverlusten und des Tauwasserrisikos sind die Einflüsse von Wärmebrücken zu minimieren. Hilfestellung hierzu leistet das Beiblatt 2 der DIN 4108. Wichtig ist auch die Einhaltung des **Mindestwärmeschutzes** nach Teil 2 der Norm, im Regelfall 6 cm WLG 040.

Bei den Übergängen von beheizten zu unbeheizten Bereichen sind die einbindenden Bauteile beidseitig auf einer Breite von 1,00 m mit mindestens 8 cm WLG 040 zu dämmen (**Begleitdämmung**). Dies gilt sinngemäß auch für Fundamente bzw. Frostschränken. Hier ist die Dämmung auf der Außenseite ausreichend.

In der Berechnung wurden die Wärmebrücken mit dem pauschalen Zuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  berücksichtigt. **Es wird empfohlen, alle Wärmebrücken nach DIN 4108 Beiblatt 2 auszuführen.**

### 3.2 Anforderungen an transparente Bauteile

Das Gebäudeenergiegesetz schreibt für Fenster und Pfosten-Riegel-Fassaden einen mittleren U-Wert von  $\bar{U} \leq 1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$  und bei Oberlichtern von  $\bar{U} \leq 3,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  vor. Bei der Nachweisführung wurden folgende Werte angesetzt:

$U_g \leq$  0,70 W/(m<sup>2</sup>K) (Wert der Verglasung, 3-fach- Verglasung)  
Die Scheibenabstandshalter sind mit „warmer“ Kante auszuführen, d.h. Kunststoff statt Aluminium.

$U_{fr} \leq$  1,00 W/(m<sup>2</sup>K) (Wert des Rahmens)

$U_w \leq$  0,90 W/(m<sup>2</sup>K) (Wert für das gesamte Fenster)

$U_{w, \text{Lichtkuppel}} \leq$  1,50 W/(m<sup>2</sup>K) (Wert für gesamte Lichtkuppel gem. DIN 1873)

$U_D \leq$  1,3 W/(m<sup>2</sup>K) (Wert für die Außentür)

$U_{D \text{ Technik}} \leq$  1,9 W/(m<sup>2</sup>K) (Wert für die Außentür)

Entscheidend für die Nachweisführung ist der  $U_w$  des gesamten Fensters bzw. der Pfosten-Riegel-Fassade. Dieser ist abhängig von der Größe der Verglasung und vom Rahmenanteil. Die Werte der Verglasung und des Rahmens dienen lediglich der Orientierung.

### 3.3 Luftdichtheit der Gebäudehülle

Alle neu zu errichtenden Gebäude sind gemäß Gebäudeenergiegesetz luftdicht auszuführen. Hierdurch werden unkontrollierte Wärmeverluste vermieden (dies wirkt sich vor allem bei Gebäuden mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung aus). Des Weiteren kann durch Leckagen Feuchtigkeit in die Baukonstruktion eindringen und zu Schäden führen.

Die Luftdichtigkeit eines Gebäudes kann durch eine Prüfung (Blower-Door-Verfahren) gemessen und die Undichtigkeiten ausfindig gemacht werden. Zur Bauüberwachung ist eine Messung nach dem Schließen der thermischen Hülle sinnvoll. Zu diesem Zeitpunkt sind Nachbesserungen ohne besonderen Aufwand möglich.

Wird der Nachweis der Luftdichtheit nach Gebäudefertigstellung erbracht, kann dies positiv im Nachweis berücksichtigt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Anforderungen bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen größer sind als bei Gebäuden mit Fensterlüftung.

Im Nachweis wurde die bestandene Luftdichtheitsprüfung nicht angesetzt. **Zur Qualitätsüberwachung wird eine Messung der Luftdichtigkeit empfohlen.**

### 3.4 Zusammenfassung Haustechnik

#### Lüftung

Die Turnhalle wird über die Fenster natürlich belüftet. Die übrigen Bereiche erhalten eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG > 75 %).

Der Strombedarf der Ventilatoren wurde mit dem Wert aus der Gerätekarte (Fa. Hansa Klimasysteme) berücksichtigt.

#### Beleuchtung

Alle Bereiche verfügen über LED-Leuchten.

#### Klimakältesystem

nicht vorgesehen

#### Warmwasser

Die Warmwasserbereitung erfolgt über 4 Wärmepumpen, die auch zur Beheizung des Gebäudes genutzt werden, sowie 150 m<sup>2</sup> solare Flachkollektoren. Es ist ein Speicher mit 1.000 l Fassungsvermögen vorgesehen.

#### Heizung

Zur Abdeckung der Heizlast werden 4 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit insgesamt **83 kW Leistung** eingesetzt. Die Übergabe der Heizwärme erfolgt über eine vollflächige Fußbodenheizung in allen Räumen. Das Schwimmbad wird über die Lüftungsanlage versorgt (Umluftbetrieb).

### 3.5 Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen

Gemäß Gebäudeenergiegesetz Anlage 8 sind Rohrleitungen und Armaturen wie folgt zu dämmen:

| Zeile | Art der Leitungen / Armaturen                                                                                                                                                           | Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m²K) |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Innendurchmesser bis 22 mm                                                                                                                                                              | 20 mm                                                                               |
| 2     | Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm                                                                                                                                                   | 30 mm                                                                               |
| 3     | Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm                                                                                                                                                  | Gleich Innendurchmesser                                                             |
| 4     | Innendurchmesser über 100 mm                                                                                                                                                            | 100 mm                                                                              |
| 5     | Leitungen und Armaturen nach den Zeilen 1 bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern | ½ der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4                                              |
| 6     | Wärmeverteilungsleitungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach dem 31. Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden                              | ½ der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4                                              |
| 7     | Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau                                                                                                                                                | 6 mm                                                                                |
| 8     | Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen Innendurchmesser ≤ 22 mm                                                          | 9 mm                                                                                |
| 9     | Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen Innendurchmesser > 22 mm                                                          | 19 mm                                                                               |

**Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen, Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen**

### 3.6 Zusammenfassung GEG

Die Anforderungen des GEG werden eingehalten. Die Unterschreitung beträgt 42 % bezogen auf den Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes. Gegenüber dem jetzigen Bestand reduziert sich der Primärenergiebedarf um 76 %.

Die Einhaltung der Nutzung erneuerbarer Energien erfolgt durch den Einsatz der solarthermischen Anlage und der Wärmepumpen.

### 3.7 Unterschriftenseite

Dieser Bericht besteht aus den Seiten 1 bis 17 plus Anhang (132 Seiten insgesamt).

Aufgestellt:

Erkelenz, 14.12.2024



## 4 ANHANG

## 4.1 Berechnung Bestand

### Energetische Bewertung von Gebäuden

**Projekt: Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)**

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 "Schwimmbad-Bestand"

( Ref-No 5.0 )

Nachweisverfahren

( Ref-No 5.0.2 )

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des

Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Referenzberechnung: Schwimmbad-Bestand-Referenz2020.dwe

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

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

( Ref-No 5.1.0 )

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

| Zone                        | Typ              | $t_{\text{nutz}}$<br>d/a | $\vartheta_i$<br>°C | $\vartheta_{i,WE}$<br>°C | $A_{\text{NGF}}$<br>m <sup>2</sup> | $V_i$<br>m <sup>3</sup> |
|-----------------------------|------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| <1> Sanitärräume            | 216 WC und Sanit | 250                      | 19,8                | 17,1                     | 178                                | 446                     |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | 217 Sonstige Auf | 250                      | 19,8                | 17,1                     | 10                                 | 24                      |
| <3> Verkehrsflächen         | 219 Verkehrsfläc | 250                      | 16,1                | 13,9                     | 63                                 | 157                     |
| <4> Lager, Technik          | 220 Lager, Techn | 250                      | 16,1                | 13,9                     | 116                                | 303                     |
| <5> Turnhalle               | 231 Turnhalle (o | 250                      | 18,3                | 15,5                     | 390                                | 2146                    |
| <6> Schwimmhalle            | 217 Sonstige Auf | 250                      | 19,9                | 17,1                     | 257                                | 795                     |
|                             |                  |                          |                     |                          | 1.013                              | 3.871                   |

Gebäude,  $A_{\text{NGF}} = 1013,4$  m<sup>2</sup> (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

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

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

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

$\vartheta_i$  Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

## 2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) ( Ref-No 5.2.0 )

Transferkoeffizienten  $H_T$  aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2  
Begrenzung der U-Werte (U<sub>max</sub>-Nachweis) GEG § 19

| Hüllfläche               | Zone | A<br>m <sup>2</sup> | U<br>W/ (m <sup>2</sup> K) | F <sub>x</sub>       | Anmerkungen | H <sub>T</sub><br>W/K |
|--------------------------|------|---------------------|----------------------------|----------------------|-------------|-----------------------|
| Turnhalle                |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 1 F 0103 FD N-W 1°       | 5:0  | 217,0               | 0,165 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 35,8                  |
| 2 F 0104 FD S-O 1°       | 5:0  | 217,0               | 0,165 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 35,8                  |
| 3 F 0100 FAW N-O         | 5:0  | 99,6                | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 139,5                 |
| 4 F 0102 FAW N-W         | 5:0  | 33,6                | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 47,1                  |
| 5 F 0105 FAW S-O         | 5:0  | 53,2                | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 74,5                  |
| 6 F 0106 FAW S-W         | 5:0  | 99,6                | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 139,5                 |
| 7 A 0102 FF N-W          | 5:0  | 64,4                | 3,000 ##                   | 1,00 F <sub>F</sub>  | 50 02       | 193,1                 |
| 8 A 0105 FF S-O          | 5:0  | 137,2               | 3,000 ##                   | 1,00 F <sub>F</sub>  | 50 02       | 411,4                 |
| 9 F 0101 FG              | 5:0  | 434,0               | 1,200 ##                   | 0,35 F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 182,3                 |
| Lehrer Umkleide / Dusche |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 10 F 0207 FD             | 1:0  | 18,5                | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 24,1                  |
| 11 F 0206 FAW S-W        | 1:0  | 16,6                | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 23,3                  |
| 12 A 0206 FF S-W         | 1:0  | 3,9                 | 3,000 ##                   | 1,00 F <sub>F</sub>  | 50 02       | 11,8                  |
| 13 F 0200 FG             | 1:0  | 18,5                | 1,200 ##                   | 0,35 F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 7,8                   |
| Lehrer Umkleide / Dusche |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 14 F 0305 FD             | 1:0  | 17,7                | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 23,1                  |
| 15 F 0304 FAW S-W        | 1:0  | 13,7                | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 19,1                  |
| 16 A 0304 FF S-W         | 1:0  | 1,3                 | 3,000 ##                   | 1,00 F <sub>F</sub>  | 50 02       | 3,9                   |
| 17 F 0300 FG             | 1:0  | 17,7                | 1,200 ##                   | 0,35 F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 7,5                   |
| PuMi                     |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 18 F 0405 FD             | 4:0  | 9,0                 | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 11,7                  |
| 19 F 0403 FAW N-W        | 4:0  | 10,0                | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 14,0                  |
| 20 F 0404 FAW S-W        | 4:0  | 7,6                 | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 10,6                  |
| 21 A 0403 FF N-W         | 4:0  | 2,1                 | 3,000                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 50 02       | 6,5                   |
| 22 F 0400 Fg <zum Kelle  | 4:0  | 9,0                 | 1,000 ##                   | 0,60 F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 5,4                   |
| Flur Lehrerumkleide      |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 23 F 0505 FD             | 3:0  | 5,8                 | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 7,6                   |
| 24 F 0500 FG             | 3:0  | 5,8                 | 1,200 ##                   | 0,35 F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 2,4                   |
| Umkleide Turnhalle       |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 25 F 0607 FD             | 1:0  | 39,5                | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 51,4                  |
| 26 A 0607 DFF 0°         | 1:0  | 2,8                 | 3,000                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 50 02 70    | 8,4                   |
| 27 F 0600 Fg <zum Kelle  | 1:0  | 42,4                | 1,000 ##                   | 0,60 F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 25,4                  |
| WC / Umkleide Turnhalle  |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 28 F 0705 FD             | 1:0  | 21,2                | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 27,6                  |
| 29 A 0705 DFF 0°         | 1:0  | 1,4                 | 3,000                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 50 02 70    | 4,2                   |
| 30 F 0700 FG             | 1:0  | 22,6                | 1,200 ##                   | 0,35 F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 9,5                   |
| Technik                  |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 31 F 0805 FD             | 4:0  | 16,9                | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 22,0                  |
| 33 F 0800 FG             | 4:0  | 16,9                | 1,200 ##                   | 0,35 F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 7,1                   |
| Geräteraum ohne Keller   |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 34 F 0905 FD             | 4:0  | 28,3                | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 36,8                  |
| 35 F 0900 FG             | 4:0  | 28,3                | 1,200 ##                   | 0,35 F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 11,9                  |
| Geräteraum mit Keller    |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 36 F 1005 FD             | 4:0  | 29,4                | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 38,3                  |
| 37 F 1002 FAW N-O        | 4:0  | 6,4                 | 1,400 ##                   | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50          | 8,9                   |
| 38 A 1002 FF N-O         | 4:0  | 1,3                 | 3,000                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 50 02       | 3,9                   |
| 39 T 1002 FAW N-O , Tür  | 4:0  | 5,2                 | 4,000                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 50 85       | 20,7                  |
| 40 F 1000 Fg <zum Kelle  | 4:0  | 29,4                | 1,000 ##                   | 0,60 F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 17,7                  |
| Flur                     |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 41 F 1116 FD             | 3:0  | 52,3                | 1,300 ##                   | 1,00 F <sub>D</sub>  | 50          | 67,9                  |

|                          |     |       |          |      |                 |             |       |
|--------------------------|-----|-------|----------|------|-----------------|-------------|-------|
| 42 A 1116 DFF 0°         | 3:0 | 1,4   | 3,000    | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 50 02 70    | 4,3   |
| 43 F 1100 Fg <zum Kelle  | 3:0 | 53,7  | 1,000 ## | 0,60 | F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 32,2  |
| Windfang                 |     |       |          |      |                 |             |       |
| 44 F 1205 FD             | 3:0 | 15,0  | 1,300 ## | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 50          | 19,5  |
| 45 F 1203 FAW N-W        | 3:0 | 2,3   | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 3,2   |
| 46 T 1203 FAW N-W , Tür  | 3:0 | 7,7   | 4,000    | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50 85       | 31,0  |
| 47 F 1200 FG             | 3:0 | 15,0  | 1,200 ## | 0,35 | F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 6,3   |
| Technikabgang            |     |       |          |      |                 |             |       |
| 48 F 1308 FD             | 4:0 | 36,8  | 1,300 ## | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 50          | 47,9  |
| 49 F 1302 FAW N-O        | 4:0 | 9,6   | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 13,4  |
| 50 F 1303 FAW N-O        | 4:0 | 5,7   | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 8,0   |
| 51 A 1302 FF N-O         | 4:0 | 2,0   | 3,000    | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 50 02       | 5,9   |
| 52 A 1303 FF N-O         | 4:0 | 1,3   | 3,000    | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 50 02       | 3,9   |
| 53 F 1300 Fg <zum Kelle  | 4:0 | 36,8  | 1,000 ## | 0,60 | F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 22,1  |
| WC BH Umkleide H Schimmb |     |       |          |      |                 |             |       |
| 54 F 1406 FD             | 1:0 | 21,0  | 1,300 ## | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 50          | 27,3  |
| 55 A 1406 DFF 0°         | 1:0 | 1,4   | 3,000    | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 50 02 70    | 4,2   |
| 56 F 1404 FAW S-W        | 1:0 | 2,1   | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 3,0   |
| 57 F 1400 FG             | 1:0 | 22,4  | 1,200 ## | 0,35 | F <sub>fb</sub> | 50 19 25 14 | 9,4   |
| Duschen Schwimmbad       |     |       |          |      |                 |             |       |
| 58 F 1509 FD             | 1:0 | 49,3  | 1,300 ## | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 50          | 64,1  |
| 59 A 1509 DFF 0°         | 1:0 | 1,8   | 3,000    | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 50 02 70    | 5,5   |
| 60 F 1500 Fg <zum Kelle  | 1:0 | 51,1  | 1,000 ## | 0,60 | F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 30,7  |
| Umkleide D Schwimmbad    |     |       |          |      |                 |             |       |
| 61 F 1607 FD             | 1:0 | 22,6  | 1,300 ## | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 50          | 29,3  |
| 62 A 1607 DFF 0°         | 1:0 | 1,4   | 3,000    | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 50 02 70    | 4,2   |
| 63 F 1600 Fg <zum Kelle  | 1:0 | 24,0  | 1,000 ## | 0,60 | F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 14,4  |
| Aufsicht                 |     |       |          |      |                 |             |       |
| 64 F 1705 FD             | 2:0 | 10,5  | 1,300 ## | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 50          | 13,7  |
| 65 F 1702 FAW N-O        | 2:0 | 11,2  | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 15,7  |
| 66 A 1702 FF N-O         | 2:0 | 2,6   | 3,000 ## | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 50 02       | 7,8   |
| 67 F 1700 Fg <zum Kelle  | 2:0 | 10,5  | 1,000 ## | 0,60 | F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 6,3   |
| Schwimmbhalle            |     |       |          |      |                 |             |       |
| 68 F 1803 FD S-O 1°      | 6:0 | 292,8 | 0,179 ## | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 50          | 52,4  |
| 69 F 1800 FAW N-O        | 6:0 | 53,7  | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 75,2  |
| 70 F 1802 FAW N-W        | 6:0 | 46,3  | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 64,8  |
| 71 F 1804 FAW S-O        | 6:0 | 20,4  | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 28,5  |
| 72 F 1805 FAW S-W        | 6:0 | 53,7  | 1,400 ## | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 50          | 75,2  |
| 73 A 1802 FF N-W         | 6:0 | 49,2  | 3,000 ## | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 50 02       | 147,5 |
| 74 F 1801 Fg             | 6:0 | 158,8 | 1,000 ## | 0,60 | F <sub>G</sub>  | 50 19 25 21 | 95,3  |

$\Sigma A [m^2] = 2.951,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 2.771,2$

Bodenplattenmaß B' (25) =  $A_G / (0.5 P) = 996,96 / 97,06 = 10,27 \text{ m}$

keine weiteren Bodenplatten

#### 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).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 21 Kellerdecke / Innenwand zum unbeheizten Keller, Kellerfußboden ungedämmt, ohne Perimeterdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F<sub>x</sub> für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F<sub>x</sub>-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 70 Dachflächenfenster
- 85 Begrenzung der U-Werte von Außentüren und Toren in NWG nach KfW-FAQ als Glasdächer, Lichtbänder

## 2.1 Wärmebrücken

( Ref-No 5.2.1 )

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 295,1 \text{ W/K}$  (10,6 %, 0,100 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

## 2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

( Ref-No 5.2.2 )

| Transferkoeffizienten<br>Transmission | $H_{T,D}$<br>W/K | $H_{T,s}$<br>W/K | $H_{T,iu}$<br>W/K | $\Sigma H_T$<br>W/K | $H_{T,iz}$<br>W/K | $H_{T,zi}$<br>W/K |
|---------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| <1> Sanitärräume                      | 378              | 34               | 70                | 483                 | 0                 | 0                 |
| <2> sonstige Aufenthaltsr             | 41               | 0                | 6                 | 47                  | 0                 | 0                 |
| <3> Verkehrsflächen                   | 149              | 9                | 32                | 190                 | 0                 | 0                 |
| <4> Lager, Technik                    | 281              | 19               | 45                | 346                 | 0                 | 0                 |
| <5> Turnhalle                         | 1212             | 182              | 0                 | 1395                | 0                 | 0                 |
| <6> Schwimmhalle                      | 511              | 0                | 95                | 606                 | 0                 | 0                 |
|                                       | 2573             | 244              | 249               | 3066                |                   |                   |

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmeflusskoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 3.066,3 / 2.951,2 = 1,04 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

## 2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

( Ref-No 5.2.3 )

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit  $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$  (§ 50 mit Rundungsregel)

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

|                                       | opake Bauteile<br>[W/ (m²K) ] | Fenster<br>[W/ (m²K) ] | Vorhangf.<br>[W/ (m²K) ] | Oberfl.<br>[W/ (m²K) ] |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| $U_{max}$ $T_i \geq 19^\circ\text{C}$ | 0,40                          | 1,90                   | 1,90                     | 3,10                   |
| $U_{max}$ $T_i < 19^\circ\text{C}$    | 0,60                          | 3,50                   | 3,80                     | 3,90                   |
| Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$     | 0,69                          | 3,00                   |                          | 3,00                   |
| Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$        | 0,96                          | 3,00                   |                          | 3,90                   |

kleinste Grenzwertunterschreitung:  $U = 0,69 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 72,7\%$

**2.4 Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle**  
( Ref-No 5.2.4 )

| Bauteil                    | U-Wert<br>W/ (m²K) | U/U <sub>EnEV</sub> | Fläche A<br>m² |       | H <sub>T</sub><br>W/K |       |
|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------|-------|-----------------------|-------|
| Flachdach Schwimmhalle     | 0,179              | 128 %               | 293            | 10 %  | 52                    | 2 %   |
| Flachdach Turnhalle        | 0,165              | 118 %               | 434            | 15 %  | 72                    | 3 %   |
| Flachdach Verbindungsbau   | 1,300              | 929 %               | 394            | 13 %  | 512                   | 18 %  |
| Außenwand                  | 1,400              | 700 %               | 545            | 18 %  | 763                   | 28 %  |
| Kellerdecke Kriechkeller ( | 1,000              | 400 %               | 156            | 5 %   | 94                    | 3 %   |
| Kellerdecke Schwimmbad     | 1,000              | 400 %               | 159            | 5 %   | 95                    | 3 %   |
| Kellerdecke Geräteraum     | 1,000              | 400 %               | 29             | 1 %   | 18                    | 1 %   |
| Kellerdecke Wasseraufberei | 1,000              | 400 %               | 71             | 2 %   | 43                    | 2 %   |
| Bodenplatte Turnhalle      | 1,200              | 480 %               | 434            | 15 %  | 182                   | 7 %   |
| Bodenplatte Verbindungsbau | 1,200              | 480 %               | 147            | 5 %   | 62                    | 2 %   |
| Fenster                    | 3,000              | 316 %               | 265            | 9 %   | 796                   | 29 %  |
| Lichtkuppel (normal beheiz | 3,000              | 200 %               | 10             | 0 %   | 31                    | 1 %   |
| Aussentür                  | 4,000              | 308 %               | 13             | 0 %   | 52                    | 2 %   |
|                            |                    |                     | 2951           | 100 % | 2.771                 | 100 % |

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

**Die U-Werte der unsanierten Bauteile sind der "Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand" vom 08.10.2020 des "Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie" sowie des "Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat" entnommen.**

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

( Ref-No 5.3.0 )

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie III, gewisse Undichtheiten (T2, Tab.7),  $n_{50} = 6,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen  $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 9 * 2951 / 3871 = 6,86 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

| Zone               | ALD | $n_{50}$<br>$\text{h}^{-1}$ | $V_A$<br>$\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$ | Luftwechsel                          |                                     | Fenster<br>$n_{\text{win}}$<br>$\text{h}^{-1}$ | Lüftungsanlage                        |                           |
|--------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
|                    |     |                             |                                               | $n_{\text{nutz}}$<br>$\text{h}^{-1}$ | $n_{\text{inf}}$<br>$\text{h}^{-1}$ |                                                | $n_{\text{m,ZUL}}$<br>$\text{h}^{-1}$ | $t_{V,m}$<br>$\text{h/d}$ |
| <1> Sanitärräume   | -   | 8,78                        | 15,00                                         | 6,00                                 | 0,61                                | 0,10                                           | 6,00                                  | 13                        |
| <2> sonstige Außen | -   | 13,06                       | 7,00                                          | 2,80                                 | 0,91                                | 0,92                                           | -                                     | -                         |
| <3> Verkehrsfläche | -   | 9,12                        | 0,00                                          | 0,00                                 | 0,64                                | 0,11                                           | -                                     | -                         |
| <4> Lager, Technik | -   | 8,67                        | 0,15                                          | 0,06                                 | 0,61                                | 0,12                                           | -                                     | -                         |
| <5> Turnhalle      | -   | 5,69                        | 3,00                                          | 0,55                                 | 0,40                                | 0,29                                           | -                                     | -                         |
| <6> Schwimmhalle   | -   | 7,63                        | 7,00                                          | 2,26                                 | 0,53                                | 0,10                                           | 2,26                                  | 13                        |

$\Rightarrow$  WE-Betrieb ...

|                               |  |  |      |      |      |      |
|-------------------------------|--|--|------|------|------|------|
| <1> Sanitärräume              |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,11 |
| <2> sonstige Aufenthaltsräume |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,91 | 0,14 |
| <3> Verkehrsflächen           |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,64 | 0,11 |
| <4> Lager, Technik            |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,11 |
| <5> Turnhalle                 |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,10 |
| <6> Schwimmhalle              |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,53 | 0,10 |

Zone <1> RLT-Anlage (201) mit VSUP/ETA = 2676 / 2676  $\text{m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert

Zone <6> RLT-Anlage (201) mit VSUP/ETA = 1796 / 1796  $\text{m}^3/\text{h}$ , Konstantvolumenstrom, balanciert

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

$n_{\text{nutz}}$  = Mindestaußenluftwechsel =  $V_A * \text{ANGF} / V$  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)

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

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 2 / 5 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) * n_{\text{inf}} - 0.1$  (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<br>Lüftung | $V$<br>$\text{m}^3$ | $H_{V,z,\text{Jan}}$<br>$\text{W/K}$ | $H_{V,\text{inf}}$<br>$\text{W/K}$ | $H_{V,\text{win}}$<br>$\text{W/K}$ | $\Sigma H_V$<br>$\text{W/K}$ | $H_{V,\text{mech}}$<br>$\text{W/K}$ | $\vartheta_{V,\text{Jan}}$<br>$^{\circ}\text{C}$ |
|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <1> Sanitärräume                 | 446                 | 0                                    | 93                                 | 15                                 | 108                          | 493                                 | 2,9                                              |
| <2> sonstige Aufenth             | 24                  | 0                                    | 7                                  | 7                                  | 15                           | 0                                   |                                                  |
| <3> Verkehrsflächen              | 157                 | 0                                    | 34                                 | 6                                  | 40                           | 0                                   |                                                  |
| <4> Lager, Technik               | 303                 | 0                                    | 63                                 | 12                                 | 75                           | 0                                   |                                                  |
| <5> Turnhalle                    | 2.146               | 0                                    | 290                                | 213                                | 504                          | 0                                   |                                                  |
| <6> Schwimmhalle                 | 795                 | 0                                    | 145                                | 27                                 | 172                          | 331                                 | 2,9                                              |
|                                  |                     | 0                                    | 632                                | 281                                | 914                          | 824                                 |                                                  |

|                             |   |     |     |     |
|-----------------------------|---|-----|-----|-----|
| ⇒ WE-Betrieb ...            |   |     |     |     |
| <1> Sanitärräume            | 0 | 93  | 17  | 110 |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | 0 | 7   | 1   | 9   |
| <3> Verkehrsflächen         | 0 | 34  | 6   | 40  |
| <4> Lager, Technik          | 0 | 63  | 11  | 74  |
| <5> Turnhalle               | 0 | 290 | 73  | 363 |
| <6> Schwimmhalle            | 0 | 145 | 28  | 172 |
|                             | 0 | 632 | 136 | 768 |

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$  = 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

$\theta_V$  = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

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

#### 4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

##### 4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

Bauliche Verschattung  $F_S$  aus Horizontwinkel  $\alpha_h$ , Überhangwinkel  $\alpha_o$  und Seitenwinkel  $\alpha_f$   
Abminderungsfaktoren  $F_S = 0.90$  nach GEG §25, vereinfacht

| Kollektorfläche  | Zone | $A_g$<br>$m^2$ | $I_{S,\text{Jan/Jul}}$<br>$W/m^2$ | $g_{\text{eff, Jan/Jul}}$<br>% | $Q_{S,\text{Jan/Jul}}$<br>$kWh/d$ |
|------------------|------|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 7 A 0102 FF N-W  | 5    | 45,07          | 11/ 95                            | 36/ 36 7100                    | 4,3/ 37,5                         |
| 8 A 0105 FF S-O  | 5    | 96,00          | 50/ 132                           | 36/ 36 "                       | 41,9/110,9                        |
| 12 A 0206 FF S-W | 1    | 2,74           | 40/ 120                           | 36/ 36 "                       | 1,0/ 2,9                          |
| 16 A 0304 FF S-W | 1    | 0,92           | 40/ 120                           | 36/ 36 "                       | 0,3/ 1,0                          |
| 21 A 0403 FF N-W | 4    | 1,50           | 11/ 95                            | 36/ 36 "                       | 0,1/ 1,3                          |
| 26 A 0607 DFF 0° | 1    | 1,96           | 29/ 210                           | 58/ 58 "                       | 0,8/ 5,8                          |
| 29 A 0705 DFF 0° | 1    | 0,98           | 29/ 210                           | 58/ 58 "                       | 0,4/ 2,9                          |
| 38 A 1002 FF N-O | 4    | 0,92           | 11/ 112                           | 36/ 36 "                       | 0,1/ 0,9                          |
| 42 A 1116 DFF 0° | 3    | 1,01           | 29/ 210                           | 58/ 58 "                       | 0,4/ 3,0                          |
| 51 A 1302 FF N-O | 4    | 1,37           | 11/ 112                           | 36/ 36 "                       | 0,1/ 1,3                          |
| 52 A 1303 FF N-O | 4    | 0,92           | 11/ 112                           | 36/ 36 "                       | 0,1/ 0,9                          |
| 55 A 1406 DFF 0° | 1    | 0,98           | 29/ 210                           | 58/ 58 "                       | 0,4/ 2,9                          |
| 59 A 1509 DFF 0° | 1    | 1,29           | 29/ 210                           | 58/ 58 "                       | 0,5/ 3,8                          |
| 62 A 1607 DFF 0° | 1    | 0,98           | 29/ 210                           | 58/ 58 "                       | 0,4/ 2,9                          |
| 66 A 1702 FF N-O | 2    | 1,83           | 11/ 112                           | 36/ 36 "                       | 0,2/ 1,8                          |
| 73 A 1802 FF N-W | 6    | 34,43          | 11/ 95                            | 36/ 36 "                       | 3,3/ 28,6                         |
|                  |      | 192,90         |                                   |                                | 54/ 208                           |

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

$G1 =$

5,  $G2 = 10$  und  $G3 = 30$

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

$g_{\text{tot}}$  = 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

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

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

nicht bilanziert

#### 4.3 solare Wärmegewinne ( Ref-No 5.4.3 )

| Zone             | Sep<br>kWh | Okt<br>kWh | Nov<br>kWh | Dez<br>kWh | Jan<br>kWh | Feb<br>kWh | Mär<br>kWh | Jahr<br>kWh |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| über Fenster ... |            |            |            |            |            |            |            |             |
| <1> Sanitärräu   | 434        | 286        | 110        | 67         | 118        | 139        | 343        | 4.893       |
| <2> sonstige A   | 25         | 14         | 6          | 3          | 5          | 9          | 20         | 328         |
| <3> Verkehrsfl   | 54         | 34         | 13         | 7          | 13         | 17         | 42         | 630         |
| <4> Lager, Tec   | 64         | 37         | 16         | 9          | 14         | 22         | 51         | 823         |
| <5> Turnhalle    | 3.400      | 2.711      | 960        | 684        | 1.436      | 1.186      | 2.808      | 36.778      |
| <6> Schwimmhal   | 461        | 261        | 117        | 65         | 103        | 152        | 355        | 5.669       |
|                  | 4.437      | 3.344      | 1.223      | 837        | 1.689      | 1.525      | 3.619      | 49.120      |

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

| Zone                          | $A_B$<br>m <sup>2</sup> | $q_{I,p}$<br>kWh/d | $q_{I,fac}$<br>kWh/d | $Q_{I,g}$<br>kWh/d | $Q_I$<br>kWh/d |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|
| <1> Sanitärräume              | 178                     | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |
| <2> sonstige Aufenthaltsräume | 10                      | 0,9                | 0,1                  | 0,0                | 1,0            |
| <3> Verkehrsflächen           | 63                      | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |
| <4> Lager, Technik            | 116                     | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |
| <5> Turnhalle                 | 390                     | 24,6               | -                    | 0,0                | 24,6           |
| <6> Schwimmhalle              | 257                     | 23,9               | 2,1                  | 0,0                | 25,9           |
| ⇒ WE-Betrieb ...              |                         |                    |                      |                    |                |
| <1> Sanitärräume              |                         | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |
| <2> sonstige Aufenthaltsräume |                         | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |
| <3> Verkehrsflächen           |                         | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |
| <4> Lager, Technik            |                         | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |
| <5> Turnhalle                 |                         | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |
| <6> Schwimmhalle              |                         | -                  | -                    | 0,0                | 0,0            |

### ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

| Zone                          | Leuchtenabluft<br>m <sup>3</sup> /hW | $Q_{I,L}$<br>kWh/d | $Q_{I,h}$<br>kWh/d | $Q_{I,w}$<br>kWh/d | $Q_{I,rv}$<br>kWh/d |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| <1> Sanitärräume              | 0,0                                  | 6,4                | 8,8                | 3,2                | 0,0                 |
| <2> sonstige Aufenthaltsräume | 0,0                                  | 0,4                | 0,5                | 0,0                | 0,0                 |
| <3> Verkehrsflächen           | 0,0                                  | 1,4                | 3,1                | 0,0                | 0,0                 |
| <4> Lager, Technik            | 0,0                                  | 0,4                | 5,7                | 0,0                | 0,0                 |
| <5> Turnhalle                 | 0,0                                  | 26,8               | 19,2               | 0,0                | 0,0                 |
| <6> Schwimmhalle              | 0,0                                  | 13,1               | 1,4                | 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) ( Ref-No 5.6.0 )

Betrachtungsmonat Januar

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

| Zone                         | $\Sigma H_T$<br>W/K | $\Sigma H_V$<br>W/K | $\Sigma H_{V, \text{mech}}$<br>W/K | $Q_{\text{sink}}$<br>kWh/d | $Q_{\text{source}}$<br>kWh/d | $\gamma$ |
|------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------|
| <1> Sanitärräume             | 483                 | 108                 | 493                                | 476                        | 24                           | 0,051    |
| <2> sonstige Aufenthaltsraum | 47                  | 15                  | 0                                  | 28                         | 2                            | 0,074    |
| <3> Verkehrsflächen          | 190                 | 40                  | 0                                  | 86                         | 5                            | 0,060    |
| <4> Lager, Technik           | 346                 | 75                  | 0                                  | 157                        | 7                            | 0,045    |
| <5> Turnhalle                | 1395                | 504                 | 0                                  | 806                        | 119                          | 0,147    |
| <6> Schwimmhalle             | 606                 | 172                 | 331                                | 498                        | 44                           | 0,088    |

| Zone                         | $C_{\text{wirk}}$<br>Wh/(m²K) | H<br>W/K | $\tau$<br>h | a<br>- | $\eta$<br>- | $\eta_{\text{WE}}$ |
|------------------------------|-------------------------------|----------|-------------|--------|-------------|--------------------|
| <1> Sanitärräume             | 50                            | 1084     | 8,23        | 1,51   | 0,990       | 0,998              |
| <2> sonstige Aufenthaltsraum | 50                            | 62       | 7,75        | 1,48   | 0,981       | 0,996              |
| <3> Verkehrsflächen          | 50                            | 230      | 13,62       | 1,85   | 0,995       | 0,997              |
| <4> Lager, Technik           | 50                            | 421      | 13,78       | 1,86   | 0,997       | 0,998              |
| <5> Turnhalle                | 50                            | 1898     | 10,28       | 1,64   | 0,963       | 0,981              |
| <6> Schwimmhalle             | 50                            | 1109     | 11,57       | 1,72   | 0,986       | 1,000              |

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

$\Sigma H_V$  = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

$Q_{\text{sink}}$  = 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) (Ref-No 5.7.0)

### Temperaturrandbedingungen

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

|                  |     | Jan  | Feb  | Mär  | Apr  | Mai  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Okt  | Nov  | Dez  |
|------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  | 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  | 19,8 | 19,9 | 20,1 | 20,3 | 20,6 | 20,8 | 20,9 | 20,9 | 20,6 | 20,3 | 20,0 | 19,8 |
| $T_{i,2}$        | °C  | 19,8 | 19,9 | 20,1 | 20,3 | 20,6 | 20,8 | 20,9 | 20,9 | 20,6 | 20,3 | 20,0 | 19,8 |
| $T_{i,3}$        | °C  | 16,1 | 16,1 | 16,3 | 16,6 | 16,8 | 17,0 | 17,1 | 17,1 | 16,8 | 16,6 | 16,3 | 16,1 |
| $T_{i,4}$        | °C  | 16,1 | 16,1 | 16,3 | 16,6 | 16,8 | 17,0 | 17,1 | 17,1 | 16,8 | 16,6 | 16,3 | 16,1 |
| $T_{i,5}$        | °C  | 18,3 | 18,4 | 18,5 | 18,6 | 18,8 | 18,9 | 19,0 | 19,0 | 18,8 | 18,7 | 18,5 | 18,3 |
| $T_{i,6}$        | °C  | 19,9 | 19,9 | 20,1 | 20,3 | 20,6 | 20,8 | 20,9 | 20,9 | 20,6 | 20,3 | 20,0 | 19,9 |
| ⇒ WE-Betrieb ... |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $T_{i,1}$        | °C  | 17,1 | 17,3 | 17,8 | 18,7 | 19,7 | 20,2 | 20,6 | 20,5 | 19,7 | 18,8 | 17,7 | 17,1 |
| $T_{i,2}$        | °C  | 17,1 | 17,2 | 17,8 | 18,7 | 19,6 | 20,2 | 20,6 | 20,5 | 19,7 | 18,7 | 17,7 | 17,0 |
| $T_{i,3}$        | °C  | 13,9 | 14,0 | 14,6 | 15,5 | 16,4 | 16,9 | 17,4 | 17,3 | 16,5 | 15,5 | 14,5 | 13,9 |
| $T_{i,4}$        | °C  | 13,9 | 14,0 | 14,6 | 15,5 | 16,4 | 16,9 | 17,4 | 17,3 | 16,5 | 15,5 | 14,5 | 13,9 |
| $T_{i,5}$        | °C  | 15,5 | 15,6 | 16,2 | 17,1 | 18,0 | 18,5 | 19,0 | 18,9 | 18,1 | 17,1 | 16,1 | 15,4 |
| $T_{i,6}$        | °C  | 17,1 | 17,3 | 17,8 | 18,7 | 19,7 | 20,2 | 20,6 | 20,5 | 19,7 | 18,8 | 17,7 | 17,1 |

### 7.1 Zone <1> Sanitärräume (Ref-No 5.7.1)

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  $\vartheta_{h,Jan} = 19,8$  °C und  $Q_i = 0,0$  kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,1$  °C und  $Q_i = 0,0$  kWh/d

| Monat                     |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $\eta_{\text{source}}$    |     | 0,935 | 0,977 | 0,989 | 0,990 | 0,990 | 0,989 | 0,982 | 0,925  |
| $\eta_{\text{source,WE}}$ |     | 0,964 | 0,992 | 0,998 | 0,999 | 0,998 | 0,998 | 0,994 | 0,924  |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$       | kWh | 100   | 158   | 153   | 158   | 158   | 143   | 158   | 1.420  |
| $t_h$                     | h   | 720   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 8.414  |
| $Q_{h,b,RE}$              | kWh | 2.290 | 5.045 | 7.755 | 9.736 | 9.594 | 8.242 | 7.419 | 57.635 |
| $Q_{h,b,WE}$              | kWh | 484   | 1.019 | 1.605 | 2.019 | 1.993 | 1.702 | 1.524 | 12.030 |
| $Q_T$                     | kWh | 2.093 | 3.711 | 5.278 | 6.487 | 6.455 | 5.568 | 5.261 | 43.528 |
| $Q_V$                     | kWh | 1.309 | 2.931 | 4.587 | 5.823 | 5.722 | 4.917 | 4.394 | 33.698 |
| $Q_S^*$                   | kWh | 409   | 281   | 109   | 67    | 117   | 138   | 338   | 4.323  |
| $Q_I^*$                   | kWh | 219   | 297   | 396   | 488   | 473   | 402   | 372   | 3.580  |

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

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

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

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

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

7.2 Zone <2> sonstige Aufenthaltsräume Zone 17  
( Ref-No 5.7.2 )

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,8 \text{ °C}$  und  $Q_i = 1,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$  und  $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

| Monat               |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr  |
|---------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\eta_{source}$     |     | 0,908 | 0,960 | 0,977 | 0,981 | 0,981 | 0,979 | 0,970 | 0,882 |
| $\eta_{source,WE}$  |     | 0,964 | 0,990 | 0,996 | 0,997 | 0,996 | 0,995 | 0,990 | 0,925 |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$ | kWh | 5     | 9     | 8     | 9     | 9     | 8     | 9     | 77    |
| $t_h$               | h   | 720   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 8.414 |
| $Q_{h,b,RE}$        | kWh | 156   | 309   | 454   | 563   | 560   | 480   | 445   | 3.546 |
| $Q_{h,b,WE}$        | kWh | 54    | 106   | 158   | 196   | 195   | 167   | 153   | 1.222 |
| $Q_T$               | kWh | 203   | 361   | 513   | 631   | 628   | 541   | 512   | 4.233 |
| $Q_V$               | kWh | 57    | 101   | 144   | 177   | 176   | 152   | 143   | 1.187 |
| $Q_S^*$             | kWh | 23    | 14    | 6     | 3     | 5     | 8     | 20    | 271   |
| $Q_I^*$             | kWh | 28    | 34    | 39    | 45    | 44    | 38    | 38    | 379   |

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

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$  und  $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

| Monat               |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $\eta_{source}$     |     | 0,939 | 0,989 | 0,994 | 0,995 | 0,995 | 0,994 | 0,992 | 0,762  |
| $\eta_{source,WE}$  |     | 0,962 | 0,995 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,995 | 0,768  |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$ | kWh | 14    | 41    | 54    | 56    | 56    | 50    | 56    | 395    |
| $t_h$               | h   | 720   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 6.568  |
| $Q_{h,b,RE}$        | kWh | 231   | 792   | 1.347 | 1.733 | 1.720 | 1.465 | 1.313 | 9.617  |
| $Q_{h,b,WE}$        | kWh | 79    | 265   | 466   | 616   | 610   | 516   | 449   | 3.331  |
| $Q_T$               | kWh | 333   | 956   | 1.591 | 2.052 | 2.039 | 1.738 | 1.567 | 11.644 |
| $Q_V$               | kWh | 70    | 201   | 335   | 432   | 429   | 366   | 330   | 2.452  |
| $Q_S^*$             | kWh | 51    | 33    | 13    | 7     | 13    | 17    | 42    | 381    |
| $Q_I^*$             | kWh | 43    | 66    | 99    | 128   | 125   | 106   | 94    | 777    |

7.4 Zone <4> Lager, Technik  
( Ref-No 5.7.4 )

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 13,9 \text{ °C}$  und  $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

| Monat                     |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $\eta_{\text{source}}$    |     | 0,978 | 0,996 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,996 | 0,780  |
| $\eta_{\text{source,WE}}$ |     | 0,979 | 0,997 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,997 | 0,997 | 0,780  |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$       | kWh | 26    | 75    | 99    | 103   | 103   | 93    | 103   | 710    |
| $t_h$                     | h   | 720   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 6.569  |
| $Q_{h,b,RE}$              | kWh | 478   | 1.505 | 2.506 | 3.209 | 3.189 | 2.718 | 2.455 | 18.042 |
| $Q_{h,b,WE}$              | kWh | 153   | 489   | 850   | 1.121 | 1.112 | 941   | 823   | 6.115  |
| $Q_T$                     | kWh | 605   | 1.735 | 2.888 | 3.725 | 3.702 | 3.156 | 2.846 | 21.140 |
| $Q_V$                     | kWh | 130   | 375   | 623   | 804   | 799   | 681   | 614   | 4.563  |
| $Q_S^*$                   | kWh | 62    | 37    | 16    | 9     | 14    | 21    | 51    | 498    |
| $Q_I^*$                   | kWh | 42    | 80    | 140   | 190   | 186   | 156   | 131   | 1.047  |

#### 7.5 Zone <5> Turnhalle ( Ref-No 5.7.5 )

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 18,3^\circ\text{C}$  und  $Q_i = 24,6 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 15,5^\circ\text{C}$  und  $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

| Monat                     |     | Sep   | Okt   | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr    |
|---------------------------|-----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| $\eta_{\text{source}}$    |     | 0,696 | 0,882 | 0,962  | 0,973  | 0,963  | 0,964  | 0,926  | 0,694   |
| $\eta_{\text{source,WE}}$ |     | 0,724 | 0,910 | 0,985  | 0,992  | 0,981  | 0,982  | 0,944  | 0,705   |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$       | kWh | 154   | 323   | 334    | 346    | 346    | 312    | 346    | 2.843   |
| $t_h$                     | h   | 720   | 744   | 720    | 744    | 744    | 672    | 744    | 6.887   |
| $Q_{h,b,RE}$              | kWh | 2.009 | 6.440 | 11.800 | 15.212 | 14.700 | 12.647 | 10.649 | 81.263  |
| $Q_{h,b,WE}$              | kWh | 559   | 1.994 | 4.030  | 5.277  | 5.020  | 4.309  | 3.458  | 26.681  |
| $Q_T$                     | kWh | 4.309 | 9.001 | 13.662 | 17.148 | 17.054 | 14.634 | 13.549 | 105.472 |
| $Q_V$                     | kWh | 1.436 | 3.000 | 4.553  | 5.715  | 5.684  | 4.877  | 4.516  | 35.152  |
| $Q_S^*$                   | kWh | 2.396 | 2.414 | 931    | 670    | 1.391  | 1.150  | 2.615  | 21.098  |
| $Q_I^*$                   | kWh | 781   | 1.152 | 1.454  | 1.706  | 1.627  | 1.405  | 1.342  | 11.698  |

#### 7.6 Zone <6> Schwimmhalle ( Ref-No 5.7.6 )

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$  und  $Q_i = 25,9 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,1^\circ\text{C}$  und  $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

| Monat                     |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $\eta_{\text{source}}$    |     | 0,886 | 0,960 | 0,981 | 0,986 | 0,986 | 0,984 | 0,975 | 0,862  |
| $\eta_{\text{source,WE}}$ |     | 0,981 | 0,998 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,998 | 0,939  |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$       | kWh | 143   | 227   | 220   | 227   | 227   | 205   | 227   | 2.040  |
| $t_h$                     | h   | 720   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 7.593  |
| $Q_{h,b,RE}$              | kWh | 2.151 | 4.963 | 7.725 | 9.760 | 9.654 | 8.262 | 7.432 | 57.253 |
| $Q_{h,b,WE}$              | kWh | 666   | 1.377 | 2.140 | 2.697 | 2.671 | 2.275 | 2.051 | 16.139 |
| $Q_T$                     | kWh | 2.632 | 4.668 | 6.638 | 8.158 | 8.118 | 7.002 | 6.616 | 54.742 |
| $Q_V$                     | kWh | 1.309 | 2.730 | 4.164 | 5.243 | 5.168 | 4.445 | 4.031 | 31.568 |
| $Q_S^*$                   | kWh | 422   | 254   | 116   | 65    | 102   | 150   | 348   | 4.596  |
| $Q_I^*$                   | kWh | 702   | 804   | 821   | 879   | 859   | 760   | 816   | 8.485  |

7.7 Summe Heizwärmebedarf  
( Ref-No 5.7.7 )

|                     | $Q_T$<br>kWh/a | $Q_V$<br>kWh/a | $Q_S^*$<br>kWh/a | $Q_I^*$<br>kWh/a | $Q_{h,b}$<br>kWh/a | $Q_{h,b}$<br>kWh/(m <sup>2</sup> a) |
|---------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------------------------|
| <1> Sanitärräume    | 43.528         | 33.698         | 4.323            | 3.580            | 69.665             | 390,5                               |
| <2> sonstige Aufent | 4.233          | 1.187          | 271              | 379              | 4.769              | 496,7                               |
| <3> Verkehrsflächen | 11.644         | 2.452          | 381              | 777              | 12.948             | 206,2                               |
| <4> Lager, Technik  | 21.140         | 4.563          | 498              | 1.047            | 24.157             | 208,4                               |
| <5> Turnhalle       | 105.472        | 35.152         | 21.098           | 11.698           | 107.945            | 276,7                               |
| <6> Schwimmhalle    | 54.742         | 31.568         | 4.596            | 8.485            | 73.393             | 286,0                               |
|                     | 240.758        | 108.620        | 31.167           | 25.965           | 292.875            | 289,0                               |

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

( Ref-No 5.9.0 )

### 9.1 Gewählte RLT-Anlagen

( Ref-No 5.9.1 )

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

| Zone             | Feuchteanf. | No Anlage      | Komponenten | $\theta_{\text{SUP, Jan}}$<br>°C |
|------------------|-------------|----------------|-------------|----------------------------------|
| <1> Sanitärräume | -           | 201 RLT-Anlage | VE          | 2,9                              |
| <6> Schwimmhalle | mT          | 201 RLT-Anlage | VE          | 2,9                              |

Zone <1> RLT-Anlage (201) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 2676 / 2676 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert

Zone <6> RLT-Anlage (201) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 1796 / 1796 \text{ m}^3/\text{h}$ , Konstantvolumenstrom, balanciert

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

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

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

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

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

### 9.2 Strombedarf der Ventilatoren

( Ref-No 5.9.2 )

|                  | $V_{\text{mech, m}}$<br>$\text{m}^3/\text{h}$ | $t_V \cdot d_V$<br>h/m | $P_{V, \text{SUP}}$<br>kW | $P_{V, \text{ETA}}$<br>kW | $W_V, \text{Jan}$<br>kWh |
|------------------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <1> Sanitärräume | 2676                                          | 276                    | 0,74                      | 0,74                      | 410                      |
| <6> Schwimmhalle | 1796                                          | 276                    | 0,50                      | 0,50                      | 275                      |

monatliche Werte  $W_V$  [kWh]

|                 | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| <1> Sanitärräum | 397 | 410 | 397 | 410 | 410 | 370 | 410 | 4.829 |
| <6> Schwimmhall | 267 | 275 | 267 | 275 | 275 | 249 | 275 | 3.243 |
|                 | 663 | 686 | 663 | 686 | 686 | 619 | 686 | 8.072 |

 $V_{\text{mech, m}}$  = 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)

( Ref-No 5.9.3 )

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

### 9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

( Ref-No 5.9.4 )

nicht vorgesehen

*9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung*  
( Ref-No 5.9.5 )

nicht vorgesehen

*9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung*  
( Ref-No 5.9.6 )

nicht vorgesehen

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

### 10.1 Tageslichtbereiche (Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (10), mit Dachoberlichtern (6)

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  | $E_m$<br>lx | $A_{TL}$<br>m <sup>2</sup> | $A_{RB}$<br>m <sup>2</sup> | Tageslicht | $C_{TL}$<br>% |
|-------------------|-------|-------------|----------------------------|----------------------------|------------|---------------|
| 1 A 0102 FAW N-W  | N-W 5 | 300         | 183,5                      | 64,4                       | gut        | 91            |
| 2 A 0105 FAW S-O  | S-O 5 | 300         | 183,5                      | 137,2                      | gut        | 93            |
| 3 A 0206 FAW S-W  | S-W 1 | 200         | 16,0                       | 3,9                        | mittel     | 83            |
| 4 A 0304 FAW S-W  | S-W 1 | 200         | 10,0                       | 1,3                        | gering     | 66            |
| 5 A 0403 FAW N-W  | N-W 4 | 100         | 4,0                        | 2,2                        | gut        | 96            |
| 8 A 1002 FAW N-O  | N-O 4 | 100         | 10,0                       | 1,3                        | gering     | 58            |
| 10 A 1302 FAW N-O | N-O 4 | 100         | 11,5                       | 2,0                        | gering     | 68            |
| 11 A 1303 FAW N-O | N-O 4 | 100         | 11,5                       | 1,3                        | gering     | 53            |
| 15 A 1702 FAW N-O | N-O 2 | 300         | 9,0                        | 2,6                        | mittel     | 86            |
| 16 A 1802 FAW N-W | N-W 6 | 300         | 160,0                      | 49,2                       | mittel     | 87            |

#### Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

| Tageslichtbereich | Zone | $E_m$<br>lx | $A_{TL}$<br>m <sup>2</sup> | $A_{RB}$<br>m <sup>2</sup> | Tageslicht | $C_{TL}$<br>% |
|-------------------|------|-------------|----------------------------|----------------------------|------------|---------------|
| 6 A 0607 FD       | 1    | 200         | 25,0                       | 2,8                        | gering     | 83            |
| 7 A 0705 FD       | 1    | 200         | 17,0                       | 1,4                        | keine      | 83            |
| 9 A 1116 FD       | 3    | 100         | 21,0                       | 1,4                        | keine      | 83            |
| 12 A 1406 FD      | 1    | 200         | 19,0                       | 1,4                        | keine      | 83            |
| 13 A 1509 FD      | 1    | 200         | 17,0                       | 1,8                        | gering     | 83            |
| 14 A 1607 FD      | 1    | 200         | 19,0                       | 1,4                        | keine      | 83            |

#### tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

| Zone                     | $A_{NGF}$ [m <sup>2</sup> ] | $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ] | $A_{KTL}$ [m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <1> Sanitärräume         | 178                         | 123                        | 55                          |
| <2> sonstige Aufenthalts | 10                          | 9                          | 1                           |
| <3> Verkehrsflächen      | 63                          | 21                         | 42                          |
| <4> Lager, Technik       | 116                         | 37                         | 79                          |
| <5> Turnhalle            | 390                         | 367                        | 23                          |
| <6> Schwimmhalle         | 257                         | 160                        | 97                          |

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

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

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

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

### 10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Ref-No 5.10.2)

| Bereich |   |      |         | CTL | CTL, kon | FTL |     |     |     |     |     |
|---------|---|------|---------|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         |   |      |         |     |          | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun |
|         |   |      |         |     |          | %   | %   | %   | %   | %   | %   |
| 1       | A | 0102 | FAW N-W | 5   | 91       | 55  | 57  | 51  | 47  | 44  | 41  |
| 2       | A | 0105 | FAW S-O | 5   | 93       | 60  | 53  | 46  | 41  | 38  | 35  |
| 3       | A | 0206 | FAW S-W | 1   | 83       | 55  | 61  | 56  | 52  | 49  | 47  |
| 4       | A | 0304 | FAW S-W | 1   | 66       | 50  | 72  | 68  | 65  | 63  | 61  |
| 5       | A | 0403 | FAW N-W | 4   | 96       | 60  | 51  | 44  | 39  | 36  | 33  |
| 6       | A | 0607 | FD      | 1   | 83       | 50  | 69  | 62  | 56  | 52  | 49  |
| 7       | A | 0705 | FD      | 1   | 83       | 50  | 69  | 62  | 56  | 52  | 49  |
| 8       | A | 1002 | FAW N-O | 4   | 58       | 50  | 75  | 72  | 69  | 67  | 66  |
| 9       | A | 1116 | FD      | 3   | 83       | 50  | 69  | 62  | 56  | 52  | 49  |
| 10      | A | 1302 | FAW N-O | 4   | 68       | 50  | 71  | 67  | 64  | 62  | 60  |
| 11      | A | 1303 | FAW N-O | 4   | 53       | 50  | 77  | 74  | 72  | 70  | 69  |
| 12      | A | 1406 | FD      | 1   | 83       | 50  | 69  | 62  | 56  | 52  | 49  |
| 13      | A | 1509 | FD      | 1   | 83       | 50  | 69  | 62  | 56  | 52  | 49  |
| 14      | A | 1607 | FD      | 1   | 83       | 50  | 69  | 62  | 56  | 52  | 49  |
| 15      | A | 1702 | FAW N-O | 2   | 86       | 55  | 60  | 54  | 50  | 47  | 45  |
| 16      | A | 1802 | FAW N-W | 6   | 87       | 55  | 59  | 53  | 49  | 46  | 44  |

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL, kon = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

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

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

### 10.3 Kunstlichtversorgung (Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (22)  
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

| Bereich |   |        |         | Zone | $E_m$<br>lx | Lampen | $P_j$<br>W/m <sup>2</sup> | $f_{\text{Prä}}$ | $t_{T, TL}$<br>h/m | $t_{T, KTL}$<br>h/a | $t_N$<br>h/a | $Q_{l, b}$<br>kWh/m |
|---------|---|--------|---------|------|-------------|--------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------|--------------|---------------------|
| 1       | A | 0102   | FAW N-W | 5    | 300         | 1-1-1  | 7,5                       | 0,85             | 104                | 2133                | 1055         | 266                 |
| 2       | A | 0105   | FAW S-O | 5    | 300         | 1-1-1  | 7,5                       | 0,85             | 96                 | 2133                | 1055         | 255                 |
| 3       | A | 0206   | FAW S-W | 1    | 200         | 1-1-1  | 7,4                       | 0,55             | 73                 | 1399                | 114          | 10                  |
| 4       | A | 0304   | FAW S-W | 1    | 200         | 1-1-1  | 7,4                       | 0,55             | 85                 | 1399                | 114          | 7                   |
| 5       | A | 0403   | FAW N-W | 4    | 100         | 1-1-1  | 5,4                       | 0,07             | 8                  | 175                 | 14           | 0                   |
| 6       | A | 0607   | FD      | 1    | 200         | 1-1-1  | 7,4                       | 0,55             | 82                 | 1399                | 114          | 17                  |
| 7       | A | 0705   | FD      | 1    | 200         | 1-1-1  | 7,4                       | 0,55             | 82                 | 1399                | 114          | 12                  |
| 8       | A | 1002   | FAW N-O | 4    | 100         | 1-1-1  | 5,4                       | 0,07             | 11                 | 175                 | 14           | 1                   |
| 9       | A | 1116   | FD      | 3    | 100         | 1-1-1  | 3,7                       | 0,60             | 90                 | 1526                | 124          | 8                   |
| 10      | A | 1302   | FAW N-O | 4    | 100         | 1-1-1  | 5,4                       | 0,07             | 11                 | 175                 | 14           | 1                   |
| 11      | A | 1303   | FAW N-O | 4    | 100         | 1-1-1  | 5,4                       | 0,07             | 12                 | 175                 | 14           | 1                   |
| 12      | A | 1406   | FD      | 1    | 200         | 1-1-1  | 7,4                       | 0,55             | 82                 | 1399                | 114          | 13                  |
| 13      | A | 1509   | FD      | 1    | 200         | 1-1-1  | 7,4                       | 0,55             | 82                 | 1399                | 114          | 12                  |
| 14      | A | 1607   | FD      | 1    | 200         | 1-1-1  | 7,4                       | 0,55             | 82                 | 1399                | 114          | 13                  |
| 15      | A | 1702   | FAW N-O | 2    | 300         | 1-1-1  | 8,1                       | 0,75             | 97                 | 1907                | 155          | 8                   |
| 16      | A | 1802   | FAW N-W | 6    | 300         | 1-1-1  | 8,1                       | 0,75             | 96                 | 1907                | 155          | 141                 |
| 17      | A | in <1> | ohne TL | 1    | 200         | 1-1-1  | 7,4                       | 0,55             | 0                  | 1399                | 114          | 53                  |
| 18      | A | in <2> | ohne TL | 2    | 300         | 1-1-1  | 8,1                       | 0,75             | 0                  | 1907                | 155          | 1                   |
| 19      | A | in <3> | ohne TL | 3    | 100         | 1-1-1  | 3,7                       | 0,60             | 0                  | 1526                | 124          | 22                  |
| 20      | A | in <4> | ohne TL | 4    | 100         | 1-1-1  | 5,4                       | 0,07             | 0                  | 175                 | 14           | 7                   |
| 21      | A | in <5> | ohne TL | 5    | 300         | 1-1-1  | 7,5                       | 0,85             | 0                  | 2133                | 1055         | 47                  |
| 22      | A | in <6> | ohne TL | 6    | 300         | 1-1-1  | 8,1                       | 0,75             | 0                  | 1907                | 155          | 137                 |

1032

1-1-1 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt,  $A_{KL} = 1.013 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

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

| Zone           | Sep<br>kWh | Okt<br>kWh | Nov<br>kWh | Dez<br>kWh | Jan<br>kWh | Feb<br>kWh | Mär<br>kWh | Jahr<br>kWh |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <1> Sanitärräu | 119        | 128        | 131        | 144        | 136        | 116        | 122        | 1.471       |
| <2> sonstige A | 8          | 8          | 9          | 10         | 9          | 7          | 8          | 95          |
| <3> Verkehrsfl | 27         | 29         | 29         | 30         | 30         | 26         | 28         | 335         |
| <4> Lager, Tec | 9          | 9          | 9          | 9          | 9          | 8          | 9          | 107         |
| <5> Turnhalle  | 501        | 544        | 560        | 618        | 568        | 485        | 513        | 6.213       |
| <6> Schwimmhal | 251        | 269        | 273        | 297        | 278        | 240        | 257        | 3.090       |
|                | 914        | 987        | 1.010      | 1.109      | 1.029      | 882        | 937        | 11.310      |

$p_j$  = 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 =  $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$  (Gl.2)

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

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

### 11.1 Kühlenergiebedarf ( Ref-No 5.11.1 )

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)  
Betrachtungsmontat Juli

| Zone                         | Q <sub>sink</sub> | Q <sub>source</sub> | γ     | c <sub>wirk</sub> | τ     | η     |
|------------------------------|-------------------|---------------------|-------|-------------------|-------|-------|
| <1> Sanitärräume             | 43                | 30                  | 0,717 | 50,000            | 8,23  | 0,698 |
| <2> sonstige Aufenthaltsräum | 4                 | 3                   | 0,695 | 50,000            | 7,75  | 0,701 |
| <3> Verkehrsflächen          | 17                | 4                   | 0,257 | 50,000            | 13,62 | 0,939 |
| <4> Lager, Technik           | 30                | 5                   | 0,159 | 50,000            | 13,78 | 0,972 |
| <5> Turnhalle                | 137               | 196                 | 1,434 | 50,000            | 10,28 | 0,507 |
| <6> Schwimmhalle             | 56                | 66                  | 1,182 | 50,000            | 11,57 | 0,579 |

#### Kühlenergiebedarf

| Zone                           | Dez<br>kWh | Jan<br>kWh | Feb<br>kWh | Mär<br>kWh | Apr<br>kWh | Mai<br>kWh | Jun<br>kWh | Jahr<br>kWh |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| ⇒ Q <sub>C,b</sub> (Raumklima) |            |            |            |            |            |            |            |             |
| <1> Sanitärräu                 | 1          | 1          | 1          | 4          | 18         | 54         | 126        | 799         |
| <2> sonstige A                 | 0          | 0          | 0          | 1          | 3          | 6          | 11         | 59          |
| <3> Verkehrsfl                 | -          | -          | -          | 0          | 0          | 1          | 3          | 14          |
| <4> Lager, Tec                 | -          | -          | -          | -          | 0          | 1          | 1          | 6           |
| <5> Turnhalle                  | 23         | 44         | 37         | 142        | 552        | 964        | 1.486      | 7.865       |
| <6> Schwimmhal                 | 10         | 11         | 11         | 22         | 65         | 184        | 374        | 2.077       |

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme 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> ( Ref-No 5.11.2 )

Q<sub>C,max</sub> nach DIN V 18599-2, Anhang C

| Zone                        | t <sub>C,op,d</sub><br>h/d | Q <sub>C,max,Juli</sub><br>kW | Q <sub>C,max,Sept</sub><br>kW | techn.<br>gekühlt |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| <1> Sanitärräume            | 13                         | 6,2                           | -1,6                          | nein              |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | 13                         | 0,4                           | 0,0                           | nein              |
| <3> Verkehrsflächen         | 13                         | 0,8                           | -0,4                          | nein              |
| <4> Lager, Technik          | 13                         | 1,3                           | -1,1                          | nein              |
| <5> Turnhalle               | 17                         | 38,0                          | 28,8                          | nein              |
| <6> Schwimmhalle            | 13                         | 11,1                          | 1,8                           | nein              |
|                             |                            | 57,8                          | 27,5                          |                   |

Q<sub>C,max</sub> = 0.8 \* (Q<sub>source</sub> - Q<sub>sink</sub>) \* (1 + 0.3 \* EXP(-τ/120)) - c<sub>wirk</sub>/60 \* (Δθ - 2) + c<sub>wirk</sub>/40 \* (12 / t<sub>C</sub> - 1) (T2, C.1)  
mit t<sub>C,op,d</sub> = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und Δθ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

## 12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) ( Ref-No 5.12.0 )

### 12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser ( Ref-No 5.12.1 )

| Zone                 | Nutzung         | $q_{w,b}$<br>kWh/d je | Menge | $Q_{w,b, Jan}$<br>kWh/M |
|----------------------|-----------------|-----------------------|-------|-------------------------|
| <1> Sanitärräume     | Sportanlage mit | 1,800 Person          | 80    | 3.058 a                 |
| <2> sonstige Aufenth | nicht relevant  |                       |       | -                       |
| <3> Verkehrsflächen  | nicht relevant  |                       |       | -                       |
| <4> Lager, Technik   | nicht relevant  |                       |       | -                       |
| <5> Turnhalle        | nicht relevant  |                       |       | -                       |
| <6> Schwimmhalle     | nicht relevant  |                       |       | -                       |

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

### 12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme ( Ref-No 5.12.2 )

| Versorgungsbereich       | Zonen (n) | $f_{zapf}$ | $Q_{w,b}$<br>kWh/Jahr |
|--------------------------|-----------|------------|-----------------------|
| 1 zentrale WW-Versorgung | 1/        | 1,00       | 36.000                |
| 2                        |           |            |                       |

### 12.3 Verteilungsnetze ( Ref-No 5.12.3 )

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

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

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

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

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom  $V = 0,11$  m<sup>3</sup>/h,  $\Delta p = 16,1$  kPa,  $P_{hydr} = 0,486$  kPa\*m<sup>3</sup>/h,  $e_{w,d,aux} = 24,3$

Elektrische Leistungsaufnahme  $P_p$  = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

|                                       | Verteilung (V) | Stränge (S)  | Stichltg. (St) |
|---------------------------------------|----------------|--------------|----------------|
| (1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1 |                |              |                |
| Leitungslängen $l_i$                  | 38 m           | 3 m          | 49 m           |
| Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$      | 0,200 W/(mK)   | 0,255 W/(mK) | 0,255 W/(mK)   |
| Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$  | 34,5 °C        | 32,9 °C      | 32,9 °C        |
| Umgebungstemperatur $\theta_{I, Jan}$ | 13,0 °C        | 19,8 °C      | 19,8 °C        |

| Monat                                              |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|----------------------------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| <b>(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1</b>       |     |       |       |       |       |       |       |       |        |
| $Q_{w,b}$                                          | kWh | 2.959 | 3.058 | 2.959 | 3.058 | 3.058 | 2.762 | 3.058 | 36.000 |
| $Q_{w,d,V}$                                        | kWh | 199   | 205   | 199   | 205   | 205   | 185   | 205   | 2.417  |
| $Q_{w,d,S}$                                        | kWh | 17    | 18    | 17    | 18    | 18    | 16    | 18    | 207    |
| $Q_{w,d,St}$                                       | kWh | 75    | 79    | 79    | 82    | 82    | 74    | 81    | 932    |
| $Q_{w,d}$                                          | kWh | 290   | 302   | 294   | 305   | 305   | 276   | 304   | 3.556  |
| $W_{w,d}$                                          | kWh | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 3     | 32     |
| $Q_{I,w,d}$                                        | kWh | 92    | 97    | 96    | 100   | 100   | 90    | 99    | 1.138  |
| 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

( Ref-No 5.12.4 )

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

indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen  $V = 500$  Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust  $Q_{s,P0,day} = 1,9$  kWh/d (T8 Gl. 26-30)

Umgebungstemperatur am Aufstellort  $\theta_l$  13,0 °C (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode 22,0 °C

Speicher-Wärmeverlust  $Q_{w,s} = f_{con} * (55 - T_u) / 45 * d_{op,mth} * Q_{s,P0,day}$  mit  $f_{con} = 1,2$  (Gl.25)

Speicherladepumpe mit  $P_p = 52$  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   |
|----------------------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| <b>(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1</b> |     |       |       |       |       |       |       |       |        |
| $Q_{w,outg}$                                 | kWh | 3.249 | 3.360 | 3.253 | 3.363 | 3.363 | 3.037 | 3.361 | 39.556 |
| $Q_{w,s}$                                    | kWh | 44    | 45    | 44    | 45    | 45    | 41    | 45    | 492    |
| $W_{w,s}$                                    | kWh | 8     | 8     | 8     | 8     | 8     | 7     | 8     | 96     |

#### 12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

( Ref-No 5.12.5 )

nicht vorgesehen

#### 12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

( Ref-No 5.12.6 )

| Monat                                        |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|----------------------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| <b>(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1</b> |     |       |       |       |       |       |       |       |        |
| $Q_{w,outg}$                                 | kWh | 3.293 | 3.405 | 3.297 | 3.408 | 3.408 | 3.078 | 3.407 | 40.048 |

#### 12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

( Ref-No 5.12.7 )

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung  
( Ref-No 5.12.8 )

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

Wärmeerzeuger 283 Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283) 117,8 kW (Erdgas)

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung  $\eta_{k,Pn} = 95,1 \%$ , Bereitschaftswärmeverlust  $q_{P0,70} = 0,0059 \text{ kW}$

elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb  $P_{aux,Pn} = 4439 \text{ W}$

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 | 3.293 | 3.405 | 3.297 | 3.408 | 3.408 | 3.078 | 3.407 | 40.048 |
| $t_{w,Pn,d}$                          | h/d | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   |        |
| $Q_{w,g}$                             | kWh | 135   | 140   | 135   | 140   | 140   | 126   | 140   | 1.647  |
| $Q_{w,f}$                             | kWh | 3.428 | 3.545 | 3.432 | 3.548 | 3.548 | 3.204 | 3.546 | 41.695 |
| $W_{w,gen}$                           | kWh | 124   | 128   | 124   | 128   | 128   | 116   | 128   | 1.510  |

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  
( Ref-No 5.12.9 )

| Monat         |       | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{w,outg}$  | kWh   | 3.293 | 3.405 | 3.297 | 3.408 | 3.408 | 3.078 | 3.407 | 40.048 |
| $Q_{w,f}$     | kWh   | 3.428 | 3.545 | 3.432 | 3.548 | 3.548 | 3.204 | 3.546 | 41.695 |
| $W_{w,f}$     | kWh   | 135   | 139   | 135   | 139   | 139   | 126   | 139   | 1.638  |
| Erdgas        | kWh   | 3.428 | 3.545 | 3.432 | 3.548 | 3.548 | 3.204 | 3.546 | 41.695 |
| $Q_{I,w,<1>}$ | kWh/d | 3,1   | 3,1   | 3,2   | 3,2   | 3,2   | 3,2   | 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) ( Ref-No 5.13.0 )

#### 13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$ ( Ref-No 5.13.1 )

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

| Zone                        | $Q_{T,max}$<br>kW | $Q_{V,max}$<br>kW | $V_{mech}$<br>$\text{m}^3/\text{h}$ | $Q_{V,mech}$<br>kW | $\Phi_{h,max}$<br>kW |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|----------------------|
| <1> Sanitärräume            | 15,4              | 1,7               | 2676                                | 29,1               | 46,3                 |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | 1,5               | 0,2               | 0                                   | 0,0                | 1,7                  |
| <3> Verkehrsflächen         | 6,1               | 0,6               | 0                                   | 0,0                | 6,7                  |
| <4> Lager, Technik          | 11,1              | 1,2               | 0                                   | 0,0                | 12,3                 |
| <5> Turnhalle               | 44,6              | 8,1               | 0                                   | 0,0                | 52,7                 |
| <6> Schwimmhalle            | 19,4              | 2,7               | 1798                                | 19,6               | 41,7                 |

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

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

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

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

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

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

#### 13.2 Eingesetzte Heizsysteme ( Ref-No 5.13.2 )

| Anlage                               | Versorgungsbereich | Zone(n) | $Q_{h,b}$<br>kWh/Jahr | $\Phi_{h,max}$<br>kW | $Q_{N,h}$<br>kW |
|--------------------------------------|--------------------|---------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| 1 freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr | *                  |         | 219.482               | 119,7                | 131,7           |
| 2 Warmluftheizung Umluftheizung      |                    | 6/      | 73.393                | 41,7                 | 45,9            |
| 3                                    |                    |         |                       |                      |                 |

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

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb  
nein, Einzelraumregelsystem ohne  
<2> Raumtemperaturregelung hohe Qualität

#### Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

| Monat         |     | Sep   | Okt    | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr    |
|---------------|-----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| $Q_{h,b,<1>}$ | kWh | 6.492 | 17.963 | 30.972 | 39.681 | 38.694 | 33.187 | 28.688 | 219.482 |
| $Q_{h,b,<2>}$ | kWh | 2.817 | 6.340  | 9.865  | 12.457 | 12.324 | 10.537 | 9.482  | 73.393  |

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

### 13.3 Heizzeiten ( Ref-No 5.13.3 )

#### (1) Bereich "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Leitzone <1> Sanitärräume

| Monat            |     | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| $t_h <1>$        | h/m | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 672 | 744 | 8.414 |
| $t_{h,rL,d} <1>$ | h/d | 13  | 13  | 16  | 18  | 17  | 17  | 16  |       |
| $d_{h,rB} <1>$   | d/m | 21  | 23  | 24  | 26  | 26  | 23  | 25  | 267   |
| $t_{h,rL} <1>$   | h/m | 270 | 308 | 389 | 462 | 460 | 400 | 391 | 3.953 |

#### (2) Bereich "Warmluftheizung Umluftheizung", Leitzone <6> Schwimmhalle

| Monat            |     | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| $t_h <6>$        | h/m | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 672 | 744 | 7.593 |
| $t_{h,rL,d} <6>$ | h/d | 13  | 13  | 16  | 18  | 17  | 17  | 16  |       |
| $d_{h,rB} <6>$   | d/m | 21  | 23  | 24  | 26  | 26  | 23  | 25  | 243   |
| $t_{h,rL} <6>$   | h/m | 270 | 308 | 389 | 462 | 460 | 400 | 391 | 3.648 |

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

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

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

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

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

### 13.4 Heizwärmeübergabe ( Ref-No 5.13.4 )

#### (1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , 2-Rohr 70/55 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta \vartheta_{ce} = (0,7+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,90^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (13,3%)

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

#### (2) Warmluftheizung Umluftheizung

Raumtemperaturregelung hohe Qualität

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta \vartheta_{ce} = 1,3 = 1,30^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (9,6%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

| Monat                                  |     | Sep    | Okt    | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr    |
|----------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| <hr/>                                  |     |        |        |        |        |        |        |        |         |
| (1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr |     |        |        |        |        |        |        |        |         |
| $Q_{h,b}$                              | kWh | 6.492  | 17.963 | 30.972 | 39.681 | 38.694 | 33.187 | 28.688 | 219.482 |
| $Q_{h,ce}$                             | kWh | 1.954  | 3.149  | 3.695  | 3.980  | 3.901  | 3.503  | 3.549  | 29.161  |
| <hr/>                                  |     |        |        |        |        |        |        |        |         |
| (2) Warmluftheizung Umluftheizung      |     |        |        |        |        |        |        |        |         |
| $Q_{h,b}$                              | kWh | 2.817  | 6.340  | 9.865  | 12.457 | 12.324 | 10.537 | 9.482  | 73.393  |
| $Q_{h,ce}$                             | kWh | 579    | 760    | 805    | 854    | 849    | 760    | 802    | 7.033   |
| <hr/>                                  |     |        |        |        |        |        |        |        |         |
| $\Sigma Q_{h,b+ce}$                    | kWh | 11.841 | 28.212 | 45.337 | 56.973 | 55.768 | 47.987 | 42.520 | 329.069 |

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

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

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

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

### 13.5 Heizwärmeverteilung

( Ref-No 5.13.5 )

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3  
Hilfsenergiebedarf  $W_{h,d}$  der Heizungspumpe

(1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

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

Etagenverteilt, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 756,8 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe

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

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 70 \text{ °C} / \theta_{RA} = 55 \text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<1>} = 21,0 \text{ °C}$

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

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 18 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

(2) Warmluftheizung Umluftheizung

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

Luftheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 256,6 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. =

3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 55 \text{ °C} / \theta_{RA} = 45 \text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<6>} = 21,0 \text{ °C}$

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

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 14 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe ,  $P_{Pumpe}$  unbekannt

|                                               | Verteilung (V) | Stränge (S)   | Anbindung (A) |
|-----------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>(1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr</b> |                |               |               |
| Leitungslängen $l_i$                          | 398,2 m        | 31,1 m        | 370,4 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       |
| <b>(2) Warmluftheizung Umluftheizung</b>      |                |               |               |
| Leitungslängen $l_i$                          | 46,7 m         | 0,3 m         | 25,0 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   |
|-----------------------------------------------|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| <b>(1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr</b> |     |      |      |       |       |       |       |       |        |
| $\beta_{h,d}$                                 |     | 0,10 | 0,24 | 0,40  | 0,49  | 0,48  | 0,46  | 0,36  |        |
| $\theta_{VL,av}$                              | °C  | 29,2 | 37,2 | 45,3  | 49,3  | 48,8  | 47,8  | 43,4  |        |
| $\theta_{RL,av}$                              | °C  | 26,7 | 32,2 | 37,9  | 40,7  | 40,3  | 39,6  | 36,6  |        |
| $Q_{h,d}$                                     | kWh | 541  | 994  | 1.743 | 2.359 | 2.312 | 1.948 | 1.640 | 12.976 |
| $W_{h,d}$                                     | kWh | 29   | 40   | 49    | 57    | 56    | 49    | 48    | 455    |
| $Q_{I,h,d}$                                   | kWh | 219  | 463  | 859   | 1.182 | 1.156 | 970   | 800   | 6.450  |

Leitungsverluste  $Q_{h,d} = 3,9 \%$ , unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{I,h,d} = 2,0 \%$   
 Aufteilung  $Q_{I,h,d}$ : nach Grundflächenanteilen

|                                          |     |      |      |      |      |      |      |      |     |
|------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| <b>(2) Warmluftheizung Umluftheizung</b> |     |      |      |      |      |      |      |      |     |
| $\beta_{h,d}$                            |     | 0,11 | 0,23 | 0,36 | 0,43 | 0,42 | 0,40 | 0,33 |     |
| $\theta_{VL,av}$                         | °C  | 25,7 | 29,9 | 34,3 | 36,7 | 36,6 | 35,9 | 33,4 |     |
| $\theta_{RL,av}$                         | °C  | 24,3 | 27,3 | 30,4 | 32,1 | 32,0 | 31,5 | 29,8 |     |
| $Q_{h,d}$                                | kWh | 39   | 62   | 101  | 136  | 134  | 113  | 97   | 763 |
| $W_{h,d}$                                | kWh | –    | –    | –    | –    | –    | –    | –    | –   |
| $Q_{I,h,d}$                              | kWh | 9    | 17   | 31   | 43   | 43   | 35   | 29   | 238 |

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

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

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

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

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

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

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

### 13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung ( Ref-No 5.13.6 )

| <b>(1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr</b> |     |       |        |        |        |        |        |        |         |
|-----------------------------------------------|-----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Monat                                         |     | Sep   | Okt    | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr    |
| $Q_{h,out}$                                   | kWh | 8.986 | 22.106 | 36.410 | 46.021 | 44.906 | 38.638 | 33.876 | 261.620 |
| <b>(2) Warmluftheizung Umluftheizung</b>      |     |       |        |        |        |        |        |        |         |
| Monat                                         |     | Sep   | Okt    | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr    |
| $Q_{h,out}$                                   | kWh | 3.435 | 7.162  | 10.771 | 13.447 | 13.308 | 11.410 | 10.381 | 81.189  |

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

### 13.7 Heizwärmepufferspeicher ( Ref-No 5.13.7 )

nicht vorgesehen

### 13.8 solare Heizungsunterstützung ( Ref-No 5.13.8 )

nicht vorgesehen

### 13.9 Heizungsärmepumpen ( Ref-No 5.13.9 )

nicht vorgesehen

### 13.10 Konventionelle Heizwärmeezeuger ( Ref-No 5.13.10 )

Heizbereiche (1) (2)

(1) "freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5 ( $A_{NGF} = 757 \text{ m}^2$ )

Heizung mit einem konventionellen Wärmeezeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283),  $P_n = 131,7 \text{ kW}$  (Erdgas)

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

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung  $t_{w,100,\text{Jan}} = 0,00 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand  $\eta_{k,Pn} = 0,961$  (Nennlast),  $\eta_{k,Pint} = 1,051$  (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust  $q_{P0,70} = 0,0057 \text{ kW}$ , monatliche Belastungsgrade  $\beta_h$  siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar  $P_{gen,Pn} = 12,41 \text{ kW}$ ,  $P_{gen,Pint} = 2,97 \text{ kW}$ ,  $P_{gen,P0} = 0,52 \text{ kW}$  (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme  $P_{aux,Pn} = 0,468 \text{ kW}$ ,  $P_{aux,Pint} = 0,156 \text{ kW}$ ,  $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "Warmluftheizung Umluftheizung", Zonen 6 ( $A_{NGF} = 257 \text{ m}^2$ )

Heizung mit einem konventionellen Wärmeezeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283),  $P_n = 45,9 \text{ kW}$  (Erdgas)

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

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung  $t_{w,100,\text{Jan}} = 0,00 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand  $\eta_{k,Pn} = 0,957$  (Nennlast),  $\eta_{k,Pint} = 1,047$  (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust  $q_{P0,70} = 0,0087 \text{ kW}$ , monatliche Belastungsgrade  $\beta_h$  siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar  $P_{gen,Pn} = 3,65 \text{ kW}$ ,  $P_{gen,Pint} = 0,89 \text{ kW}$ ,  $P_{gen,P0} = 0,20 \text{ kW}$  (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme  $P_{aux,Pn} = 0,282 \text{ kW}$ ,  $P_{aux,Pint} = 0,094 \text{ kW}$ ,  $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

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

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

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

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

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

$Q_{i,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeezeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) freie Heizflächen 70 / 55°C 2-Rohr

| Monat         |     | Sep   | Okt    | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr    |
|---------------|-----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| $Q_{h,outg}$  | kWh | 8.986 | 22.106 | 36.410 | 46.021 | 44.906 | 38.638 | 33.876 | 261.620 |
| $\beta_{h,1}$ |     | 0,25  | 0,55   | 0,71   | 0,76   | 0,74   | 0,73   | 0,66   |         |
| $Q_{h,gen,1}$ | kWh | 467   | 1.351  | 2.539  | 3.490  | 3.412  | 2.854  | 2.325  | 18.224  |
| $Q_{h,f}$     | kWh | 9.417 | 23.580 | 39.471 | 50.283 | 49.008 | 42.085 | 36.574 | 282.838 |
| $W_{h,gen}$   | kWh | 43    | 88     | 137    | 170    | 167    | 144    | 129    | 1.041   |

(2) Warmluftheizung Umluftheizung

| Monat         |     | Sep   | Okt   | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr   |
|---------------|-----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $Q_{h,outg}$  | kWh | 3.435 | 7.162 | 10.771 | 13.447 | 13.308 | 11.410 | 10.381 | 81.189 |
| $\beta_{h,1}$ |     | 0,28  | 0,51  | 0,60   | 0,63   | 0,63   | 0,62   | 0,58   |        |
| $Q_{h,gen,1}$ | kWh | 170   | 445   | 769    | 1.024  | 1.008  | 849    | 722    | 5.609  |
| $Q_{h,f}$     | kWh | 3.605 | 7.608 | 11.539 | 14.472 | 14.316 | 12.259 | 11.103 | 86.798 |
| $W_{h,gen}$   | kWh | 31    | 53    | 73     | 89     | 88     | 76     | 71     | 602    |

**13.11 Endenergie Heizwärme**  
( Ref-No 5.13.11 )

| Monat         |       | Sep    | Okt    | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr    |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| $Q_{h,f}$     | kWh   | 13.022 | 31.188 | 51.011 | 64.754 | 63.324 | 54.343 | 47.677 | 369.636 |
| $W_h$         | kWh   | 102    | 181    | 260    | 317    | 311    | 270    | 248    | 2.098   |
| Erdgas        | kWh   | 13.022 | 31.188 | 51.011 | 64.754 | 63.324 | 54.343 | 47.677 | 369.636 |
| $Q_{I,h,<1>}$ | kWh/d | 1,7    | 3,5    | 6,8    | 9,0    | 8,8    | 8,2    | 6,1    |         |
| $Q_{I,h,<2>}$ | kWh/d | 0,1    | 0,2    | 0,4    | 0,5    | 0,5    | 0,5    | 0,3    |         |
| $Q_{I,h,<3>}$ | kWh/d | 0,6    | 1,2    | 2,4    | 3,2    | 3,1    | 2,9    | 2,1    |         |
| $Q_{I,h,<4>}$ | kWh/d | 1,1    | 2,3    | 4,4    | 5,8    | 5,7    | 5,3    | 3,9    |         |
| $Q_{I,h,<5>}$ | kWh/d | 3,8    | 7,7    | 14,7   | 19,6   | 19,2   | 17,9   | 13,3   |         |
| $Q_{I,h,<6>}$ | kWh/d | 0,3    | 0,6    | 1,0    | 1,4    | 1,4    | 1,3    | 0,9    |         |

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

#### 14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1) (Ref-No 5.14.0)

##### 14.1 Stromerzeugende Systeme (Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

##### 14.2 Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

| Energieträger       | Prozessbereich | Zonen | Endenergie<br>kWh/a | $f_P$ | $f_{HS/Hi}$ | $Q_P$<br>kWh/a |
|---------------------|----------------|-------|---------------------|-------|-------------|----------------|
| Erdgas              | Warmwasser     | 1/    | 41.695              | 1,10  | 1,11        | 41.319         |
| Erdgas              | Heizwärme      | *     | 369.636             | 1,10  | 1,11        | 366.305        |
| Strom-Mix           | Beleuchtung    | **    | 11.310              | 1,80  | 1,00        | 20.358         |
| Strom-Mix           | Hilfsenergie   |       | 11.809              | 1,80  | 1,00        | 21.256         |
| $\Sigma$ [kWh/Jahr] |                |       | 434.449             |       |             | 449.238        |

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf  $q_P = 449.238 / 1.013 = 443,3$  kWh/(m<sup>2</sup>a) ( $\Sigma A_{NGF} = 1.013$  m<sup>2</sup>)

Endenergie brennwertbezogen = 434.449 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 37562,9+333005,0+11310,1+11808,9 = 393687 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 11,7 kWh/(m<sup>2</sup>a), Erdgas 405,9 kWh/(m<sup>2</sup>a), Strom-Mix 11,2 kWh/(m<sup>2</sup>a)

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

| Energieträger | Endenergie<br>kWh/a | Emissionsfaktor<br>g CO <sub>2</sub> /kWh | Emissionen<br>kg/a | kg/ (m <sup>2</sup> a) |
|---------------|---------------------|-------------------------------------------|--------------------|------------------------|
| Erdgas        | 37.563              | 240                                       | 9.015              |                        |
| Erdgas        | 333.005             | 240                                       | 79.921             |                        |
| Strom-Mix     | 11.310              | 560                                       | 6.334              |                        |
| Strom-Mix     | 11.809              | 560                                       | 6.613              |                        |
| 393.687       |                     |                                           | 101.883            | 100,5                  |

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

#### 14.3 Endenergiebedarf nach Zonen ( Ref-No 5.14.3 )

| siehe Abschnitt   |                | RLT<br>9 | Beleucht.<br>10 | Klima<br>11 | Warmwasser<br>12 | Heizung<br>13 | Summe   |
|-------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|------------------|---------------|---------|
| Zone              | m <sup>2</sup> | kWh/a    | kWh/a           | kWh/a       | kWh/a            | kWh/a         | kWh/a   |
| <1> Sanitärräume  | 178            | -        | 1.471           | -           | 41.695           | 89.773        | 132.938 |
| <2> sonstige Aufe | 10             | -        | 95              | -           | -                | 6.138         | 6.232   |
| <3> Verkehrsfläch | 63             | -        | 335             | -           | -                | 16.687        | 17.022  |
| <4> Lager, Techni | 116            | -        | 107             | -           | -                | 31.140        | 31.247  |
| <5> Turnhalle     | 390            | -        | 6.213           | -           | -                | 139.099       | 145.313 |
| <6> Schwimmhalle  | 257            | -        | 3.090           | -           | -                | 86.798        | 89.888  |
| Gebäude           | 1.013          | -        | 11.310          | -           | 41.695           | 369.636       | 422.640 |

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

#### 14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis ( Ref-No 5.14.4 )

|                     | RLT<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Beleucht.<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Klima<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Warmwasser<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Heizung<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Summe<br>kWh/m <sup>2</sup> a |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Nutzenergiebedarf   | 8,0                         | 11,2                              | 0,0                           | 35,5                               | 289,0                           | 343,7                         |
| Endenergiebedarf    | 8,0                         | 11,2                              | 0,0                           | 42,8                               | 366,8                           | 428,7                         |
| Primärenergiebedarf | 14,3                        | 20,1                              | 0,0                           | 43,7                               | 365,2                           | 443,3                         |

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

## 15.0 Nachweise ( Ref-No 5.15.0 )

für ein bestehendes Gebäude  
Referenzberechnung = "Schwimmbad-Bestand-Referenz2020"

### 15.1 Nachweis der thermischen Hülle ( Ref-No 5.15.1 )

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte" (140%-Regel)  
Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden nicht eingehalten

### 15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs ( Ref-No 5.15.2 )

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50  
zul  $q_{P,REF} = 1.4 \cdot 200,4 = 280,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  (140%-Regel), aus der Referenzberechnung  
vorh  $q_P = 449.238 / 1013,4 = 443,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh  $q_P = 443,3 > 280,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , Grenzwert wird nicht eingehalten

### 15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ( Ref-No 5.15.8 )

Nachweis 65% Erneuerbare  
Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71  
Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude 411.330 kWh/a

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| genutzte erneuerbare Energien     |         |
| 1. aus thermischen Solaranlagen   | - kWh/a |
| 2. aus elektrischen Wärmepumpen   | - kWh/a |
| 3. aus gasmotorischen Wärmepumpen | - kWh/a |
| 4. aus Stromdirektheizung         | - kWh/a |
| 5. aus unvermeidbarer Abwärme     | - kWh/a |
| 6. aus Wärmenetzen                | - kWh/a |
| 7. aus Biomasse / Wasserstoff     | - kWh/a |

|                            |         |     |
|----------------------------|---------|-----|
| Summe erneuerbare Energien | - kWh/a | 0 % |
|----------------------------|---------|-----|

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie  $DA_{EE} = 0/411330,3 \cdot 100 = 0\%$  (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

Die Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71 (65,0% erneuerbar) werden nicht erfüllt

## 4.2 Berechnung reales Gebäude

### Energetische Bewertung von Gebäuden

**Projekt: Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)**

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 "Schwimmbad"

( Ref-No 5.0 )

Nachweisverfahren

( Ref-No 5.0.2 )

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50 zur Begrenzung des

Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023)

mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Referenzberechnung: Schwimmbad-Referenz2020.dwe

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

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

( Ref-No 5.1.0 )

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

| Zone                        | Typ              | $t_{\text{nutz}}$<br>d/a | $\vartheta_i$<br>°C | $\vartheta_{i,WE}$<br>°C | $A_{\text{NGF}}$<br>m <sup>2</sup> | $V_i$<br>m <sup>3</sup> |
|-----------------------------|------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| <1> Sanitärräume            | 216 WC und Sanit | 250                      | 19,9                | 17,3                     | 154                                | 384                     |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | 217 Sonstige Auf | 250                      | 19,9                | 17,1                     | 17                                 | 43                      |
| <3> Verkehrsflächen         | 219 Verkehrsfläc | 250                      | 20,0                | 17,2                     | 88                                 | 220                     |
| <4> Lager, Technik          | 220 Lager, Techn | 250                      | 20,0                | 17,3                     | 118                                | 330                     |
| <5> Turnhalle               | 231 Turnhalle (o | 250                      | 18,4                | 15,6                     | 390                                | 2145                    |
| <6> Schwimmhalle            | 217 Sonstige Auf | 250                      | 19,9                | 17,3                     | 257                                | 797                     |
|                             |                  |                          |                     |                          | 1.024                              | 3.919                   |

Gebäude,  $A_{\text{NGF}} = 1023,5$  m<sup>2</sup> (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

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

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

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

$\vartheta_i$  Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

## 2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2) ( Ref-No 5.2.0 )

Transferkoeffizienten  $H_T$  aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2  
Begrenzung der U-Werte (U<sub>max</sub>-Nachweis) GEG § 19

| Hüllfläche               | Zone | A<br>m <sup>2</sup> | U<br>W/ (m <sup>2</sup> K) | F <sub>x</sub>       | Anmerkungen | H <sub>T</sub><br>W/K |
|--------------------------|------|---------------------|----------------------------|----------------------|-------------|-----------------------|
| Turnhalle                |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 1 F 0103 FD N-W 1°       | 5:0  | 226,3               | 0,165                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 37,3                  |
| 2 F 0104 FD S-O 1°       | 5:0  | 226,3               | 0,165                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 37,3                  |
| 3 F 0100 FAW N-O         | 5:0  | 104,0               | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 19,6                  |
| 4 F 0102 FAW N-W         | 5:0  | 50,6                | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 9,6                   |
| 5 F 0105 FAW S-O         | 5:0  | 128,2               | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 24,2                  |
| 6 F 0106 FAW S-W         | 5:0  | 104,0               | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 19,6                  |
| 7 A 0102 FF N-W          | 5:0  | 47,8                | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02       | 43,0                  |
| 8 A 0105 FF S-O          | 5:0  | 66,4                | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02       | 59,8                  |
| 9 F 0101 FG              | 5:0  | 452,6               | 0,303                      | 0,55 F <sub>fb</sub> | 51 19 25 14 | 75,4                  |
| Lehrer Umkleide / Dusche |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 10 F 0205 FD             | 2:0  | 9,7                 | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 1,4                   |
| 11 F 0204 FAW S-W        | 2:0  | 11,9                | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 2,3                   |
| 12 A 0204 FF S-W         | 2:0  | 1,9                 | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02       | 1,7                   |
| 13 F 0200 FG             | 2:0  | 9,7                 | 0,301                      | 0,65 F <sub>fb</sub> | 51 19 25 14 | 1,9                   |
| PuMi                     |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 14 F 0305 FD             | 4:0  | 5,1                 | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 0,7                   |
| 15 F 0304 FAW S-W        | 4:0  | 6,3                 | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 1,2                   |
| 16 A 0304 FF S-W         | 4:0  | 1,0                 | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02       | 0,9                   |
| 17 F 0300 FG             | 4:0  | 5,1                 | 0,301                      | 0,65 F <sub>fb</sub> | 51 19 25 14 | 1,0                   |
| Flur Lehrerumkleide      |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 18 F 0405 FD             | 3:0  | 9,0                 | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 1,3                   |
| 19 F 0400 FG             | 3:0  | 9,0                 | 0,301                      | 0,65 F <sub>fb</sub> | 51 19 25 14 | 1,8                   |
| Umkleide Turnhalle       |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 20 F 0505 FD             | 1:0  | 42,2                | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 5,9                   |
| 21 A 0505 DFF 0°         | 1:0  | 3,3                 | 1,500                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 72 51 02 70 | 4,9                   |
| 22 F 0500 Fg <zum Kelle  | 1:0  | 45,5                | 0,286                      | 0,80 F <sub>G</sub>  | 51 19 25 21 | 10,4                  |
| WC / Umkleide Turnhalle  |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 23 F 0605 FD             | 1:0  | 22,9                | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 3,2                   |
| 24 A 0605 DFF 0°         | 1:0  | 1,4                 | 1,500                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 72 51 02 70 | 2,1                   |
| 25 F 0600 FG             | 1:0  | 24,3                | 0,301                      | 0,65 F <sub>fb</sub> | 51 19 25 14 | 4,7                   |
| TGA                      |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 26 F 0705 FD             | 4:0  | 16,9                | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 2,4                   |
| 27 F 0702 Fu             | 4:0  | 7,9                 | 0,296                      | 0,50 F <sub>u</sub>  | 51 08       | 1,2                   |
| 28 F 0700 FG             | 4:0  | 16,9                | 0,301                      | 0,65 F <sub>fb</sub> | 51 19 25 14 | 3,3                   |
| Geräteraum ohne Keller   |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 29 F 0805 FD             | 4:0  | 28,3                | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 4,0                   |
| 30 F 0800 FG             | 4:0  | 28,3                | 0,301                      | 0,65 F <sub>fb</sub> | 51 19 25 14 | 5,5                   |
| Geräteraum mit Keller    |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 31 F 0905 FD             | 4:0  | 30,3                | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 4,2                   |
| 32 F 0902 FAW N-O        | 4:0  | 11,4                | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 2,2                   |
| 33 F 0903 Fu             | 4:0  | 24,9                | 0,296                      | 0,50 F <sub>u</sub>  | 51 08       | 3,7                   |
| 34 A 0902 FF N-O         | 4:0  | 1,9                 | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02       | 1,7                   |
| 35 F 0900 Fg <zum Kelle  | 4:0  | 30,3                | 0,286                      | 0,80 F <sub>G</sub>  | 51 19 25 21 | 6,9                   |
| Windfang                 |      |                     |                            |                      |             |                       |
| 36 F 1005 FD             | 3:0  | 18,4                | 0,140                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51          | 2,6                   |
| 37 F 1003 FAW N-W        | 3:0  | 7,0                 | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 1,3                   |
| 38 F 1004 FAW S-W        | 3:0  | 15,5                | 0,189                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 2,9                   |
| 39 T 1003 FAW N-W , Tür  | 3:0  | 5,9                 | 1,300                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51          | 7,7                   |
| 40 F 1000 Fg <zum Kelle  | 3:0  | 18,4                | 0,442                      | 0,75 F <sub>G</sub>  | 51 19 25 21 | 6,1                   |
| Flur                     |      |                     |                            |                      |             |                       |

|                          |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
|--------------------------|---|------|---------------|-----|-------|-------|------|-----------------|----|----------|------|
| 41                       | F | 1105 | FD            | 3:0 | 47,2  | 0,140 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 6,6  |
| 42                       | W | 1105 | DFF 0°        | 3:0 | 1,4   | 1,500 | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 72 | 51 02 70 | 2,2  |
| 43                       | F | 1104 | FAW S-W       | 3:0 | 2,4   | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 0,4  |
| 44                       | A | 1104 | FF S-W        | 3:0 | 5,0   | 0,900 | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 51 | 02       | 4,5  |
| 45                       | F | 1100 | Fg <zum Kelle | 3:0 | 48,6  | 0,286 | 0,80 | F <sub>G</sub>  | 51 | 19 25 21 | 11,1 |
| Flur über Keller         |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
| 46                       | F | 1209 | FD            | 3:0 | 25,1  | 0,140 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 3,5  |
| 47                       | F | 1202 | FAW N-O       | 3:0 | 2,4   | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 0,4  |
| 48                       | F | 1201 | Fu            | 3:0 | 22,3  | 0,296 | 0,50 | F <sub>u</sub>  | 51 | 08       | 3,3  |
| 49                       | T | 1202 | FAW N-O , Tür | 3:0 | 5,0   | 1,300 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 6,6  |
| 50                       | T | 1201 | Fu , Tür      | 3:0 | 2,6   | 1,900 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 4,9  |
| 51                       | F | 1200 | Fg <zum Kelle | 3:0 | 25,1  | 0,286 | 0,80 | F <sub>G</sub>  | 51 | 19 25 21 | 5,7  |
| WC BH Umkleide H Schimmb |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
| 52                       | F | 1307 | FD            | 1:0 | 23,3  | 0,140 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 3,3  |
| 53                       | A | 1307 | DFF 0°        | 1:0 | 1,4   | 1,500 | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 72 | 51 02 70 | 2,1  |
| 54                       | F | 1300 | FG            | 1:0 | 24,7  | 0,301 | 0,65 | F <sub>fb</sub> | 51 | 19 25 14 | 4,8  |
| Dusche Schwimmbad        |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
| 55                       | F | 1405 | FD            | 1:0 | 51,7  | 0,140 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 7,2  |
| 56                       | A | 1405 | DFF 0°        | 1:0 | 1,8   | 1,500 | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 72 | 51 02 70 | 2,8  |
| 57                       | F | 1400 | Fg <zum Kelle | 1:0 | 53,5  | 0,286 | 0,80 | F <sub>G</sub>  | 51 | 19 25 21 | 12,3 |
| Umkleide D Schwimmbad    |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
| 58                       | F | 1505 | FD            | 1:0 | 15,4  | 0,140 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 2,2  |
| 59                       | A | 1505 | DFF 0°        | 1:0 | 1,4   | 1,500 | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 51 | 02 70    | 2,1  |
| 60                       | F | 1500 | Fg <zum Kelle | 1:0 | 16,8  | 0,286 | 0,80 | F <sub>G</sub>  | 51 | 19 25 21 | 3,8  |
| Aufsicht                 |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
| 61                       | F | 1605 | FD            | 2:0 | 13,5  | 0,140 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 1,9  |
| 62                       | F | 1602 | FAW N-O       | 2:0 | 13,1  | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 2,5  |
| 63                       | A | 1602 | FF N-O        | 2:0 | 1,8   | 0,900 | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 51 | 02       | 1,6  |
| 64                       | T | 1602 | FAW N-O , Tür | 2:0 | 1,9   | 1,900 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 3,6  |
| 65                       | F | 1600 | Fg <zum Kelle | 2:0 | 13,5  | 0,286 | 0,80 | F <sub>G</sub>  | 51 | 19 25 21 | 3,1  |
| TGA neu 1/2              |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
| 66                       | F | 1705 | FD            | 4:0 | 35,3  | 0,140 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 4,9  |
| 67                       | F | 1703 | FAW N-W       | 4:0 | 16,3  | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 3,1  |
| 68                       | F | 1704 | FAW S-W       | 4:0 | 34,6  | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 6,5  |
| 69                       | F | 1700 | FG            | 4:0 | 35,3  | 0,162 | 0,65 | F <sub>fb</sub> | 51 | 19 25 14 | 3,7  |
| TGA neu 2/2              |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
| 70                       | F | 1805 | FD            | 4:0 | 10,8  | 0,140 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 1,5  |
| 71                       | F | 1800 | Fg            | 4:0 | 10,8  | 0,286 | 0,80 | F <sub>G</sub>  | 51 | 19 25 21 | 2,5  |
| Schwimmbhalle            |   |      |               |     |       |       |      |                 |    |          |      |
| 72                       | F | 1903 | FD S-O 1°     | 6:0 | 298,6 | 0,179 | 1,00 | F <sub>D</sub>  | 51 |          | 53,4 |
| 73                       | F | 1900 | FAW N-O       | 6:0 | 56,8  | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 10,7 |
| 74                       | F | 1902 | FAW N-W       | 6:0 | 52,5  | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 9,9  |
| 75                       | F | 1904 | FAW S-O       | 6:0 | 23,4  | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 4,4  |
| 76                       | F | 1905 | FAW S-W       | 6:0 | 22,2  | 0,189 | 1,00 | F <sub>AW</sub> | 51 |          | 4,2  |
| 77                       | A | 1902 | FF N-W        | 6:0 | 45,8  | 0,900 | 1,00 | F <sub>F</sub>  | 51 | 02       | 41,2 |
| 78                       | F | 1901 | Fg            | 6:0 | 164,7 | 0,286 | 0,80 | F <sub>G</sub>  | 51 | 19 25 21 | 37,7 |

$\Sigma A [m^2] = 3.104,7$

$\Sigma H_T [W/K] = 713,5$

Bodenplattenmaß B' (25) =  $A_G / (0.5 P) = 1033,03 / 109,92 = 9,40$  m

keine weiteren Bodenplatten

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).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 21 Kellerdecke / Innenwand zum unbeheizten Keller, Kellerfußboden ungedämmt, ohne Perimeterdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F<sub>x</sub> für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F<sub>x</sub>-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.

- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.  
70 Dachflächenfenster  
72 Lichtkuppel

## 2.1 Wärmebrücken ( Ref-No 5.2.1 )

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 155,2 \text{ W/K}$  (21,8 %, 0,050 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

## 2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten ( Ref-No 5.2.2 )

| Transferkoeffizienten<br>Transmission | $H_{T,D}$<br>W/K | $H_{T,s}$<br>W/K | $H_{T,iu}$<br>W/K | $\Sigma H_T$<br>W/K | $H_{T,iz}$<br>W/K | $H_{T,zi}$<br>W/K |
|---------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| <1> Sanitärräume                      | 52               | 10               | 27                | 88                  | 0                 | 0                 |
| <2> sonstige Aufenthaltsr             | 19               | 2                | 3                 | 24                  | 0                 | 0                 |
| <3> Verkehrsflächen                   | 58               | 2                | 26                | 86                  | 0                 | 0                 |
| <4> Lager, Technik                    | 51               | 14               | 14                | 79                  | 0                 | 0                 |
| <5> Turnhalle                         | 321              | 75               | 0                 | 396                 | 0                 | 0                 |
| <6> Schwimmhalle                      | 157              | 0                | 38                | 195                 | 0                 | 0                 |
|                                       | 659              | 102              | 108               | 869                 |                   |                   |

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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 868,7 / 3.104,7 = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit  $U_{max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1,25$  (§ 50 mit Rundungsregel)

|                                       | opake Bauteile<br>[W/ (m²K) ] | Fenster<br>[W/ (m²K) ] | Vorhangf.<br>[W/ (m²K) ] | Oberl.<br>[W/ (m²K) ] |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| $U_{max}$ $T_i \geq 19^\circ\text{C}$ | 0,40                          | 1,90                   | 1,90                     | 3,10                  |
| $U_{max}$ $T_i < 19^\circ\text{C}$    | 0,60                          | 3,50                   | 3,80                     | 3,90                  |
| Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$     | 0,17                          | 0,90                   |                          | 1,50                  |

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

kleinste Grenzwertunterschreitung:  $U = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 3,10 \text{ W/(m}^2\text{K)} - 51,6\%$

**2.4 Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle**  
( Ref-No 5.2.4 )

| Bauteil                    | U-Wert<br>W/ (m²K) | U/U <sub>EnEV</sub> | Fläche A<br>m² |       | H <sub>T</sub><br>W/K |       |
|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------|-------|-----------------------|-------|
| Flachdach Schwimmhalle     | 0,179              | 128 %               | 299            | 10 %  | 53                    | 7 %   |
| Flachdach Turnhalle        | 0,165              | 118 %               | 453            | 15 %  | 75                    | 10 %  |
| Flachdach Verbindungsbau   | 0,140              | 100 %               | 405            | 13 %  | 57                    | 8 %   |
| Außenwand                  | 0,189              | 95 %                | 663            | 21 %  | 125                   | 18 %  |
| Trennwand zum Kellerabgang | 0,296              | 148 %               | 55             | 2 %   | 8                     | 1 %   |
| Kellerdecke Kriechkeller   | 0,286              | 114 %               | 159            | 5 %   | 36                    | 5 %   |
| Kellerdecke Windfang       | 0,442              | 177 %               | 18             | 1 %   | 6                     | 1 %   |
| Kellerdecke Schwimmbad     | 0,286              | 114 %               | 165            | 5 %   | 38                    | 5 %   |
| Kellerdecke Geräteraum     | 0,286              | 114 %               | 30             | 1 %   | 7                     | 1 %   |
| Kellerdecke Wasseraufberei | 0,286              | 114 %               | 55             | 2 %   | 13                    | 2 %   |
| Bodenplatte Turnhalle      | 0,303              | 121 %               | 453            | 15 %  | 75                    | 11 %  |
| Bodenplatte Verbindungsbau | 0,301              | 120 %               | 118            | 4 %   | 23                    | 3 %   |
| Bodenplatte TGA (neu)      | 0,162              |                     | 35             | 1 %   | 4                     | 1 %   |
| Fenster                    | 0,900              | 95 %                | 172            | 6 %   | 155                   | 22 %  |
| Lichtkuppel                | 1,500              | 100 %               | 11             | 0 %   | 16                    | 2 %   |
| Aussentür                  | 1,300              | 100 %               | 11             | 0 %   | 14                    | 2 %   |
| Aussentür Technik          | 1,900              |                     | 4              | 0 %   | 9                     | 1 %   |
|                            |                    |                     | 3105           | 100 % | 713                   | 100 % |

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

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

( Ref-No 5.3.0 )

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7),  $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen  $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 6 * 3105 / 3919 = 4,75 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

| Zone               | ALD |                        |                                                       | Luftwechsel                          |                                     | Fenster                             | Lüftungsanlage                        |                         |
|--------------------|-----|------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
|                    |     | n50<br>h <sup>-1</sup> | V <sub>A</sub><br>m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> h) | n <sub>nutz</sub><br>h <sup>-1</sup> | n <sub>inf</sub><br>h <sup>-1</sup> | n <sub>win</sub><br>h <sup>-1</sup> | n <sub>m,ZUL</sub><br>h <sup>-1</sup> | t <sub>V,m</sub><br>h/d |
| <1> Sanitärräume   | -   | 5,15                   | 15,00                                                 | 6,00                                 | 0,36                                | 0,10                                | 6,00                                  | 13                      |
| <2> sonstige Außen | -   | 10,81                  | 7,00                                                  | 2,80                                 | 0,76                                | 0,10                                | 2,78                                  | 13                      |
| <3> Verkehrsfläche | -   | 7,37                   | 0,00                                                  | 0,00                                 | 0,52                                | 0,10                                | -                                     | -                       |
| <4> Lager, Technik | -   | 6,50                   | 0,15                                                  | 0,05                                 | 0,46                                | 0,10                                | 0,05                                  | 13                      |
| <5> Turnhalle      | -   | 3,93                   | 3,00                                                  | 0,55                                 | 0,28                                | 0,32                                | -                                     | -                       |
| <6> Schwimmhalle   | -   | 5,00                   | 7,00                                                  | 2,26                                 | 0,35                                | 0,10                                | 2,26                                  | 13                      |

$\Rightarrow$  WE-Betrieb ...

|                               |  |  |      |      |      |      |  |  |
|-------------------------------|--|--|------|------|------|------|--|--|
| <1> Sanitärräume              |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,10 |  |  |
| <2> sonstige Aufenthaltsräume |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,76 | 0,12 |  |  |
| <3> Verkehrsflächen           |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 0,10 |  |  |
| <4> Lager, Technik            |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 0,10 |  |  |
| <5> Turnhalle                 |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,10 |  |  |
| <6> Schwimmhalle              |  |  | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,10 |  |  |

Zone <1> RLT-Anlage (204) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 2305 / 2305 \text{ m}^3/\text{h}$ , Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

Zone <2> RLT-Anlage (204) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 120 / 120 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <4> RLT-Anlage (204) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 18 / 18 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <6> RLT-Anlage (218) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 1800 / 1800 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG75+

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

$n_{\text{nutz}}$  = Mindestaußenluftwechsel =  $V_A * \text{ANGF} / V$  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)

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

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

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 5 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) * n_{\text{inf}} - 0.1$  (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<br>Lüftung | V<br>m³ | H <sub>V,z,Jan</sub><br>W/K | H <sub>V,inf</sub><br>W/K | H <sub>V,win</sub><br>W/K | Σ H <sub>V</sub><br>W/K | H <sub>V,mech</sub><br>W/K | θ <sub>V,Jan</sub><br>°C |
|----------------------------------|---------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <1> Sanitärräume                 | 384     | 0                           | 47                        | 13                        | 60                      | 425                        | 18,3                     |
| <2> sonstige Aufenth             | 43      | 0                           | 11                        | 1                         | 12                      | 22                         | 18,3                     |
| <3> Verkehrsflächen              | 220     | 0                           | 39                        | 8                         | 46                      | 0                          |                          |
| <4> Lager, Technik               | 330     | 0                           | 51                        | 11                        | 62                      | 3                          | 18,3                     |
| <5> Turnhalle                    | 2.145   | 0                           | 201                       | 233                       | 433                     | 0                          |                          |
| <6> Schwimmhalle                 | 797     | 0                           | 95                        | 27                        | 122                     | 332                        | 22,0                     |
|                                  |         | 0                           | 443                       | 293                       | 736                     | 782                        |                          |
| ⇒ WE-Betrieb ...                 |         |                             |                           |                           |                         |                            |                          |
| <1> Sanitärräume                 |         | 0                           | 47                        | 13                        | 60                      |                            |                          |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu      |         | 0                           | 11                        | 2                         | 13                      |                            |                          |
| <3> Verkehrsflächen              |         | 0                           | 39                        | 8                         | 46                      |                            |                          |
| <4> Lager, Technik               |         | 0                           | 51                        | 11                        | 62                      |                            |                          |
| <5> Turnhalle                    |         | 0                           | 201                       | 73                        | 274                     |                            |                          |
| <6> Schwimmhalle                 |         | 0                           | 95                        | 27                        | 122                     |                            |                          |
|                                  |         | 0                           | 443                       | 134                       | 577                     |                            |                          |

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

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

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

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

$\theta_V$  = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

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

#### 4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

##### 4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

Bauliche Verschattung  $F_S$  aus Horizontwinkel  $\alpha_h$ , Überhangwinkel  $\alpha_o$  und Seitenwinkel  $\alpha_f$   
Abminderungsfaktoren  $F_S = 0.90$  nach GEG §25, vereinfacht

| Kollektorfläche  | Zone | $A_g$<br>$m^2$ | $I_S$ , Jan/Jul<br>$W/m^2$ | $g_{eff}$ , Jan/Jul<br>% | $Q_S$ , Jan/Jul<br>$kWh/d$ |
|------------------|------|----------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 7 A 0102 FF N-W  | 5    | 33,47          | 11/ 95                     | 36/ 36 7100              | 3,2/ 27,8                  |
| 8 A 0105 FF S-O  | 5    | 46,48          | 50/ 132                    | 36/ 36 "                 | 20,3/ 53,7                 |
| 12 A 0204 FF S-W | 2    | 1,34           | 40/ 120                    | 36/ 36 "                 | 0,5/ 1,4                   |
| 16 A 0304 FF S-W | 4    | 0,70           | 40/ 120                    | 36/ 36 "                 | 0,2/ 0,7                   |
| 21 A 0505 DFF 0° | 1    | 2,30           | 29/ 210                    | 42/ 42 "                 | 0,7/ 4,8                   |
| 24 A 0605 DFF 0° | 1    | 0,98           | 29/ 210                    | 42/ 42 "                 | 0,3/ 2,1                   |
| 34 A 0902 FF N-O | 4    | 1,32           | 11/ 112                    | 36/ 36 "                 | 0,1/ 1,3                   |
| 42 W 1105 DFF 0° | 3    | 1,01           | 29/ 210                    | 42/ 42 "                 | 0,3/ 2,1                   |
| 44 A 1104 FF S-W | 3    | 3,53           | 40/ 120                    | 36/ 36 "                 | 1,2/ 3,7                   |
| 53 A 1307 DFF 0° | 1    | 0,98           | 29/ 210                    | 42/ 42 "                 | 0,3/ 2,1                   |
| 56 A 1405 DFF 0° | 1    | 1,29           | 29/ 210                    | 42/ 42 "                 | 0,4/ 2,7                   |
| 59 A 1505 DFF 0° | 1    | 0,98           | 29/ 210                    | 42/ 42 "                 | 0,3/ 2,1                   |
| 63 A 1602 FF N-O | 2    | 1,27           | 11/ 112                    | 36/ 36 "                 | 0,1/ 1,2                   |
| 77 A 1902 FF N-W | 6    | 32,07          | 11/ 95                     | 36/ 36 "                 | 3,1/ 26,7                  |
|                  |      | 127,80         |                            |                          | 31/ 132                    |

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

Berechnung von  $g_{tot,13363}$ -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 Gesamtennergiedurchlassgrad 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

(Ref-No 5.4.2)

nicht bilanziert

#### 4.3 solare Wärmegewinne ( Ref-No 5.4.3 )

| Zone             | Sep<br>kWh | Okt<br>kWh | Nov<br>kWh | Dez<br>kWh | Jan<br>kWh | Feb<br>kWh | Mär<br>kWh | Jahr<br>kWh |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| über Fenster ... |            |            |            |            |            |            |            |             |
| <1> Sanitärräu   | 248        | 155        | 61         | 34         | 58         | 80         | 196        | 2.904       |
| <2> sonstige A   | 55         | 39         | 15         | 10         | 18         | 18         | 44         | 602         |
| <3> Verkehrsfl   | 139        | 101        | 38         | 26         | 47         | 44         | 110        | 1.440       |
| <4> Lager, Tec   | 38         | 26         | 10         | 7          | 12         | 12         | 30         | 432         |
| <5> Turnhalle    | 1.802      | 1.401      | 505        | 353        | 730        | 626        | 1.479      | 19.724      |
| <6> Schwimmhal   | 429        | 244        | 109        | 61         | 96         | 141        | 331        | 5.281       |
|                  | 2.711      | 1.965      | 738        | 492        | 961        | 921        | 2.190      | 30.384      |

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

| Zone                         | A <sub>B</sub><br>m <sup>2</sup> | q <sub>I,p</sub><br>kWh/d | q <sub>I,fac</sub><br>kWh/d | Q <sub>I,g</sub><br>kWh/d | Q <sub>I</sub><br>kWh/d |
|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| <1> Sanitärräume             | 168                              | -                         | -                           | 0,0                       | 0,0                     |
| <2> sonstige Aufenthaltsräum | 22                               | 2,0                       | 0,2                         | 0,0                       | 2,2                     |
| <3> Verkehrsflächen          | 71                               | -                         | -                           | 0,0                       | 0,0                     |
| <4> Lager, Technik           | 109                              | -                         | -                           | 0,0                       | 0,0                     |
| <5> Turnhalle                | 390                              | 24,6                      | -                           | 0,0                       | 24,6                    |
| <6> Schwimmhalle             | 257                              | 23,9                      | 2,1                         | 0,0                       | 25,9                    |

⇒ WE-Betrieb ...

|                              |   |   |     |     |
|------------------------------|---|---|-----|-----|
| <1> Sanitärräume             | - | - | 0,0 | 0,0 |
| <2> sonstige Aufenthaltsräum | - | - | 0,0 | 0,0 |
| <3> Verkehrsflächen          | - | - | 0,0 | 0,0 |
| <4> Lager, Technik           | - | - | 0,0 | 0,0 |
| <5> Turnhalle                | - | - | 0,0 | 0,0 |
| <6> Schwimmhalle             | - | - | 0,0 | 0,0 |

#### ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

| Zone                          | Leuchtenabluft<br>m <sup>3</sup> /hW | Q <sub>I,L</sub><br>kWh/d | Q <sub>I,h</sub><br>kWh/d | Q <sub>I,w</sub><br>kWh/d | Q <sub>I,rv</sub><br>kWh/d |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <1> Sanitärräume              | 0,0                                  | 3,4                       | 0,2                       | 2,9                       | 0,0                        |
| <2> sonstige Aufenthaltsräume | 0,0                                  | 1,1                       | 0,0                       | 0,0                       | 0,0                        |
| <3> Verkehrsflächen           | 0,0                                  | 1,0                       | 0,1                       | 0,0                       | 0,0                        |
| <4> Lager, Technik            | 0,0                                  | 0,2                       | 0,1                       | 0,0                       | 0,0                        |
| <5> Turnhalle                 | 0,0                                  | 13,6                      | 0,6                       | 0,0                       | 0,0                        |
| <6> Schwimmhalle              | 0,0                                  | 7,7                       | 0,5                       | 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) ( Ref-No 5.6.0 )

Betrachtungsmonat Januar

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

| Zone                         | $\Sigma H_T$<br>W/K | $\Sigma H_V$<br>W/K | $\Sigma H_{V, \text{mech}}$<br>W/K | $Q_{\text{sink}}$<br>kWh/d | $Q_{\text{source}}$<br>kWh/d | $\gamma$ |
|------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------|
| <1> Sanitärräume             | 88                  | 60                  | 425                                | 90                         | 8                            | 0,094    |
| <2> sonstige Aufenthaltsraum | 24                  | 12                  | 22                                 | 18                         | 4                            | 0,218    |
| <3> Verkehrsflächen          | 86                  | 46                  | 0                                  | 64                         | 3                            | 0,041    |
| <4> Lager, Technik           | 79                  | 62                  | 3                                  | 69                         | 1                            | 0,011    |
| <5> Turnhalle                | 396                 | 433                 | 0                                  | 362                        | 62                           | 0,172    |
| <6> Schwimmhalle             | 195                 | 122                 | 332                                | 154                        | 37                           | 0,241    |

| Zone                         | $C_{\text{wirk}}$<br>Wh/(m²K) | H<br>W/K | $\tau$<br>h | a<br>- | $\eta$<br>- | $\eta_{\text{WE}}$ |
|------------------------------|-------------------------------|----------|-------------|--------|-------------|--------------------|
| <1> Sanitärräume             | 50                            | 573      | 13,40       | 1,84   | 0,988       | 1,000              |
| <2> sonstige Aufenthaltsraum | 50                            | 58       | 14,70       | 1,92   | 0,958       | 1,000              |
| <3> Verkehrsflächen          | 50                            | 133      | 33,16       | 3,07   | 1,000       | 1,000              |
| <4> Lager, Technik           | 50                            | 144      | 40,66       | 3,54   | 1,000       | 1,000              |
| <5> Turnhalle                | 50                            | 830      | 23,50       | 2,47   | 0,989       | 0,999              |
| <6> Schwimmhalle             | 50                            | 649      | 19,83       | 2,24   | 0,968       | 1,000              |

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

$\Sigma H_V$  = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

$Q_{\text{sink}}$  = 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) (Ref-No 5.7.0)

### Temperaturrandbedingungen

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

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

### 7.1 Zone <1> Sanitärräume (Ref-No 5.7.1)

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

| Monat                     |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr  |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\eta_{\text{source}}$    |     | 0,998 | 0,958 | 0,983 | 0,990 | 0,988 | 0,985 | 0,962 | 0,810 |
| $\eta_{\text{source,WE}}$ |     | 0,984 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,882 |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$       | kWh | 81    | 136   | 132   | 136   | 136   | 123   | 136   | 1.415 |
| $t_h$                     | h   | 720   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 8.760 |
| $Q_{h,b,RE}$              | kWh | -     | 677   | 1.331 | 1.773 | 1.729 | 1.457 | 1.191 | 8.668 |
| $Q_{h,b,WE}$              | kWh | 25    | 141   | 313   | 423   | 413   | 341   | 265   | 1.998 |
| $Q_T$                     | kWh | 385   | 683   | 971   | 1.193 | 1.188 | 1.024 | 968   | 8.008 |
| $Q_V$                     | kWh | -18   | 415   | 864   | 1.176 | 1.151 | 978   | 811   | 4.266 |
| $Q_S^*$                   | kWh | 246   | 151   | 60    | 34    | 58    | 79    | 191   | 2.128 |
| $Q_I^*$                   | kWh | 128   | 129   | 131   | 139   | 139   | 124   | 132   | 1.292 |

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$  = 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 <2> sonstige Aufenthaltsräume Zone 17**  
( Ref-No 5.7.2 )

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$  und  $Q_i = 2,2 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,1 \text{ °C}$  und  $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

| Monat               |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr  |
|---------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\eta_{source}$     |     | 0,753 | 0,875 | 0,945 | 0,962 | 0,958 | 0,954 | 0,920 | 0,787 |
| $\eta_{source,WE}$  |     | 0,938 | 0,991 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,999 | 0,995 | 0,880 |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$ | kWh | 9     | 15    | 15    | 15    | 15    | 14    | 15    | 157   |
| $t_h$               | h   | 686   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 6.593 |
| $Q_{h,b,RE}$        | kWh | 29    | 129   | 236   | 308   | 302   | 257   | 216   | 1.611 |
| $Q_{h,b,WE}$        | kWh | 19    | 52    | 94    | 121   | 117   | 100   | 84    | 645   |
| $Q_T$               | kWh | 103   | 183   | 261   | 321   | 319   | 275   | 260   | 2.151 |
| $Q_V$               | kWh | 40    | 94    | 148   | 188   | 186   | 160   | 145   | 1.074 |
| $Q_S^*$             | kWh | 45    | 36    | 15    | 10    | 18    | 17    | 42    | 444   |
| $Q_I^*$             | kWh | 50    | 61    | 65    | 69    | 68    | 60    | 64    | 644   |

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

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

| Monat               |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr  |
|---------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\eta_{source}$     |     | 0,989 | 0,999 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,999 | 0,967 |
| $\eta_{source,WE}$  |     | 0,987 | 0,999 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,947 |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$ | kWh | 48    | 78    | 75    | 78    | 78    | 70    | 78    | 765   |
| $t_h$               | h   | 720   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 8.081 |
| $Q_{h,b,RE}$        | kWh | 349   | 724   | 1.075 | 1.324 | 1.303 | 1.125 | 1.024 | 8.216 |
| $Q_{h,b,WE}$        | kWh | 72    | 180   | 324   | 419   | 410   | 350   | 298   | 2.288 |
| $Q_T$               | kWh | 377   | 669   | 952   | 1.170 | 1.164 | 1.004 | 949   | 7.849 |
| $Q_V$               | kWh | 202   | 358   | 508   | 625   | 622   | 536   | 507   | 4.193 |
| $Q_S^*$             | kWh | 137   | 101   | 38    | 26    | 47    | 44    | 110   | 1.353 |
| $Q_I^*$             | kWh | 21    | 22    | 23    | 25    | 25    | 22    | 23    | 260   |

**7.4 Zone <4> Lager, Technik**  
( Ref-No 5.7.4 )

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

| Monat                     |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr  |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\eta_{\text{source}}$    |     | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,999 |
| $\eta_{\text{source,WE}}$ |     | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,998 |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$       | kWh | 63    | 104   | 101   | 104   | 104   | 94    | 104   | 925   |
| $t_h$                     | h   | 720   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 8.760 |
| $Q_{h,b,RE}$              | kWh | 473   | 866   | 1.206 | 1.468 | 1.458 | 1.260 | 1.192 | 9.763 |
| $Q_{h,b,WE}$              | kWh | 100   | 197   | 336   | 434   | 430   | 366   | 325   | 2.565 |
| $Q_T$                     | kWh | 345   | 613   | 871   | 1.071 | 1.065 | 919   | 868   | 7.184 |
| $Q_V$                     | kWh | 270   | 483   | 689   | 847   | 843   | 727   | 686   | 5.657 |
| $Q_S^*$                   | kWh | 38    | 26    | 10    | 7     | 12    | 12    | 30    | 432   |
| $Q_I^*$                   | kWh | 5     | 6     | 8     | 9     | 9     | 8     | 8     | 82    |

#### 7.5 Zone <5> Turnhalle ( Ref-No 5.7.5 )

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 18,4 \text{ °C}$  und  $Q_i = 24,6 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 15,6 \text{ °C}$  und  $Q_i = 0,0 \text{ kWh/d}$

| Monat                     |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $\eta_{\text{source}}$    |     | 0,714 | 0,928 | 0,987 | 0,993 | 0,989 | 0,989 | 0,966 | 0,718  |
| $\eta_{\text{source,WE}}$ |     | 0,745 | 0,962 | 0,999 | 1,000 | 0,999 | 0,999 | 0,984 | 0,713  |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$       | kWh | 150   | 313   | 334   | 345   | 345   | 312   | 345   | 3.282  |
| $t_h$                     | h   | 540   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 6.232  |
| $Q_{h,b,RE}$              | kWh | 582   | 2.554 | 5.091 | 6.652 | 6.384 | 5.472 | 4.438 | 33.999 |
| $Q_{h,b,WE}$              | kWh | 5     | 469   | 1.337 | 1.839 | 1.708 | 1.451 | 1.011 | 8.010  |
| $Q_T$                     | kWh | 1.229 | 2.566 | 3.895 | 4.890 | 4.863 | 4.173 | 3.863 | 30.074 |
| $Q_V$                     | kWh | 1.206 | 2.519 | 3.824 | 4.800 | 4.773 | 4.096 | 3.792 | 29.521 |
| $Q_S^*$                   | kWh | 1.304 | 1.315 | 500   | 352   | 724   | 621   | 1.437 | 11.498 |
| $Q_I^*$                   | kWh | 545   | 747   | 792   | 846   | 819   | 725   | 769   | 6.802  |

#### 7.6 Zone <6> Schwimmhalle ( Ref-No 5.7.6 )

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$  und  $Q_i = 25,9 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

| Monat                     |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $\eta_{\text{source}}$    |     | 0,738 | 0,902 | 0,956 | 0,970 | 0,968 | 0,962 | 0,937 | 0,767  |
| $\eta_{\text{source,WE}}$ |     | 0,984 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,892  |
| $\Delta Q_{C,b,WE}$       | kWh | 138   | 228   | 221   | 228   | 228   | 206   | 228   | 2.313  |
| $t_h$                     | h   | 644   | 744   | 720   | 744   | 744   | 672   | 744   | 7.410  |
| $Q_{h,b,RE}$              | kWh | 132   | 910   | 1.659 | 2.188 | 2.159 | 1.806 | 1.513 | 11.094 |
| $Q_{h,b,WE}$              | kWh | 119   | 388   | 729   | 962   | 945   | 787   | 649   | 4.869  |
| $Q_T$                     | kWh | 849   | 1.506 | 2.142 | 2.632 | 2.619 | 2.259 | 2.135 | 17.664 |
| $Q_V$                     | kWh | 260   | 666   | 1.025 | 1.291 | 1.284 | 1.101 | 1.015 | 6.789  |
| $Q_S^*$                   | kWh | 350   | 227   | 106   | 60    | 94    | 138   | 316   | 3.640  |
| $Q_I^*$                   | kWh | 508   | 647   | 673   | 714   | 706   | 629   | 672   | 6.469  |

7.7 Summe Heizwärmebedarf  
( Ref-No 5.7.7 )

|                     | $Q_T$<br>kWh/a | $Q_V$<br>kWh/a | $Q_S^*$<br>kWh/a | $Q_I^*$<br>kWh/a | $Q_{h,b}$<br>kWh/a | $Q_{h,b}$<br>kWh/(m <sup>2</sup> a) |
|---------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------------------------|
| <1> Sanitärräume    | 8.008          | 4.266          | 2.128            | 1.292            | 10.666             | 69,4                                |
| <2> sonstige Aufent | 2.151          | 1.074          | 444              | 644              | 2.256              | 131,9                               |
| <3> Verkehrsflächen | 7.849          | 4.193          | 1.353            | 260              | 10.504             | 119,4                               |
| <4> Lager, Technik  | 7.184          | 5.657          | 432              | 82               | 12.328             | 104,9                               |
| <5> Turnhalle       | 30.074         | 29.521         | 11.498           | 6.802            | 42.009             | 107,7                               |
| <6> Schwimmhalle    | 17.664         | 6.789          | 3.641            | 6.469            | 15.962             | 62,1                                |
|                     | 72.930         | 51.500         | 19.495           | 15.548           | 93.725             | 91,6                                |

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

( Ref-No 5.9.0 )

### 9.1 Gewählte RLT-Anlagen

( Ref-No 5.9.1 )

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

| Zone                        | Feuchteanf. | No Anlage      | Komponenten      | $\theta_{\text{SUP, Jan}}$<br>$^\circ\text{C}$ |
|-----------------------------|-------------|----------------|------------------|------------------------------------------------|
| <1> Sanitärräume            | -           | 204 RLT-Anlage | VE rec75         | 18,3                                           |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | mT          | 204 RLT-Anlage | VE rec75         | 18,3                                           |
| <4> Lager, Technik          | -           | 204 RLT-Anlage | VE rec75         | 18,3                                           |
| <6> Schwimmhalle            | mT          | 218 RLT-Anlage | VE LH LBv rec75+ | 22,0                                           |

Zone <1> RLT-Anlage (204) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 2305 / 2305 \text{ m}^3/\text{h}$ , Konstantvolumenstrom, balanciert, rec75

Zone <2> RLT-Anlage (204) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 120 / 120 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <4> RLT-Anlage (204) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 18 / 18 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <6> RLT-Anlage (218) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 1800 / 1800 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec75+

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

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

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

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

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

### 9.2 Strombedarf der Ventilatoren

( Ref-No 5.9.2 )

|                             | $V_{\text{mech, m}}$<br>$\text{m}^3/\text{h}$ | $t_v \cdot d_v$<br>$\text{h/m}$ | $P_{V, \text{SUP}}$<br>$\text{kW}$ | $P_{V, \text{ETA}}$<br>$\text{kW}$ | $W_v, \text{Jan}$<br>$\text{kWh}$ |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <1> Sanitärräume            | 2305                                          | 276                             | 0,59                               | 0,46                               | 291                               |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | 120                                           | 276                             | 0,03                               | 0,02                               | 15                                |
| <4> Lager, Technik          | 18                                            | 276                             | 0,00                               | 0,00                               | 2                                 |
| <6> Schwimmhalle            | 1800                                          | 276                             | 0,46                               | 0,36                               | 227                               |

monatliche Werte  $W_v$  [kWh]

|                 | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| <1> Sanitärräum | 281 | 291 | 281 | 291 | 291 | 263 | 291 | 3.422 |
| <2> sonstige Au | 15  | 15  | 15  | 15  | 15  | 14  | 15  | 179   |
| <4> Lager, Tech | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 29    |
| <6> Schwimmhall | 220 | 227 | 220 | 227 | 227 | 205 | 227 | 2.675 |
|                 | 518 | 535 | 518 | 535 | 535 | 484 | 535 | 6.304 |

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

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

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

$W_v = \text{Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)}$

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

( Ref-No 5.9.3 )

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

|                  | $\theta_{HC}$<br>°C | $q_{H, 12h}$<br>Wh/m <sup>3</sup> | $f_H$ | $q_H$<br>Wh/m <sup>3</sup> | $Q_{V, H}$<br>kWh | $A_{K, A}$<br>m <sup>2</sup> |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|-------|----------------------------|-------------------|------------------------------|
| <6> Schwimmhalle | 23,4                | 695                               | 1,01  | 521                        | 938               | 0,0                          |

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

$\theta_{HC}$  = 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

( Ref-No 5.9.4 )

Zone <6> Schwimmhalle

|               |     | Sep | Okt | Nov | Dez   | Jan   | Feb | Mär | Jahr  |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| $Q_{V, H}$    | kWh | 128 | 246 | 658 | 951   | 938   | 790 | 677 | 5.841 |
| $t_{h^*, op}$ | h   | 27  | 28  | 27  | 28    | 28    | 25  | 28  | 325   |
| $Q_{h^*, b}$  | kWh | 141 | 270 | 724 | 1.046 | 1.031 | 870 | 745 | 6.425 |
|               |     | 141 | 270 | 724 | 1.046 | 1.031 | 870 | 745 | 6.425 |

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

|                 | Sep | Okt | Nov | Dez   | Jan   | Feb | Mär | Jahr  |
|-----------------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
| 3 Warmluftheizu | 141 | 270 | 724 | 1.046 | 1.031 | 870 | 745 | 6.425 |
|                 | 141 | 270 | 724 | 1.046 | 1.031 | 870 | 745 | 6.425 |

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

( Ref-No 5.9.5 )

nicht vorgesehen

#### 9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

( Ref-No 5.9.6 )

nicht vorgesehen

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

### 10.1 Tageslichtbereiche ( Ref-No 5.10.1 )

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (9), 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  | $E_m$<br>lx | $A_{TL}$<br>m <sup>2</sup> | $A_{RB}$<br>m <sup>2</sup> | Tageslicht | $C_{TL}$<br>% |
|-------------------|-------|-------------|----------------------------|----------------------------|------------|---------------|
| 1 A 0102 FAW N-W  | N-W 5 | 300         | 175,0                      | 47,8                       | mittel     | 86            |
| 2 A 0105 FAW S-O  | S-O 5 | 300         | 175,0                      | 66,4                       | gut        | 90            |
| 3 A 0204 FAW S-W  | S-W 2 | 300         | 18,9                       | 1,9                        | gering     | 59            |
| 4 A 0304 FAW S-W  | S-W 4 | 100         | 10,0                       | 1,0                        | gering     | 58            |
| 5 A 0902 FAW N-O  | N-O 4 | 100         | 15,6                       | 1,9                        | gering     | 55            |
| 6 A 1104 FAW S-W  | S-W 3 | 100         | 10,1                       | 5,0                        | gut        | 92            |
| 7 A 1602 FAW N-O  | N-O 2 | 300         | 22,9                       | 1,8                        | keine      | 41            |
| 8 A 1902 FAW N-W  | N-W 6 | 300         | 95,5                       | 45,8                       | gut        | 95            |
| 9 A 2102 FAW N-O  | N-O 4 | 100         | 10,1                       | 1,0                        | gering     | 46            |

#### tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

| Zone                     | $A_{NGF}$ [m <sup>2</sup> ] | $A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ] | $A_{KTL}$ [m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <1> Sanitärräume         | 154                         | –                          | 154                         |
| <2> sonstige Aufenthalts | 17                          | 17                         | –                           |
| <3> Verkehrsflächen      | 88                          | 10                         | 78                          |
| <4> Lager, Technik       | 118                         | 36                         | 82                          |
| <5> Turnhalle            | 390                         | 350                        | 40                          |
| <6> Schwimmhalle         | 257                         | 96                         | 162                         |

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

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

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

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

### 10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht ( Ref-No 5.10.2 )

| Bereich |   |      |         | CTL | CTL, kon | FTL | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun |
|---------|---|------|---------|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         |   |      |         |     |          |     | %   | %   | %   | %   | %   | %   |
| 1       | A | 0102 | FAW N-W | 5   | 86       | 55  | 60  | 54  | 50  | 47  | 45  | 44  |
| 2       | A | 0105 | FAW S-O | 5   | 90       | 60  | 54  | 48  | 43  | 40  | 38  | 37  |
| 3       | A | 0204 | FAW S-W | 2   | 59       | 50  | 75  | 72  | 69  | 67  | 66  | 66  |
| 4       | A | 0304 | FAW S-W | 4   | 58       | 50  | 75  | 72  | 69  | 67  | 66  | 66  |
| 5       | A | 0902 | FAW N-O | 4   | 55       | 50  | 76  | 73  | 71  | 69  | 68  | 68  |
| 6       | A | 1104 | FAW S-W | 3   | 92       | 60  | 53  | 47  | 42  | 39  | 36  | 36  |
| 7       | A | 1602 | FAW N-O | 2   | 41       | 50  | 83  | 80  | 78  | 77  | 76  | 76  |
| 8       | A | 1902 | FAW N-W | 6   | 95       | 60  | 52  | 45  | 40  | 36  | 34  | 34  |
| 9       | A | 2102 | FAW N-O | 4   | 46       | 50  | 80  | 78  | 76  | 74  | 73  | 73  |

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

FTL = max[1 - v<sub>Monat</sub> \* CTL \* CTL<sub>kon</sub>;0], Verteilungsschlüssel v<sub>Monat</sub> nach Tab.26 / 27

### 10.3 Kunstlichtversorgung ( Ref-No 5.10.3 )

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (14)  
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

| Bereich |                  |      |         | Zone | E <sub>m</sub><br>lx | Lampen | P <sub>j</sub><br>W/m² | f <sub>Prä</sub> | t <sub>T, TL</sub><br>h/m | t <sub>T, KTL</sub><br>h/a | t <sub>N</sub><br>h/a | Q <sub>l, b</sub><br>kWh/m |
|---------|------------------|------|---------|------|----------------------|--------|------------------------|------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1       | A                | 0102 | FAW N-W | 5    | 300                  | 9-1-1  | 3,7                    | 0,85             | 108                       | 2133                       | 1055                  | 127                        |
| 2       | A                | 0105 | FAW S-O | 5    | 300                  | 9-1-1  | 3,7                    | 0,85             | 98                        | 2133                       | 1055                  | 121                        |
| 3       | A                | 0204 | FAW S-W | 2    | 300                  | 9-1-1  | 4,0                    | 0,75             | 122                       | 1907                       | 155                   | 10                         |
| 4       | A                | 0304 | FAW S-W | 4    | 100                  | 9-1-1  | 2,6                    | 0,07             | 11                        | 175                        | 14                    | 0                          |
| 5       | A                | 0902 | FAW N-O | 4    | 100                  | 9-1-1  | 2,6                    | 0,07             | 11                        | 175                        | 14                    | 1                          |
| 6       | A                | 1104 | FAW S-W | 3    | 100                  | 9-1-1  | 1,8                    | 0,60             | 69                        | 1526                       | 124                   | 1                          |
| 7       | A                | 1602 | FAW N-O | 2    | 300                  | 9-1-1  | 4,0                    | 0,75             | 134                       | 1907                       | 155                   | 13                         |
| 8       | A                | 1902 | FAW N-W | 6    | 300                  | 9-1-1  | 4,0                    | 0,75             | 84                        | 1907                       | 155                   | 37                         |
| 9       | A                | 2102 | FAW N-O | 4    | 100                  | 9-1-1  | 2,6                    | 0,07             | 12                        | 175                        | 14                    | 0                          |
| 10      | Zone <1> ohne TL |      |         | 1    | 200                  | 9-1-1  | 3,6                    | 0,55             | 0                         | 1399                       | 114                   | 72                         |
| 11      | A in <3> ohne TL |      |         | 3    | 100                  | 9-1-1  | 1,8                    | 0,60             | 0                         | 1526                       | 124                   | 20                         |
| 12      | A in <4> ohne TL |      |         | 4    | 100                  | 9-1-1  | 2,6                    | 0,07             | 0                         | 175                        | 14                    | 3                          |
| 13      | A in <5> ohne TL |      |         | 5    | 300                  | 9-1-1  | 3,7                    | 0,85             | 0                         | 2133                       | 1055                  | 40                         |
| 14      | A in <6> ohne TL |      |         | 6    | 300                  | 9-1-1  | 4,0                    | 0,75             | 0                         | 1907                       | 155                   | 127                        |

572

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A<sub>KL</sub> = 1.069 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

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

| Zone           | Sep<br>kWh | Okt<br>kWh | Nov<br>kWh | Dez<br>kWh | Jan<br>kWh | Feb<br>kWh | Mär<br>kWh | Jahr<br>kWh |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <1> Sanitärräu | 69         | 72         | 69         | 72         | 72         | 65         | 72         | 843         |
| <2> sonstige A | 22         | 23         | 23         | 25         | 24         | 20         | 22         | 265         |
| <3> Verkehrsfl | 20         | 21         | 21         | 22         | 21         | 19         | 21         | 248         |
| <4> Lager, Tec | 5          | 5          | 5          | 5          | 5          | 4          | 5          | 55          |
| <5> Turnhalle  | 257        | 277        | 283        | 310        | 288        | 247        | 263        | 3.174       |
| <6> Schwimmhal | 152        | 161        | 160        | 170        | 164        | 144        | 156        | 1.865       |
|                | 524        | 558        | 560        | 603        | 573        | 500        | 539        | 6.449       |

$p_j$  = 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 =  $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$  (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) ( Ref-No 5.11.0 )

### 11.1 Kühlenergiebedarf ( Ref-No 5.11.1 )

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)  
Betrachtungsmontat Juli

| Zone                         | Q <sub>sink</sub> | Q <sub>source</sub> | γ     | c <sub>wirk</sub> | τ     | η     |
|------------------------------|-------------------|---------------------|-------|-------------------|-------|-------|
| <1> Sanitärräume             | 11                | 20                  | 1,850 | 50,000            | 13,40 | 0,443 |
| <2> sonstige Aufenthaltsräum | 3                 | 6                   | 2,241 | 50,000            | 14,70 | 0,388 |
| <3> Verkehrsflächen          | 10                | 7                   | 0,712 | 50,000            | 33,16 | 0,864 |
| <4> Lager, Technik           | 10                | 2                   | 0,220 | 50,000            | 40,66 | 0,996 |
| <5> Turnhalle                | 60                | 118                 | 1,975 | 50,000            | 23,50 | 0,455 |
| <6> Schwimmhalle             | 23                | 60                  | 2,622 | 50,000            | 19,83 | 0,353 |

#### Kühlenergiebedarf

| Zone                           | Dez<br>kWh | Jan<br>kWh | Feb<br>kWh | Mär<br>kWh | Apr<br>kWh | Mai<br>kWh | Jun<br>kWh | Jahr<br>kWh |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| ⇒ Q <sub>C,b</sub> (Raumklima) |            |            |            |            |            |            |            |             |
| <1> Sanitärräu                 | 1          | 2          | 2          | 9          | 51         | 198        | 400        | 1.911       |
| <2> sonstige A                 | 3          | 3          | 3          | 7          | 19         | 43         | 67         | 373         |
| <3> Verkehrsfl                 | -          | -          | -          | -          | 1          | 3          | 8          | 45          |
| <4> Lager, Tec                 | -          | -          | -          | -          | -          | -          | 0          | 0           |
| <5> Turnhalle                  | 5          | 11         | 9          | 43         | 235        | 537        | 937        | 4.652       |
| <6> Schwimmhal                 | 27         | 30         | 32         | 69         | 196        | 493        | 838        | 4.281       |

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme 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> ( Ref-No 5.11.2 )

Q<sub>C,max</sub> nach DIN V 18599-2, Anhang C

| Zone                        | t <sub>C,op,d</sub><br>h/d | Q <sub>C,max, Juli</sub><br>kW | Q <sub>C,max, Sept</sub><br>kW | techn.<br>gekühlt |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| <1> Sanitärräume            | 13                         | 3,1                            | 0,8                            | nein              |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | 13                         | 0,8                            | 0,5                            | nein              |
| <3> Verkehrsflächen         | 13                         | 1,4                            | 0,8                            | nein              |
| <4> Lager, Technik          | 13                         | 0,5                            | -0,3                           | nein              |
| <5> Turnhalle               | 17                         | 20,7                           | 15,9                           | nein              |
| <6> Schwimmhalle            | 13                         | 9,2                            | 4,5                            | nein              |
|                             |                            | 35,7                           | 22,2                           |                   |

Q<sub>C,max</sub> = 0.8 \* (Q<sub>source</sub> - Q<sub>sink</sub>) \* (1 + 0.3 \* EXP(-τ/120)) - c<sub>wirk</sub>/60 \* (Δθ - 2) + c<sub>wirk</sub>/40 \* (12 / t<sub>C</sub> - 1) (T2, C.1)  
mit t<sub>C,op,d</sub> = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und Δθ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

## 12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8) ( Ref-No 5.12.0 )

### 12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser ( Ref-No 5.12.1 )

| Zone                 | Nutzung         | $q_{w,b}$<br>kWh/d je | Menge | $Q_{w,b, Jan}$<br>kWh/M |
|----------------------|-----------------|-----------------------|-------|-------------------------|
| <1> Sanitärräume     | Sportanlage mit | 1,800 Person          | 80    | 3.058 a                 |
| <2> sonstige Aufenth | nicht relevant  |                       |       | -                       |
| <3> Verkehrsflächen  | nicht relevant  |                       |       | -                       |
| <4> Lager, Technik   | nicht relevant  |                       |       | -                       |
| <5> Turnhalle        | nicht relevant  |                       |       | -                       |
| <6> Schwimmhalle     | nicht relevant  |                       |       | -                       |

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

a)

### 12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme ( Ref-No 5.12.2 )

| Versorgungsbereich       | Zonen (n) | $f_{zapf}$ | $Q_{w,b}$<br>kWh/Jahr |
|--------------------------|-----------|------------|-----------------------|
| 1 zentrale WW-Versorgung | 1/        | 1,00       | 36.000                |
| 2                        |           |            |                       |

### 12.3 Verteilungsnetze ( Ref-No 5.12.3 )

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

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

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

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

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom  $V = 0,10$  m<sup>3</sup>/h,  $\Delta p = 15,6$  kPa,  $P_{hydr} = 0,454$  kPa\*m<sup>3</sup>/h,  $e_{w,d,aux} = 25,1$

Elektrische Leistungsaufnahme  $P_p$  = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

|                                       | Verteilung (V) |     |     |     | Stränge (S)  |     | Stichtlg. (St) |      |
|---------------------------------------|----------------|-----|-----|-----|--------------|-----|----------------|------|
| (1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1 |                |     |     |     |              |     |                |      |
| Leitungslängen $l_i$                  | 37 m           |     |     |     | 3 m          |     | 44 m           |      |
| Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$      | 0,200 W/(mK)   |     |     |     | 0,255 W/(mK) |     | 0,255 W/(mK)   |      |
| Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$  | 34,5 °C        |     |     |     | 32,9 °C      |     | 32,9 °C        |      |
| Umgebungstemperatur $\theta_{I, Jan}$ | 13,0 °C        |     |     |     | 19,9 °C      |     | 19,9 °C        |      |
| Monat                                 | Sep            | Okt | Nov | Dez | Jan          | Feb | Mär            | Jahr |

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

|           |     |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{w,b}$ | kWh | 2.959 | 3.058 | 2.959 | 3.058 | 3.058 | 2.762 | 3.058 | 36.000 |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

|             |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| $Q_{w,d,V}$ | kWh | 192 | 198 | 192 | 198 | 198 | 179 | 198 | 2.337 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|

|             |     |    |    |    |    |    |    |    |     |
|-------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| $Q_{w,d,S}$ | kWh | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 | 17 | 200 |
|-------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

|              |     |    |    |    |    |    |    |    |     |
|--------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| $Q_{w,d,St}$ | kWh | 68 | 71 | 71 | 74 | 74 | 67 | 73 | 840 |
|--------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

|           |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| $Q_{w,d}$ | kWh | 276 | 287 | 279 | 290 | 290 | 262 | 289 | 3.377 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|

|           |     |   |   |   |   |   |   |   |    |
|-----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| $W_{w,d}$ | kWh | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 31 |
|-----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|----|

|             |     |    |    |    |    |    |    |    |       |
|-------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| $Q_{I,w,d}$ | kWh | 84 | 88 | 87 | 91 | 91 | 82 | 90 | 1.040 |
|-------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-------|

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

(Ref-No 5.12.4)

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

indirekt beheizter Speicher, bivalent mit Solarteil, Speichervolumen  $V_{aux} = 1.000$ ,  $V_{sol} = 600$  Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust  $Q_{s,P0,day} = 1,6$  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  $P_p = 52$  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 | 3.235 | 3.344 | 3.238 | 3.347 | 3.347 | 3.023 | 3.346 | 39.377 |
|--------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

|           |     |    |    |    |    |    |    |    |     |
|-----------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| $Q_{w,s}$ | kWh | 38 | 39 | 38 | 39 | 39 | 35 | 39 | 423 |
|-----------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

|           |     |   |   |   |   |   |   |   |    |
|-----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| $W_{w,s}$ | kWh | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 8 | 96 |
|-----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|----|

## 12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

(Ref-No 5.12.5)

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

Solaranlage (1) Flachkollektor A (selektiv), Klimaregion 4

Kollektoren mit Apertur  $A_C = 150,0$  m², Orientierung = Süd -22,5 °, Neigung zur Horizontalen = 10,0 °

Solarspeicher mit  $V_{sol} = 600$  und  $V_{aux} = 1.000$  Liter

Energieertrag der thermischen Solaranlage nach T8, Abs. 6.4.3 = 26.238 kWh/a (Klimaregion 4

Potsdam (Deutschland)), davon nutzbar 21.018 kWh/a für Warmwasser (Deckungsanteil 48,5%),

Korrekturen für abweichende Kollektor- / Speichergröße nach Gl.67 mit  $A_{C,Soll} = 138,51$  m² und

$V_{Soll} = 3575 + 2793$  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 | 2.281 | 1.246 | - | - | - | 10 | 828 | 21.018 |
|-------------|-----|-------|-------|---|---|---|----|-----|--------|

|             |     |    |    |   |   |   |   |    |     |
|-------------|-----|----|----|---|---|---|---|----|-----|
| $W_{w,gen}$ | kWh | 57 | 31 | - | - | - | 0 | 21 | 525 |
|-------------|-----|----|----|---|---|---|---|----|-----|

## 12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung ( Ref-No 5.12.6 )

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

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

|               |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
|---------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{w, outg}$ | kWh | 992 | 2.137 | 3.276 | 3.386 | 3.386 | 3.049 | 2.557 | 18.783 |
|---------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

## 12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung ( Ref-No 5.12.7 )

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

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 83,0 kW  
Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d, Vorrangschaltung für WW

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

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

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

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

Jahresarbeitszahl  $SPF_{w, gen, a} = 18783 / (8249 + 0 + 0) = 2,28$  (Gl.89)

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

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

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

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

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

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1, Jahresarbeitszahl<sub>WW</sub> = 2,28

|               |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
|---------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{w, outg}$ | kWh | 992 | 2.137 | 3.276 | 3.386 | 3.386 | 3.049 | 2.557 | 18.783 |
|---------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

|     |  |      |      |      |      |      |      |      |  |
|-----|--|------|------|------|------|------|------|------|--|
| COP |  | 3,41 | 2,87 | 2,31 | 2,08 | 2,08 | 2,10 | 2,36 |  |
|-----|--|------|------|------|------|------|------|------|--|

|              |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| $t_{w, gen}$ | h/d | 0,5 | 1,2 | 2,2 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 1,6 |  |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|

|            |     |     |     |       |       |       |       |       |       |
|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Q_{w, f}$ | kWh | 291 | 746 | 1.421 | 1.629 | 1.628 | 1.453 | 1.081 | 8.249 |
|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|             |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
|-------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{w, in}$ | kWh | 701 | 1.391 | 1.855 | 1.757 | 1.758 | 1.596 | 1.476 | 10.533 |
|-------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

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

## 12.8 Wärmeerzeugung ( Ref-No 5.12.8 )

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht vorgesehen

## 12.9 Endenergie Warmwasserbereitung ( Ref-No 5.12.9 )

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

|               |     |       |       |       |       |       |       |       |        |
|---------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{w, outg}$ | kWh | 3.272 | 3.383 | 3.276 | 3.386 | 3.386 | 3.058 | 3.385 | 39.800 |
|---------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

|            |     |     |     |       |       |       |       |       |       |
|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Q_{w, f}$ | kWh | 291 | 746 | 1.421 | 1.630 | 1.628 | 1.453 | 1.081 | 8.249 |
|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|            |     |    |    |    |    |    |    |    |     |
|------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| $W_{w, f}$ | kWh | 67 | 42 | 10 | 11 | 11 | 10 | 31 | 653 |
|------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

|       |     |       |       |   |   |   |    |     |        |
|-------|-----|-------|-------|---|---|---|----|-----|--------|
| solar | kWh | 2.281 | 1.246 | - | - | - | 10 | 828 | 21.018 |
|-------|-----|-------|-------|---|---|---|----|-----|--------|

|           |     |     |     |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Strom-Mix | kWh | 291 | 746 | 1.421 | 1.630 | 1.628 | 1.453 | 1.081 | 8.249 |
|-----------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|                 |       |     |     |     |     |     |     |     |  |
|-----------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| $Q_{I, w, <1>}$ | kWh/d | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |  |
|-----------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|

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

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

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

### 13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5) ( Ref-No 5.13.0 )

#### 13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$ ( Ref-No 5.13.1 )

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

| Zone                        | $Q_{T,max}$<br>kW | $Q_{V,max}$<br>kW | $V_{mech}$<br>$\text{m}^3/\text{h}$ | $Q_{V,mech}$<br>kW | $\Phi_{h,max}$<br>kW |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|----------------------|
| <1> Sanitärräume            | 2,8               | 1,0               | 2306                                | 6,3                | 10,1                 |
| <2> sonstige Aufenthaltsräu | 0,8               | 0,2               | 119                                 | 0,3                | 1,3                  |
| <3> Verkehrsflächen         | 2,8               | 0,7               | 0                                   | 0,0                | 3,5                  |
| <4> Lager, Technik          | 2,5               | 1,0               | 17                                  | 0,0                | 3,6                  |
| <5> Turnhalle               | 12,7              | 6,9               | 0                                   | 0,0                | 19,6                 |
| <6> Schwimmhalle            | 6,2               | 2,0               | 1802                                | 4,9                | 13,1                 |

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

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

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

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

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

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

#### 13.2 Eingesetzte Heizsysteme ( Ref-No 5.13.2 )

| Anlage                          | Versorgungsbereich | Zone (n) | $Q_{h,b}$<br>kWh/Jahr | $\Phi_{h,max}$<br>kW | $Q_{N,h}$<br>kW |
|---------------------------------|--------------------|----------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| 1 Fußbodenheizung Nasssystem    |                    | 1/2/3/4/ | 35.754                | 18,4                 | 11,3            |
| 2 Fußbodenheizung Trockensystem |                    | 5/       | 42.009                | 19,6                 | 18,1            |
| 3 Warmluftheizung Umluftheizung |                    | 6/       | 22.388                | 13,1                 | 6,5             |
| 4                               |                    |          |                       |                      |                 |

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

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

<3> Raumtemperaturregelung hohe Qualität

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

#### Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

| Monat            |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{h,b}, <1>$   | kWh | 1.067 | 2.967 | 4.914 | 6.270 | 6.162 | 5.256 | 4.593 | 35.754 |
| $Q_{h,b}, <2>$   | kWh | 587   | 3.024 | 6.427 | 8.492 | 8.092 | 6.922 | 5.449 | 42.009 |
| $Q_{h,b}, <3>$   | kWh | 252   | 1.298 | 2.388 | 3.150 | 3.104 | 2.593 | 2.162 | 15.963 |
| $Q_{h^*,b}, <3>$ | kWh | 141   | 270   | 724   | 1.046 | 1.031 | 870   | 745   | 6.425  |

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

### 13.3 Heizzeiten ( Ref-No 5.13.3 )

#### (1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone <1> Sanitärräume

| Monat            |     | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| $t_h <1>$        | h/m | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 672 | 744 | 8.760 |
| $t_{h,rL,d} <1>$ | h/d | 13  | 13  | 16  | 18  | 17  | 17  | 16  |       |
| $d_{h,rB} <1>$   | d/m | 21  | 23  | 24  | 26  | 26  | 23  | 25  | 277   |
| $t_{h,rL} <1>$   | h/m | 270 | 308 | 389 | 462 | 460 | 400 | 391 | 4.081 |

#### (2) Bereich "Fußbodenheizung Trockensystem", Leitzone <5> Turnhalle

| Monat            |     | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| $t_h <5>$        | h/m | 540 | 744 | 720 | 744 | 744 | 672 | 744 | 6.232 |
| $t_{h,rL,d} <5>$ | h/d | 17  | 17  | 19  | 20  | 20  | 20  | 19  |       |
| $d_{h,rB} <5>$   | d/m | 16  | 23  | 24  | 26  | 26  | 23  | 25  | 204   |
| $t_{h,rL} <5>$   | h/m | 265 | 398 | 460 | 524 | 522 | 459 | 467 | 3.782 |

#### (3) Bereich "Warmluftheizung Umluftheizung", Leitzone <6> Schwimmhalle

| Monat            |     | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| $t_h <6>$        | h/m | 644 | 744 | 720 | 744 | 744 | 672 | 744 | 7.410 |
| $t_{h,rL,d} <6>$ | h/d | 13  | 13  | 16  | 18  | 17  | 17  | 16  |       |
| $d_{h,rB} <6>$   | d/m | 19  | 23  | 24  | 26  | 26  | 23  | 25  | 238   |
| $t_{h,rL} <6>$   | h/m | 242 | 308 | 389 | 462 | 460 | 400 | 391 | 3.578 |

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

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

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

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

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

### 13.4 Heizwärmeübergabe ( Ref-No 5.13.4 )

#### (1) Fußbodenheizung Nasssystem

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

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

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (15,1%)

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

#### (2) Fußbodenheizung Trockensystem

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

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta \vartheta_{ce} = 0 + 1,2 + (0,4 + 0,5) / 2 + 0 + 0,2 + 0 = 1,85^\circ K$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (13,6%)

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

#### (3) Warmluftheizung Umluftheizung

Raumtemperaturregelung hohe Qualität

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta \vartheta_{ce} = 1,3 = 1,30^\circ K$  (T5 Gl.35)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) (8,3\%)}$$

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

| Monat                                    |     | Sep   | Okt   | Nov    | Dez    | Jan    | Feb    | Mär    | Jahr    |
|------------------------------------------|-----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| <b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b>    |     |       |       |        |        |        |        |        |         |
| $Q_{h,b}$                                | kWh | 1.067 | 2.967 | 4.914  | 6.270  | 6.162  | 5.256  | 4.593  | 35.754  |
| $Q_{h,ce}$                               | kWh | 338   | 547   | 616    | 661    | 653    | 583    | 597    | 5.415   |
| <b>(2) Fußbodenheizung Trockensystem</b> |     |       |       |        |        |        |        |        |         |
| $Q_{h,b}$                                | kWh | 587   | 3.024 | 6.427  | 8.492  | 8.092  | 6.922  | 5.449  | 42.009  |
| $Q_{h,ce}$                               | kWh | 239   | 610   | 827    | 899    | 861    | 776    | 730    | 5.733   |
| <b>(3) Warmluftheizung Umluftheizung</b> |     |       |       |        |        |        |        |        |         |
| $Q_{h,b}$                                | kWh | 252   | 1.298 | 2.388  | 3.150  | 3.104  | 2.593  | 2.162  | 15.963  |
| $Q_{h,ce}$                               | kWh | 52    | 155   | 194    | 216    | 213    | 187    | 182    | 1.320   |
| $\Sigma Q_{h,b+ce}$                      | kWh | 2.534 | 8.600 | 15.366 | 19.687 | 19.086 | 16.318 | 13.714 | 106.194 |

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 ( Ref-No 5.13.5 )

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3  
Hilfsenergiebedarf  $W_{h,d}$  der Heizungspumpe

#### (1) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2  
Etagenverteilttyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 376,3$   
 $m^2$ , Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.  
Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\vartheta_{VA} = 35^\circ C / \vartheta_{RA} = 28^\circ C$ ,  $T_{i,Soll,<1>} = 21,0^\circ C$   
Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

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

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

Heizungspumpe,  $P_{Pumpe}$  unbekannt

#### (2) Fußbodenheizung Trockensystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2  
Etagenverteilttyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 390,0$   
 $m^2$ , Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.  
Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\vartheta_{VA} = 35^\circ C / \vartheta_{RA} = 28^\circ C$ ,  $T_{i,Soll,<5>} = 19,0^\circ C$   
Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

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

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

Heizungspumpe,  $P_{Pumpe}$  unbekannt

(3) Warmluftheizung Umluftheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 4 Strahlungs- / Luftheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{\text{Nutz,Heizbereich}} = 257,2 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

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

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

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 14 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,  $P_{\text{Pumpe}}$  unbekannt

|                                             | Verteilung (V) | Stränge (S)  | Anbindung (A) |
|---------------------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| <b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b>       |                |              |               |
| Leitungslängen $l_i$                        | 194,9 m        | 19,1 m       | - m           |
| Wärmedurchgangszahlen $U_i$                 | 0,200 W/(mK)   | 0,255 W/(mK) | 0,255 W/(mK)  |
| Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I,i}}$ | 13,0 °C        | 20,0 °C      | 20,0 °C       |
| <b>(2) Fußbodenheizung Trockensystem</b>    |                |              |               |
| Leitungslängen $l_i$                        | 201,8 m        | 19,5 m       | - m           |
| Wärmedurchgangszahlen $U_i$                 | 0,200 W/(mK)   | 0,255 W/(mK) | 0,255 W/(mK)  |
| Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I,i}}$ | 13,0 °C        | 20,0 °C      | 20,0 °C       |
| <b>(3) Warmluftheizung Umluftheizung</b>    |                |              |               |
| Leitungslängen $l_i$                        | 46,8 m         | 0,3 m        | 25,1 m        |
| Wärmedurchgangszahlen $U_i$                 | 0,200 W/(mK)   | 0,255 W/(mK) | 0,255 W/(mK)  |
| Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I,i}}$ | 13,0 °C        | 20,0 °C      | 20,0 °C       |

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

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

| Monat                                 | Sep  | Okt  | Nov  | Dez  | Jan  | Feb  | Mär  | Jahr  |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b> |      |      |      |      |      |      |      |       |
| $\beta_{\text{h,d}}$                  | 0,11 | 0,26 | 0,42 | 0,51 | 0,50 | 0,47 | 0,38 |       |
| $\theta_{\text{VL,av}}$ °C            | 22,8 | 25,1 | 27,3 | 28,5 | 28,4 | 28,1 | 26,8 |       |
| $\theta_{\text{RL,av}}$ °C            | 21,9 | 23,0 | 24,2 | 24,8 | 24,7 | 24,5 | 23,9 |       |
| $Q_{\text{h,d}}$ kWh                  | 102  | 139  | 204  | 261  | 258  | 220  | 198  | 1.519 |
| $W_{\text{h,d}}$ kWh                  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -     |
| $Q_{\text{l,h,d}}$ kWh                | 3    | 6    | 11   | 15   | 15   | 12   | 10   | 87    |

Leitungsverluste  $Q_{\text{h,d}} = 1,4 \%$ , unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{\text{l,h,d}} = 0,1 \%$

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

|                                          |      |      |      |      |      |      |      |       |
|------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <b>(2) Fußbodenheizung Trockensystem</b> |      |      |      |      |      |      |      |       |
| $\beta_{\text{h,d}}$                     | 0,08 | 0,25 | 0,51 | 0,64 | 0,61 | 0,58 | 0,42 |       |
| $\theta_{\text{VL,av}}$ °C               | 20,6 | 23,5 | 27,7 | 29,7 | 29,3 | 28,8 | 26,3 |       |
| $\theta_{\text{RL,av}}$ °C               | 19,9 | 21,5 | 23,9 | 25,0 | 24,8 | 24,5 | 23,1 |       |
| $Q_{\text{h,d}}$ kWh                     | 78   | 158  | 251  | 323  | 314  | 269  | 232  | 1.765 |
| $W_{\text{h,d}}$ kWh                     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -     |
| $Q_{\text{l,h,d}}$ kWh                   | 0    | 5    | 13   | 19   | 18   | 15   | 11   | 87    |

Leitungsverluste  $Q_{\text{h,d}} = 1,7 \%$ , unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{\text{l,h,d}} = 0,1 \%$

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

(3) Warmluftheizung Umluftheizung

|                  |    |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|
| $\beta_{h,d}$    |    | 0,04 | 0,15 | 0,27 | 0,35 | 0,34 | 0,32 | 0,24 |
| $\theta_{VL,av}$ | °C | 21,7 | 23,5 | 25,3 | 26,3 | 26,3 | 25,9 | 24,8 |
| $\theta_{RL,av}$ | °C | 21,3 | 22,2 | 23,2 | 23,7 | 23,6 | 23,5 | 22,9 |

|             |     |    |    |    |    |    |    |    |     |
|-------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| $Q_{h,d}$   | kWh | 22 | 34 | 51 | 67 | 66 | 56 | 50 | 377 |
| $W_{h,d}$   | kWh | –  | –  | –  | –  | –  | –  | –  | –   |
| $Q_{I,h,d}$ | kWh | 2  | 6  | 11 | 15 | 15 | 12 | 10 | 79  |

Leitungsverluste  $Q_{h,d} = 0,4 \%$ , unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{l,h,d} = 0,1 \%$

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

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

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

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

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(Ref-No 5.13.6)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

| Monat       |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|-------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{h,out}$ | kWh | 1.507 | 3.652 | 5.734 | 7.192 | 7.073 | 6.059 | 5.389 | 42.688 |

(2) Fußbodenheizung Trockensystem

| Monat       |     | Sep | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|-------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{h,out}$ | kWh | 903 | 3.792 | 7.505 | 9.714 | 9.267 | 7.967 | 6.411 | 49.507 |

(3) Warmluftheizung Umluftheizung

| Monat         |     | Sep | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{h,out}^*$ | kWh | 466 | 1.758 | 3.358 | 4.479 | 4.414 | 3.706 | 3.139 | 24.085 |

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$  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

(Ref-No 5.13.7)

Heizbereiche (1) (2) (3)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt  $V = 2000$  l, Umgebungstemperatur  $\theta_u = 13,0$  °C

Bereitschaftswärmeverlust  $q_{B,S} = 9,4$  kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung  $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme  $P_{Pumpe} = 51$  W

(2) Fußbodenheizung Trockensystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt  $V = 2000$  l, Umgebungstemperatur  $\theta_u = 13,0$  °C

Bereitschaftswärmeverlust  $q_{B,S} = 9,4$  kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung  $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme  $P_{Pumpe} = 52$  W

### (3) Warmluftheizung Umluftheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt  $V = 2000 \text{ l}$ , Umgebungstemperatur  $\theta_u = 13,0 \text{ °C}$

Bereitschaftswärmeverlust  $q_{B,S} = 9,4 \text{ kWh/d}$ , Faktor für die Verbindungsleitung  $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme  $P_{Pumpe} = 48 \text{ W}$

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

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

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

#### (1) Fußbodenheizung Nasssystem

| Monat          |     | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| $\theta_{h,s}$ | °C  | 22  | 24  | 26  | 27  | 27  | 26  | 25  |      |
| $Q_{h,s}$      | kWh | 71  | 86  | 97  | 107 | 106 | 94  | 97  | 739  |
| $W_{h,s}$      | kWh | 4   | 10  | 16  | 20  | 20  | 17  | 15  | 116  |

#### (2) Fußbodenheizung Trockensystem

| Monat          |     | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| $\theta_{h,s}$ | °C  | 20  | 23  | 26  | 28  | 27  | 27  | 25  |      |
| $Q_{h,s}$      | kWh | 55  | 75  | 98  | 113 | 110 | 97  | 92  | 706  |
| $W_{h,s}$      | kWh | 3   | 10  | 20  | 26  | 25  | 21  | 17  | 136  |

#### (3) Warmluftheizung Umluftheizung

| Monat          |     | Sep | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | Mär | Jahr |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| $\theta_{h,s}$ | °C  | 22  | 23  | 25  | 26  | 26  | 26  | 25  |      |
| $Q_{h,s}$      | kWh | 66  | 79  | 91  | 102 | 101 | 89  | 91  | 693  |
| $W_{h,s}$      | kWh | 2   | 6   | 12  | 16  | 16  | 14  | 11  | 92   |

### 13.8 solare Heizungsunterstützung

( Ref-No 5.13.8 )

nicht vorgesehen

### 13.9 Heizungswärmepumpen

( Ref-No 5.13.9 )

Heizbereiche (1) (2) (3)

#### (1) Fußbodenheizung Nasssystem

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010

für Heizung und WW, 83,0 kW, modulierend

Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

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

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

(Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert, untere

Einsatzgrenze -22,0°C, Parallelbetrieb bei  $\theta_e < \theta_{Bivalenz}$  (-15°C)

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

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

#### (2) Fußbodenheizung Trockensystem

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010

für Heizung und WW, 83,0 kW, modulierend

Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

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

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

(Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert, untere

Einsatzgrenze -22,0°C, Parallelbetrieb bei  $\theta_e < \theta_{\text{Bivalenz}} (-15^\circ\text{C})$

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

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

(3) Warmluftheizung Umluftheizung

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010

für Heizung und WW, 83,0 kW, modulierend

Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

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

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

(Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert, untere

Einsatzgrenze -22,0°C, Parallelbetrieb bei  $\theta_e < \theta_{\text{Bivalenz}} (-15^\circ\text{C})$

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

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

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

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

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

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

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

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl<sub>HZg</sub> = 3,13

| Monat                |     | Sep   | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|----------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{h, \text{outg}}$ | kWh | 1.577 | 3.738 | 5.830 | 7.299 | 7.180 | 6.153 | 5.485 | 43.427 |
| COP                  |     | 4,12  | 3,53  | 3,23  | 3,01  | 3,03  | 3,04  | 3,24  |        |
| $t_{ON, g, d}$       | h/d | 0,6   | 1,5   | 2,7   | 3,5   | 3,4   | 3,2   | 2,4   |        |
| $Q_{h, f}$           | kWh | 448   | 1.127 | 1.855 | 2.417 | 2.376 | 2.045 | 1.757 | 13.861 |
| $Q_{h, in}$          | kWh | 1.129 | 2.611 | 3.975 | 4.882 | 4.804 | 4.108 | 3.729 | 29.567 |

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl<sub>HZg</sub> = 3,11

| Monat                |     | Sep  | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|----------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{h, \text{outg}}$ | kWh | 958  | 3.867 | 7.603 | 9.827 | 9.378 | 8.064 | 6.504 | 50.213 |
| COP                  |     | 4,12 | 3,53  | 3,23  | 3,01  | 3,03  | 3,04  | 3,24  |        |
| $t_{ON, g, d}$       | h/d | 0,4  | 1,6   | 3,5   | 4,7   | 4,5   | 4,2   | 2,9   |        |
| $Q_{h, f}$           | kWh | 272  | 1.166 | 2.414 | 3.239 | 3.077 | 2.666 | 2.080 | 16.128 |
| $Q_{h, in}$          | kWh | 686  | 2.701 | 5.189 | 6.588 | 6.300 | 5.398 | 4.424 | 34.085 |

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl<sub>HZg</sub> = 3,06

| Monat                |     | Sep  | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|----------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{h, \text{outg}}$ | kWh | 531  | 1.837 | 3.448 | 4.580 | 4.516 | 3.795 | 3.229 | 24.779 |
| COP                  |     | 4,12 | 3,53  | 3,23  | 3,01  | 3,03  | 3,04  | 3,24  |        |
| $t_{ON, g, d}$       | h/d | 0,2  | 0,8   | 1,6   | 2,2   | 2,2   | 2,0   | 1,4   |        |
| $Q_{h, f}$           | kWh | 151  | 554   | 1.107 | 1.562 | 1.547 | 1.287 | 1.044 | 8.099  |
| $Q_{h, in}$          | kWh | 380  | 1.283 | 2.342 | 3.018 | 2.969 | 2.508 | 2.186 | 16.680 |

### 13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

( Ref-No 5.13.10 )

Heizbereiche (1) (2) (3)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 1/2/3/4 ( $A_{NGF} = 376 \text{ m}^2$ )

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

(2) "Fußbodenheizung Trockensystem", Zonen 5 ( $A_{NGF} = 390 \text{ m}^2$ )

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

(3) "Warmluftheizung Umluftheizung", Zonen 6 ( $A_{NGF} = 257 \text{ m}^2$ )

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

### 13.11 Endenergie Heizwärme ( Ref-No 5.13.11 )

| Monat         |       | Sep | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mär   | Jahr   |
|---------------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $Q_{h,f}$     | kWh   | 872 | 2.846 | 5.376 | 7.218 | 7.001 | 5.998 | 4.880 | 38.087 |
| $W_h$         | kWh   | 9   | 27    | 48    | 62    | 60    | 52    | 43    | 344    |
| Strom-Mix     | kWh   | 872 | 2.846 | 5.376 | 7.218 | 7.001 | 5.998 | 4.880 | 38.087 |
| $Q_{I,h,<1>}$ | kWh/d | 0,0 | 0,1   | 0,1   | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,1   |        |
| $Q_{I,h,<2>}$ | kWh/d | 0,0 | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |        |
| $Q_{I,h,<3>}$ | kWh/d | 0,0 | 0,0   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   |        |
| $Q_{I,h,<4>}$ | kWh/d | 0,0 | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1   |        |
| $Q_{I,h,<5>}$ | kWh/d | 0,0 | 0,2   | 0,4   | 0,6   | 0,6   | 0,5   | 0,4   |        |
| $Q_{I,h,<6>}$ | kWh/d | 0,1 | 0,2   | 0,4   | 0,5   | 0,5   | 0,4   | 0,3   |        |

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

#### 14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1) ( Ref-No 5.14.0 )

##### 14.1 Stromerzeugende Systeme ( Ref-No 5.14.1 )

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

##### 14.2 Energiebedarf nach Energieträgern ( Ref-No 5.14.2 )

| Energieträger       | Prozessbereich | Zonen | Endenergie<br>kWh/a | $f_P$ | $f_{HS/Hi}$ | $Q_P$<br>kWh/a |
|---------------------|----------------|-------|---------------------|-------|-------------|----------------|
| solar               | Warmwasser     |       | 21.018              | 0,00  | 1,00        | -              |
| Strom-Mix           | Warmwasser     | 1/    | 8.249               | 1,80  | 1,00        | 14.849         |
| Strom-Mix           | Heizwärme      | *     | 38.087              | 1,80  | 1,00        | 68.557         |
| Strom-Mix           | Beleuchtung    | **    | 6.449               | 1,80  | 1,00        | 11.608         |
| Strom-Mix           | Hilfsenergie   |       | 7.301               | 1,80  | 1,00        | 13.141         |
| $\Sigma$ [kWh/Jahr] |                |       | 81.104              |       |             | 108.155        |

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf  $q_P = 108.155 / 1.024 = 105,7$  kWh/(m²a) ( $\Sigma A_{NGF} = 1.024$  m²)

Endenergie brennwertbezogen = 81.104 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 7,1 kWh/(m²a), solar 20,5 kWh/(m²a), Strom-Mix 51,6 kWh/(m²a)

##### Treibhausgasemissionen (CO2)

| Energieträger | Endenergie<br>kWh/a | Emissionsfaktor<br>g CO2/kWh | Emissionen<br>kg/a | kg/ (m²a) |
|---------------|---------------------|------------------------------|--------------------|-----------|
| solar         | 21.018              |                              | -                  |           |
| Strom-Mix     | 8.249               | 560                          | 4.620              |           |
| Strom-Mix     | 38.087              | 560                          | 21.329             |           |
| Strom-Mix     | 6.449               | 560                          | 3.612              |           |
| Strom-Mix     | 7.301               | 560                          | 4.088              |           |
| 81.104        |                     |                              | 33.648             | 32,9      |

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

#### 14.3 Endenergiebedarf nach Zonen ( Ref-No 5.14.3 )

| siehe Abschnitt   |                | RLT<br>9 | Beleucht.<br>10 | Klima<br>11 | Warmwasser<br>12 | Heizung<br>13 | Summe  |
|-------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|------------------|---------------|--------|
| Zone              | m <sup>2</sup> | kWh/a    | kWh/a           | kWh/a       | kWh/a            | kWh/a         | kWh/a  |
| <1> Sanitärräume  | 154            | -        | 843             | -           | 29.267           | 4.135         | 34.245 |
| <2> sonstige Aufe | 17             | -        | 265             | -           | -                | 875           | 1.139  |
| <3> Verkehrsfläch | 88             | -        | 248             | -           | -                | 4.072         | 4.320  |
| <4> Lager, Techni | 118            | -        | 55              | -           | -                | 4.779         | 4.834  |
| <5> Turnhalle     | 390            | -        | 3.174           | -           | -                | 16.128        | 19.302 |
| <6> Schwimmhalle  | 257            | -        | 1.865           | -           | -                | 8.099         | 9.963  |
| Gebäude           | 1.024          | -        | 6.449           | -           | 29.267           | 38.087        | 73.803 |

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

#### 14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis ( Ref-No 5.14.4 )

|                     | RLT<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Beleucht.<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Klima<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Warmwasser<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Heizung<br>kWh/m <sup>2</sup> a | Summe<br>kWh/m <sup>2</sup> a |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Nutzenergiebedarf   | 6,2                         | 6,3                               | 0,0                           | 35,2                               | 97,9                            | 145,5                         |
| Endenergiebedarf    | 6,2                         | 6,3                               | 0,0                           | 29,2                               | 37,5                            | 79,2                          |
| Primärenergiebedarf | 11,1                        | 11,3                              | 0,0                           | 15,7                               | 67,6                            | 105,7                         |

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

## 15.0 Nachweise ( Ref-No 5.15.0 )

für ein bestehendes Gebäude  
Referenzberechnung = "Schwimmbad-Referenz2020"

### 15.1 Nachweis der thermischen Hülle ( Ref-No 5.15.1 )

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte" (140%-Regel)  
Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

### 15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs ( Ref-No 5.15.2 )

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50  
zul  $q_{P,REF} = 1.4 \cdot 182,1 = 254,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  (140%-Regel), aus der Referenzberechnung  
vorh  $q_P = 108.155 / 1023,5 = 105,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh  $q_P = 105,7 \leq 254,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , **Grenzwert wird eingehalten**

### 15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ( Ref-No 5.15.8 )

Nachweis 65% Erneuerbare  
Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71  
Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude 158.219 kWh/a

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| genutzte erneuerbare Energien     |               |
| 1. aus thermischen Solaranlagen   | 21.018 kWh/a  |
| 2. aus elektrischen Wärmepumpen   | 137.201 kWh/a |
| 3. aus gasmotorischen Wärmepumpen | - kWh/a       |
| 4. aus Stromdirektheizung         | - kWh/a       |
| 5. aus unvermeidbarer Abwärme     | - kWh/a       |
| 6. aus Wärmenetzen                | - kWh/a       |
| 7. aus Biomasse / Wasserstoff     | - kWh/a       |

---

|                            |               |       |
|----------------------------|---------------|-------|
| Summe erneuerbare Energien | 158.219 kWh/a | 100 % |
|----------------------------|---------------|-------|

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie  $DA_{EE} = 158219,0/158219,4 \cdot 100 = 100\%$  (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

Die Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71 (65,0% erneuerbar) **werden erfüllt**

**20.0 Bundesförderprogramme (BEG)**  
( Ref-No 5.20.0 )

Bundesförderprogramme für die Sanierung von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

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

Referenzberechnung = "Schwimmbad-Referenz2020"

Bestandsberechnung = "Schwimmbad-Referenz2020"

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Endenergieeinsparung    | 112.468 kWh/a |
| Primärenergieeinsparung | 78.176 kWh/a  |
| CO2-Einsparung          | 11.247 kg/a   |

|                                      |       | Primärenergiebedarf<br>$Q_{p,eff}$<br>kWh/ (m <sup>2</sup> a) | ----- mittlere U-Werte -----<br>Opake Fenster Vorhf. Oberl. |                       |                       |                       |    |
|--------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----|
|                                      |       |                                                               | W/ (m <sup>2</sup> K)                                       | W/ (m <sup>2</sup> K) | W/ (m <sup>2</sup> K) | W/ (m <sup>2</sup> K) |    |
| Referenzberechnung                   | 100 % | 182,1                                                         |                                                             |                       |                       |                       |    |
| erreicht $T_i \geq 19^\circ\text{C}$ | 58 %  | 105,7                                                         | 0,17                                                        | 0,90                  |                       | 1,50                  |    |
| Effizienzgebäude Denkmal             | 160 % | 291,3                                                         |                                                             |                       |                       |                       | OK |
| Effizienzgebäude 70                  | 70 %  | 127,4                                                         | 0,26                                                        | 1,40                  | 1,40                  | 2,40                  | OK |
| Effizienzgebäude 55                  | 55 %  | 100,1                                                         | 0,22                                                        | 1,20                  | 1,20                  | 2,00                  |    |
| Effizienzgebäude 40                  | 40 %  | 72,8                                                          | 0,18                                                        | 1,00                  | 1,00                  | 1,60                  |    |

**EE-Paket NWG (Nutzung Erneuerbarer Energien)**

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

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

$EE_{genutzt} = 111.883 \text{ kWh/Jahr}$

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

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

**WPB-Bonus**

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

Das Förderniveau **Effizienzgebäude 70 EE** wird erreicht.

## 4.3 Flächen und Volumen

### 22.0 Längen, Flächen, Volumen ( Ref-No 5.22.0 )

Flächenberechnung (Flächen.REB)

Turnhalle

Deckflächen

1 F 0103 FD N-W 1°  $7,70 \cdot 29,39 = 226,30$

2 F 0104 FD S-O 1°  $7,70 \cdot 29,39 = 226,30$

Außenwände

3 F 0100 FAW N-O  $103,95 = 103,95$

4 F 0102 FAW N-W  $6,62 \cdot 29,39 - [A\ 0201] - [A\ 0401] - [A\ 0501] - [A\ 0601] - [A\ 0801] - [A\ 0901] - [A\ 0102] = 50,59$

5 F 0105 FAW S-O  $6,62 \cdot 29,39 - [A\ 0105] = 128,16$

6 F 0106 FAW S-W  $103,95 = 103,95$

Öffnungen / Fenster

7 A 0102 FF N-W  $3,32 \cdot 1,8 \cdot 8 = 47,81$

8 A 0105 FF S-O  $3,32 \cdot 2,5 \cdot 8 = 66,40$

Grundflächen

9 F 0101 FG  $15,40 \cdot 29,39 = 452,61$

Lehrer Umkleide / Dusche / WC

Deckflächen

10 F 0205 FD  $9,66 = 9,66$

Außenwände

.A 0201 Abzug von 0102  $7,59 = 7,59$

11 F 0204 FAW S-W  $4,20 \cdot 3,30 - [A\ 0204] = 11,95$

Öffnungen / Fenster

12 A 0204 FF S-W  $1,80 \cdot 0,5 + 2,01 \cdot 0,5 = 1,91$

Grundflächen

13 F 0200 FG  $9,66 = 9,66$

PuMi

Deckflächen

14 F 0305 FD  $5,11 = 5,11$

Außenwände

15 F 0304 FAW S-W  $2,22 \cdot 3,30 - [A\ 0304] = 6,33$

Öffnungen / Fenster

16 A 0304 FF S-W  $2,01 \cdot 0,5 = 1,00$

Grundflächen

17 F 0300 FG  $5,11 = 5,11$

Flur Lehrerumkleide

Deckflächen

18 F 0405 FD  $8,99 = 8,99$

|                                |                              |  |
|--------------------------------|------------------------------|--|
| Außenwände                     |                              |  |
| .A 0401 Abzug von 0102         | 4,62 = 4,62                  |  |
| Grundflächen                   |                              |  |
| 19 F 0400 FG                   | 8,99 = 8,99                  |  |
| Umkleide Turnhalle             |                              |  |
| Deckflächen                    |                              |  |
| 20 F 0505 FD                   | 45,52 - [A 0505] = 42,24     |  |
| 21 A 0505 DFF 0°               | 0,96*1,46*2+0,56*0,86 = 3,28 |  |
| Außenwände                     |                              |  |
| .A 0501 Abzug von 0102         | 23,40 = 23,40                |  |
| Grundflächen                   |                              |  |
| 22 F 0500 Fg <zum Keller oP>   | 45,52 = 45,52                |  |
| WC / Umkleide Turnhalle Herren |                              |  |
| Deckflächen                    |                              |  |
| 23 F 0605 FD                   | 24,27 - [A 0605] = 22,87     |  |
| 24 A 0605 DFF 0°               | 0,96*1,46 = 1,40             |  |
| Außenwände                     |                              |  |
| .A 0601 Abzug von 0102         | 12,47 = 12,47                |  |
| Grundflächen                   |                              |  |
| 25 F 0600 FG                   | 24,27 = 24,27                |  |
| TGA                            |                              |  |
| Deckflächen                    |                              |  |
| 26 F 0705 FD                   | 16,90 = 16,90                |  |
| Außenwände                     |                              |  |
| 27 F 0702 Fu                   | 2,40*3,30 = 7,92             |  |
| Grundflächen                   |                              |  |
| 28 F 0700 FG                   | 16,90 = 16,90                |  |
| Geräteraum ohne Keller         |                              |  |
| Deckflächen                    |                              |  |
| 29 F 0805 FD                   | 28,30 = 28,30                |  |
| Außenwände                     |                              |  |
| .A 0801 Abzug von 0102         | 23,23 = 23,23                |  |
| Grundflächen                   |                              |  |
| 30 F 0800 FG                   | 28,30 = 28,30                |  |
| Geräteraum mit Keller          |                              |  |
| Deckflächen                    |                              |  |
| 31 F 0905 FD                   | 30,27 = 30,27                |  |
| Außenwände                     |                              |  |
| .A 0901 Abzug von 0102         | 24,85 = 24,85                |  |
| 32 F 0902 FAW N-O              | 4,02*3,30 - [A 0902] = 11,39 |  |
| 33 F 0903 Fu                   | 7,53*3,30 = 24,85            |  |
| Öffnungen / Fenster            |                              |  |

34 A 0902 FF N-O  $1,75 \times 0,5 + 2,01 \times 0,5 = 1,88$

Grundflächen

35 F 0900 Fg <zum Keller oP>  $30,27 = 30,27$

Windfang

Deckflächen

36 F 1005 FD  $18,37 = 18,37$

Außenwände

37 F 1003 FAW N-W  $3,90 \times 3,30 - [T 1003] = 6,97$

38 F 1004 FAW S-W  $4,71 \times 3,30 = 15,54$

Öffnungen / Fenster

39 T 1003 FAW N-W , Tür  $2,35 \times 2,51 = 5,90$

Grundflächen

40 F 1000 Fg <zum Keller oP>  $18,37 = 18,37$

Flur

Deckflächen

41 F 1105 FD  $48,62 - [W 1105] = 47,18$

42 W 1105 DFF 0°  $0,56 \times 0,86 \times 3 = 1,44$

Außenwände

43 F 1104 FAW S-W  $2,25 \times 3,30 - [A 1104] = 2,38$

Öffnungen / Fenster

44 A 1104 FF S-W  $2,01 \times 2,51 = 5,05$

Grundflächen

45 F 1100 Fg <zum Keller oP>  $48,62 = 48,62$

Flur über Keller

Deckflächen

46 F 1209 FD  $25,10 = 25,10$

Außenwände

47 F 1202 FAW N-O  $2,25 \times 3,30 - [T 1202] = 2,38$

48 F 1201 Fu  $7,53 \times 3,30 - [T 1201] = 22,27$

Öffnungen / Fenster

49 T 1202 FAW N-O , Tür  $2,01 \times 2,51 = 5,05$

50 T 1201 Fu , Tür  $1,14 \times 2,26 = 2,58$

Grundflächen

51 F 1200 Fg <zum Keller oP>  $25,10 = 25,10$

WC BH Umkleide H Schimmbad

Deckflächen

52 F 1307 FD  $24,72 - [A 1307] = 23,32$

53 A 1307 DFF 0°  $0,96 \times 1,46 = 1,40$

Außenwände

.A 1303 Abzug von 1904  $13,93 = 13,93$

Grundflächen

54 F 1300 FG  $24,72 = 24,72$

#### Dusche Schwimmbad

##### Deckflächen

55 F 1405 FD  $53,55 - [A\ 1405] = 51,71$

56 A 1405 DFF 0°  $0,96 \cdot 0,96 \cdot 2 = 1,84$

##### Außenwände

.A 1403 Abzug von 1904  $34,65 = 34,65$

##### Grundflächen

57 F 1400 Fg <zum Keller oP>  $53,55 = 53,55$

#### Umkleide D Schwimmbad

##### Deckflächen

58 F 1505 FD  $16,78 - [A\ 1505] = 15,38$

59 A 1505 DFF 0°  $0,96 \cdot 1,46 = 1,40$

##### Außenwände

.A 1503 Abzug von 1904  $10,86 = 10,86$

##### Grundflächen

60 F 1500 Fg <zum Keller oP>  $16,78 = 16,78$

#### Aufsicht

##### Deckflächen

61 F 1605 FD  $13,52 = 13,52$

##### Außenwände

62 F 1602 FAW N-O  $5,10 \cdot 3,30 - [A\ 1602] - [T\ 1602] = 13,11$

.A 1603 Abzug von 1904  $8,74 = 8,74$

##### Öffnungen / Fenster

63 A 1602 FF N-O  $1,71 \cdot 0,51 + 0,95 \cdot 0,51 + 0,88 \cdot 0,51 = 1,81$

64 T 1602 FAW N-O , Tür  $,95 \cdot 2,01 = 1,91$

##### Grundflächen

65 F 1600 Fg <zum Keller oP>  $13,51 = 13,51$

#### TGA neu 1/2

##### Deckflächen

66 F 1705 FD  $35,25 = 35,25$

##### Außenwände

.A 1702 Abzug von 1905  $34,56 = 34,56$

67 F 1703 FAW N-W  $4,08 \cdot 4,00 = 16,32$

68 F 1704 FAW S-W  $8,64 \cdot 4,00 = 34,56$

##### Grundflächen

69 F 1700 FG  $35,25 = 35,25$

#### TGA neu 2/2

##### Deckflächen

70 F 1805 FD  $10,83 = 10,83$

##### Grundflächen

71 F 1800 Fg  $10,83 = 10,83$

#### Schwimmhalle

##### Deckflächen

72 F 1903 FD S-O 1°  $13,36 \times 22,35 = 298,60$

##### Außenwände

73 F 1900 FAW N-O  $56,78 = 56,78$

74 F 1902 FAW N-W  $4,40 \times 22,35 - [A 1902] = 52,52$

75 F 1904 FAW S-O  $4,10 \times 22,35 - [A 1303] - [A 1403] - [A 1503] - [A 1603] = 23,45$

76 F 1905 FAW S-W  $56,78 - [A 1702] = 22,22$

##### Öffnungen / Fenster

77 A 1902 FF N-W  $3,315 \times 2,32 \times 2 + 3,28 \times 2,32 \times 4 = 45,82$

##### Grundflächen

78 F 1901 Fg  $13,36 \times 22,35 - 133,93 = 164,67$

#### [Grundflächen]

[AGf 01] Turnhalle <5> [F 0101] = 452,61

[AGf 02] Lehrer Umkleide / Dusche / WC <2> [F 0200] = 9,66

[AGf 03] PuMi <4> [F 0300] = 5,11

[AGf 04] Flur Lehrerumkleide <3> [F 0400] = 8,99

[AGf 05] Umkleide Turnhalle <1> [F 0500] = 45,52

[AGf 06] WC / Umkleide Turnhalle Herren <1> [F 0600] = 24,27

[AGf 07] TGA <4> [F 0700] = 16,90

[AGf 08] Geräteraum ohne Keller <4> [F 0800] = 28,30

[AGf 09] Geräteraum mit Keller <4> [F 0900] = 30,27

[AGf 10] Windfang <3> [F 1000] = 18,37

[AGf 11] Flur <3> [F 1100] = 48,62

[AGf 12] Flur über Keller <3> [F 1200] = 25,10

[AGf 13] WC BH Umkleide H Schimmbad <1> [F 1300] = 24,72

[AGf 14] Dusche Schwimmbad <1> [F 1400] = 53,55

[AGf 15] Umkleide D Schwimmbad <1> [F 1500] = 16,78

[AGf 16] Aufsicht <2> [F 1600] = 13,51

[AGf 17] TGA neu 1/2 <4> [F 1700] = 35,25

[AGf 18] TGA neu 2/2 <4> [F 1800] = 10,83

[AGf 19] Schwimmhalle <6> [F 1901] = 164,67

#### [Grundflächenumfang]

[UGf 01] Turnhalle <5>  $+15,40 + 29,39 + 29,39 + 15,40 = 89,58$

[UGf 02] Lehrer Umkleide / Dusche / WC <2>  $4,20 = 4,20$

[UGf 03] PuMi <4>  $2,22 = 2,22$

[UGf 04] Flur Lehrerumkleide <3>

[UGf 05] Umkleide Turnhalle <1>

[UGf 06] WC / Umkleide Turnhalle Herren <1>

[UGf 07] TGA <4>  $2,40 = 2,40$

[UGf 08] Geräteraum ohne Keller <4>

[UGf 09] Geräteraum mit Keller <4>  $4,02+7,53 = 11,55$

[UGf 10] Windfang <3>  $3,90+4,71 = 8,61$

[UGf 11] Flur <3>  $2,25 = 2,25$

[UGf 12] Flur über Keller <3>  $7,53+2,25 = 9,78$

[UGf 13] WC BH Umkleide H Schimmbad <1>

[UGf 14] Dusche Schimmbad <1>

[UGf 15] Umkleide D Schimmbad <1>

[UGf 16] Aufsicht <2>  $5,10 = 5,10$

[UGf 17] TGA neu 1/2 <4>  $4,08+8,64 = 12,72$

[UGf 18] TGA neu 2/2 <4>

[UGf 19] Schwimmhalle <6>  $+13,36+22,35+22,35+13,36 = 71,42$

[Bodenplattenmaß nur Grundflächenprojektion]

[Bodenplattenmaß A]  $[AGf 01] + [AGf 02] + [AGf 03] + [AGf 04] + [AGf 05] + [AGf 06] + [AGf 07] + [AGf 08] + [AGf 09] + [AGf 10] + [AGf 11] + [AGf 12] + [AGf 13] + [AGf 14] + [AGf 15] + [AGf 16] + [AGf 17] + [AGf 18] + [AGf 19] = 1033,03$

[Bodenplattenmaß P]  $[UGf 01] + [UGf 02] + [UGf 03] + [UGf 04] + [UGf 05] + [UGf 06] + [UGf 07] + [UGf 08] + [UGf 09] + [UGf 10] + [UGf 11] + [UGf 12] + [UGf 13] + [UGf 14] + [UGf 15] + [UGf 16] + [UGf 17] + [UGf 18] + [UGf 19] = 219,83$

[Bodenplattenmaß B]  $2 * [Bodenplattenmaß A] / [Bodenplattenmaß P] = 9,40$

[Bruttogeschossflächen]

[BGf 01] Turnhalle <5>  $452,61 = 452,61$

[BGf 02] Lehrer Umkleide / Dusche / WC <2>  $9,66 = 9,66$

[BGf 03] PuMi <4>  $5,11 = 5,11$

[BGf 04] Flur Lehrerumkleide <3>  $8,99 = 8,99$

[BGf 05] Umkleide Turnhalle <1>  $45,52 = 45,52$

[BGf 06] WC / Umkleide Turnhalle Herren <1>  $24,27 = 24,27$

[BGf 07] TGA <4>  $16,90 = 16,90$

[BGf 08] Geräteraum ohne Keller <4>  $28,30 = 28,30$

[BGf 09] Geräteraum mit Keller <4>  $30,27 = 30,27$

[BGf 10] Windfang <3>  $18,37 = 18,37$

[BGf 11] Flur <3>  $48,62 = 48,62$

[BGf 12] Flur über Keller <3>  $25,10 = 25,10$

[BGf 13] WC BH Umkleide H Schimmbad <1>  $24,72 = 24,72$

[BGf 14] Dusche Schimmbad <1>  $53,55 = 53,55$

[BGf 15] Umkleide D Schimmbad <1>  $16,78 = 16,78$

[BGf 16] Aufsicht <2>  $13,51 = 13,51$

[BGf 17] TGA neu 1/2 <4>  $35,25 = 35,25$

[BGf 18] TGA neu 2/2 <4>  $10,83 = 10,83$

[BGf 19] Schwimmhalle <6> 298,60 = 298,60  
 [Summe BGf] [BGf 01] + [BGf 02] + [BGf 03] + [BGf 04] + [BGf 05] + [BGf 06] + [BGf 07] +  
 [BGf 08] + [BGf 09] + [BGf 10] + [BGf 11] + [BGf 12] + [BGf 13] + [BGf 14] + [BGf 15] + [BGf  
 16] + [BGf 17] + [BGf 18] + [BGf 19] = 1166,96

[Umbaute Räume]

[Vol 01] Turnhalle <5> 29,39\*103,95 = 3055,09  
 [Vol 02] Lehrer Umkleide / Dusche / WC <2> 3,30\*9,66 = 31,88  
 [Vol 03] PuMi <4> 3,30\*5,11 = 16,86  
 [Vol 04] Flur Lehrerumkleide <3> 3,30\*8,99 = 29,67  
 [Vol 05] Umkleide Turnhalle <1> 3,30\*45,52 = 150,22  
 [Vol 06] WC / Umkleide Turnhalle Herren <1> 3,30\*24,27 = 80,09  
 [Vol 07] TGA <4> 3,30\*16,90 = 55,77  
 [Vol 08] Geräteraum ohne Keller <4> 3,30\*28,30 = 93,39  
 [Vol 09] Geräteraum mit Keller <4> 3,30\*30,27 = 99,89  
 [Vol 10] Windfang <3> 3,30\*18,37 = 60,62  
 [Vol 11] Flur <3> 3,30\*48,62 = 160,45  
 [Vol 12] Flur über Keller <3> 3,30\*25,10 = 82,83  
 [Vol 13] WC BH Umkleide H Schimmbad <1> 3,30\*24,72 = 81,58  
 [Vol 14] Dusche Schimmbad <1> 3,30\*53,55 = 176,72  
 [Vol 15] Umkleide D Schimmbad <1> 3,30\*16,78 = 55,37  
 [Vol 16] Aufsicht <2> 3,30\*13,51 = 44,58  
 [Vol 17] TGA neu 1/2 <4> 4,00\*35,25 = 141,00  
 [Vol 18] TGA neu 2/2 <4> 3,20\*10,83 = 34,66  
 [Vol 19] Schwimmhalle <6> 22,35\*56,78 = 1269,03  
 [Gebäudevolumen] Ve [Vol 01] + [Vol 02] + [Vol 03] + [Vol 04] + [Vol 05] + [Vol 06] + [Vol  
 07] + [Vol 08] + [Vol 09] + [Vol 10] + [Vol 11] + [Vol 12] + [Vol 13] + [Vol 14] + [Vol 15] +  
 [Vol 16] + [Vol 17] + [Vol 18] + [Vol 19] = 5719,70  
 [0.32 \* Ve] (= AN Wohngebäude) 0.32 \* [Gebäudevolumen] = 1830,30

.für Berechnungen nach DIN V 18599

[Nettogrundflächen]

[dW01] Bauteildicke "142-AUßENWAND" 0,56 = 0,56  
 [dW02] Bauteildicke "174-TRENNWAND-ZU-KELLERABGANG" 0,37 = 0,37  
 [NGf 01] Turnhalle <5> 390 = 390,00  
 [NGf 02] Lehrer Umkleide / Dusche / WC <2> 5,5+1,9 = 7,40  
 [NGf 03] PuMi <4> 3,7 = 3,70  
 [NGf 04] Flur Lehrerumkleide <3> 9,5 = 9,50  
 [NGf 05] Umkleide Turnhalle <1> 20,4+1,7+11+11 = 44,10  
 [NGf 06] WC / Umkleide Turnhalle Herren <1> 3,1+18,3 = 21,40  
 [NGf 07] TGA <4> 13,7 = 13,70  
 [NGf 08] Geräteraum ohne Keller <4> 30 = 30,00  
 [NGf 09] Geräteraum mit Keller <4> 29,6 = 29,60  
 [NGf 10] Windfang <3> 14,9 = 14,90

|                                         |                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [NGf 11] Flur <3>                       | 42 = 42,00                                                                                                                                                                                                               |
| [NGf 12] Flur über Keller <3>           | 10+5+6,6 = 21,60                                                                                                                                                                                                         |
| [NGf 13] WC BH Umkleide H Schimmbad <1> | 11,8+10 = 21,80                                                                                                                                                                                                          |
| [NGf 14] Dusche Schimmbad <1>           | 22,4-10+10,2+10,2+2,9+2,3+21,7-10 = 49,70                                                                                                                                                                                |
| [NGf 15] Umkleide D Schimmbad <1>       | 10+3,3+3,4 = 16,70                                                                                                                                                                                                       |
| [NGf 16] Aufsicht <2>                   | 5,5+4,2 = 9,70                                                                                                                                                                                                           |
| [NGf 17] TGA neu 1/2 <4>                | 40,5-8 = 32,50                                                                                                                                                                                                           |
| [NGf 18] TGA neu 2/2 <4>                | 8 = 8,00                                                                                                                                                                                                                 |
| [NGf 19] Schwimmhalle <6>               | 257,2 = 257,20                                                                                                                                                                                                           |
| [NGf Summe]                             | [NGf 01] + [NGf 02] + [NGf 03] + [NGf 04] + [NGf 05] + [NGf 06] + [NGf 07] + [NGf 08] + [NGf 09] + [NGf 10] + [NGf 11] + [NGf 12] + [NGf 13] + [NGf 14] + [NGf 15] + [NGf 16] + [NGf 17] + [NGf 18] + [NGf 19] = 1023,50 |

[Nettonutzflächen] ANGf nach Gebäudezonen

|                                                      |                                                                            |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| [ANGf 01] Zone <1> Sanitärräume                      | + [NGf 05] + [NGf 06] + [NGf 13] + [NGf 14] + [NGf 15] = 153,70            |
| [ANGf 02] Zone <2> sonstige Aufenthaltsräume Zone 17 | + [NGf 02] + [NGf 16] = 17,10                                              |
| [ANGf 03] Zone <3> Verkehrsflächen                   | + [NGf 04] + [NGf 10] + [NGf 11] + [NGf 12] = 88,00                        |
| [ANGf 04] Zone <4> Lager, Technik                    | + [NGf 03] + [NGf 07] + [NGf 08] + [NGf 09] + [NGf 17] + [NGf 18] = 117,50 |
| [ANGf 05] Zone <5> Turnhalle                         | + [NGf 01] = 390,00                                                        |
| [ANGf 06] Zone <6> Schwimmhalle                      | + [NGf 19] = 257,20                                                        |

[Bruttoraumvolumen] Ve nach Gebäudezonen

|                                           |                                                                            |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| [Ve 01] Sanitärräume                      | + [Vol 05] + [Vol 06] + [Vol 13] + [Vol 14] + [Vol 15] = 543,98            |
| [Ve 02] sonstige Aufenthaltsräume Zone 17 | + [Vol 02] + [Vol 16] = 76,46                                              |
| [Ve 03] Verkehrsflächen                   | + [Vol 04] + [Vol 10] + [Vol 11] + [Vol 12] = 333,57                       |
| [Ve 04] Lager, Technik                    | + [Vol 03] + [Vol 07] + [Vol 08] + [Vol 09] + [Vol 17] + [Vol 18] = 441,57 |
| [Ve 05] Turnhalle                         | + [Vol 01] = 3055,09                                                       |
| [Ve 06] Schwimmhalle                      | + [Vol 19] = 1269,03                                                       |
| [Summe Ve]                                | + [Ve 01] + [Ve 02] + [Ve 03] + [Ve 04] + [Ve 05] + [Ve 06] = 5719,70      |

[Nettoraumvolumen] Vi nach Gebäudezonen

|                                                    |                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [Vi 01] Zone <1> Sanitärräume                      | + [NGf 05]*(2,50) + [NGf 06]*(2,50) + [NGf 13]*(2,50) + [NGf 14]*(2,50) + [NGf 15]*(2,50) = 384,25                   |
| [Vi 02] Zone <2> sonstige Aufenthaltsräume Zone 17 | + [NGf 02]*(2,50) + [NGf 16]*(2,50) = 42,75                                                                          |
| [Vi 03] Zone <3> Verkehrsflächen                   | + [NGf 04]*(2,50) + [NGf 10]*(2,50) + [NGf 11]*(2,50) + [NGf 12]*(2,50) = 220,00                                     |
| [Vi 04] Zone <4> Lager, Technik                    | + [NGf 03]*(2,50) + [NGf 07]*(2,50) + [NGf 08]*(2,70) + [NGf 09]*(2,70) + [NGf 17]*(3,20) + [NGf 18]*(2,70) = 330,02 |
| [Vi 05] Zone <5> Turnhalle                         | + [NGf 01]*(5,50) = 2145,00                                                                                          |
| [Vi 06] Zone <6> Schwimmhalle                      | + [NGf 19]*(3,10) = 797,32                                                                                           |

[Summe Vi] + [Vi 01] + [Vi 02] + [Vi 03] + [Vi 04] + [Vi 05] + [Vi 06] = 3919,34

.zur Kontrolle / alternativ:  $V_i = V_e \cdot 0.8$

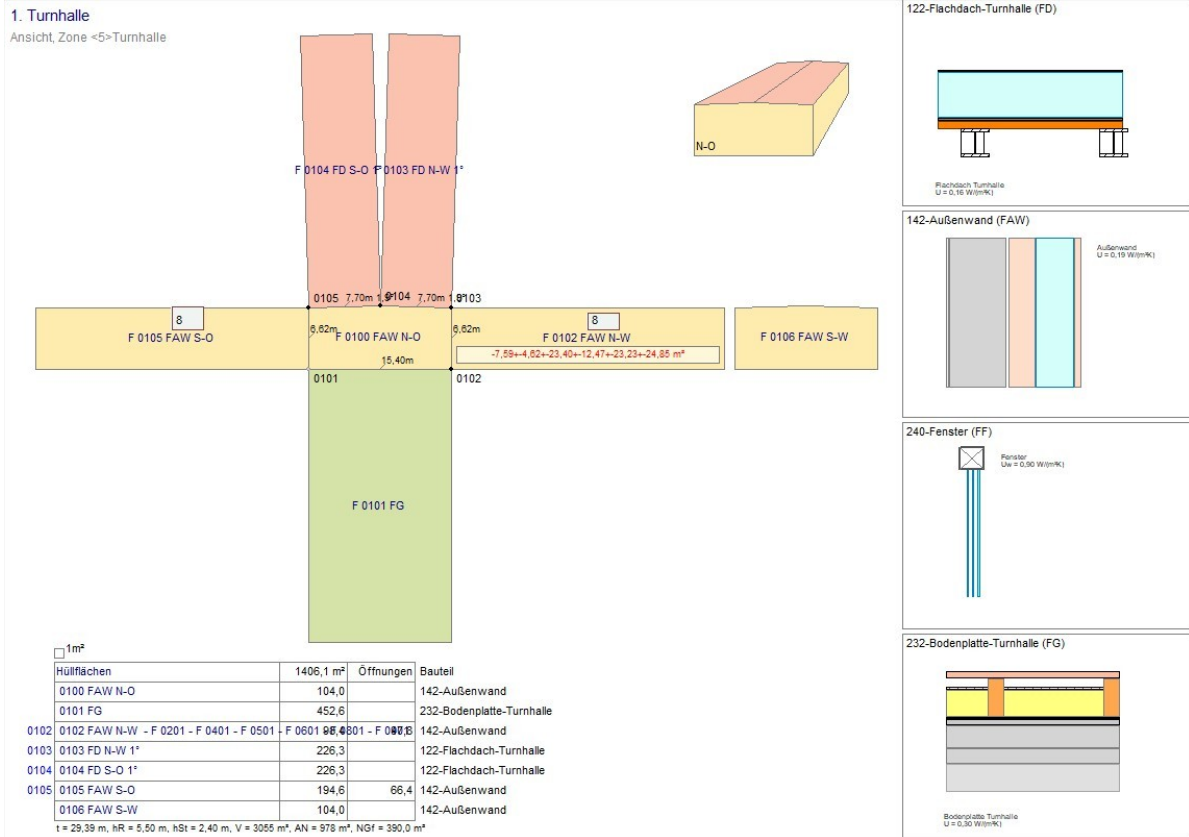
|                                           |                         |
|-------------------------------------------|-------------------------|
| .Vi <1> Sanitärräume                      | [Ve 01] * 0.8 = 435,18  |
| .Vi <2> sonstige Aufenthaltsräume Zone 17 | [Ve 02] * 0.8 = 61,17   |
| .Vi <3> Verkehrsflächen                   | [Ve 03] * 0.8 = 266,86  |
| .Vi <4> Lager, Technik                    | [Ve 04] * 0.8 = 353,26  |
| .Vi <5> Turnhalle                         | [Ve 05] * 0.8 = 2444,07 |
| .Vi <6> Schwimmhalle                      | [Ve 06] * 0.8 = 1015,22 |

.zur Kontrolle / alternativ:  $V_i = V_e \cdot 0.76$  (WG bis 3 VG)

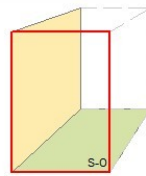
|                                           |                          |
|-------------------------------------------|--------------------------|
| .Vi <1> Sanitärräume                      | [Ve 01] * 0.76 = 413,42  |
| .Vi <2> sonstige Aufenthaltsräume Zone 17 | [Ve 02] * 0.76 = 58,11   |
| .Vi <3> Verkehrsflächen                   | [Ve 03] * 0.76 = 253,51  |
| .Vi <4> Lager, Technik                    | [Ve 04] * 0.76 = 335,59  |
| .Vi <5> Turnhalle                         | [Ve 05] * 0.76 = 2321,87 |
| .Vi <6> Schwimmhalle                      | [Ve 06] * 0.76 = 964,46  |

## 4.4 Faltmodelle

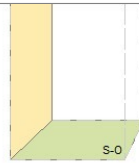
### Faltmodelle (Flächen- und Volumenberechnung)



Grundriss, Zone <2>sonstige Aufenthaltsräume Zone 17

0202

Grundriss, Zone <4>Lager, Technik

0302

Flachdach Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(m²K)

Außenwand  
 $\lambda = 0,19 \text{ W/(m·K)}$

Außenwand  
 $U = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fenster  
 $U_w = 0.90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fenster  
U<sub>w</sub> = 0,90 W/(m<sup>2</sup>K)

Bodenplatte Verbindungsbau  
 $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ )



Flachdach Verbindungsbauteil  
U = 0,14 W/(m²K)



Außenwand  
 $U = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Außenwand  
 $U = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

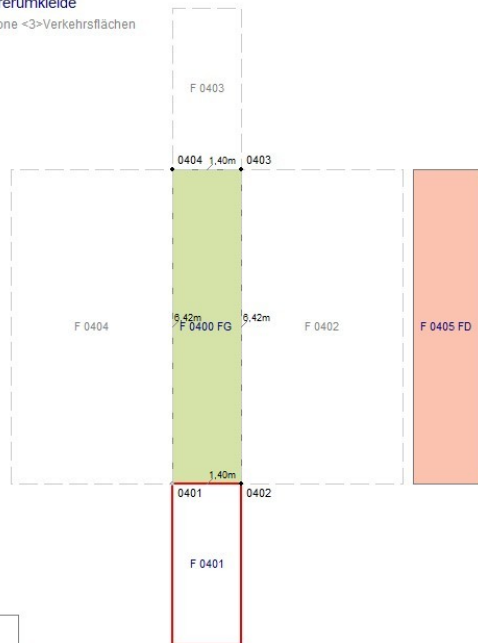
Fenster  
 $U_w = 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fenster  
Uw = 0,90 W/(m²K)

Bodenplatte Verbindungsbau  
U = 0,30 W/(m·K)

#### 4. Flur Lehrerumkleide

Grundriss, Zone <3> Verkehrsflächen



| Hüllflächen           | 65,0 m² | Öffnungen | Bauteil                        |
|-----------------------|---------|-----------|--------------------------------|
| 0400 FG               | 9,0     |           | 234-Bodenplatte-Verbindungsbau |
| 0401 Abzug von F 0102 |         |           |                                |
| 0402                  | 21,2    |           |                                |
| 0403                  | 4,6     |           |                                |
| 0404                  | 21,2    |           |                                |
| 0405 FD               | 9,0     |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau   |

h = 3,30 m, hR = 2,50 m, hSt = 2,40 m, V = 30 m³, AN = 9 m², NGf = 9,5 m²

#### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(m²K)

(FAW)

(FF)

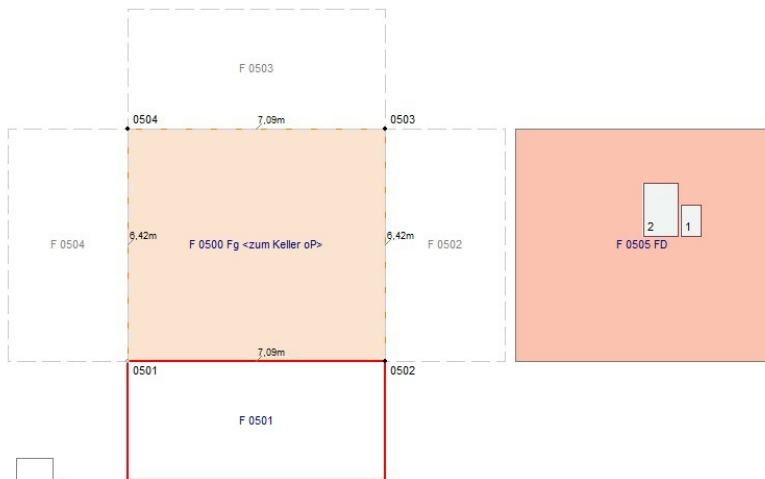
#### 234-Bodenplatte-Verbindungsbau (FG)



Bodenplatte Verbindungsbau  
U = 0,30 W/(m²K)

#### 5. Umkleide Turnhalle

Grundriss, Zone <1> Sanitärräume



| Hüllflächen             | 156,8 m² | Öffnungen | Bauteil                      |
|-------------------------|----------|-----------|------------------------------|
| 0500 Fg <zum Keller oP> | 45,5     |           | 222-Kellerdecke-Kriechkeller |
| 0501 Abzug von F 0102   |          |           |                              |
| 0502                    | 21,2     |           |                              |
| 0503                    | 23,4     |           |                              |
| 0504                    | 21,2     |           |                              |
| 0505 FD                 | 45,5     | 3,3       | 124-Flachdach-Verbindungsbau |

h = 3,30 m, hR = 2,50 m, hSt = 2,40 m, V = 150 m³, AN = 48 m², NGf = 44,1 m²

#### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(m²K)

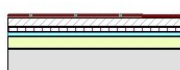
(FAW)

#### 254-Lichtkuppel (FF)



Lichtkuppel  
Uw = 1,50 W/(m²K)

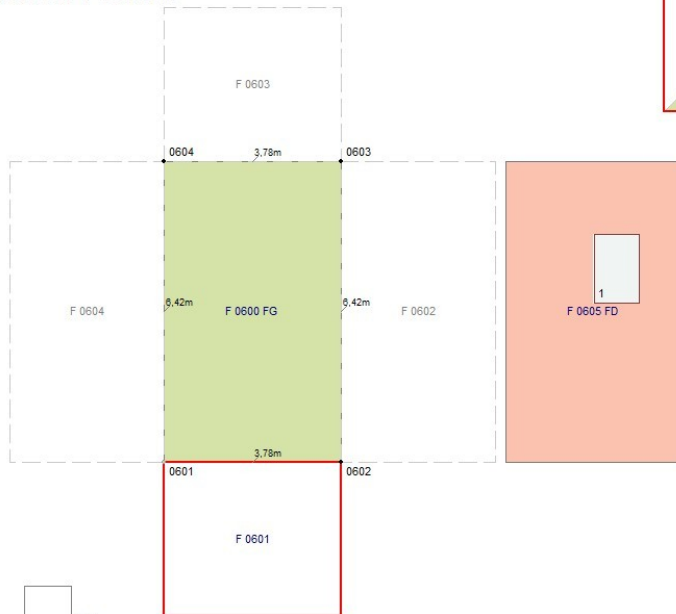
#### 222-Kellerdecke-Kriechkeller (FG)



Kellerdecke Kriechkeller  
U = 0,29 W/(m²K)

## 6. WC / Umkleide Turnhalle Herren

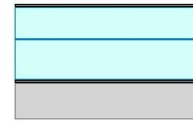
Grundriss, Zone <1>Sanitärräume



| Hüllflächen           | 103,4 m² | Öffnungen | Bauteil                        |
|-----------------------|----------|-----------|--------------------------------|
| 0600 FG               | 24,3     |           | 234-Bodenplatte-Verbindungsbau |
| 0601 Abzug von F 0102 |          |           |                                |
| 0602                  | 21,2     |           |                                |
| 0603                  | 12,5     |           |                                |
| 0604                  | 21,2     |           |                                |
| 0605 FD               | 24,3     | 1,4       | 124-Flachdach-Verbindungsbau   |

$h = 3,30 \text{ m}$ ,  $h_R = 2,50 \text{ m}$ ,  $h_{St} = 2,40 \text{ m}$ ,  $V = 80 \text{ m}^3$ ,  $AN = 28 \text{ m}^2$ ,  $NGf = 21,4 \text{ m}^2$

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach Verbindungsbau  
 $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### (FAW)

### 254-Lichtkuppel (FF)



Lichtkuppel  
 $U_{w} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

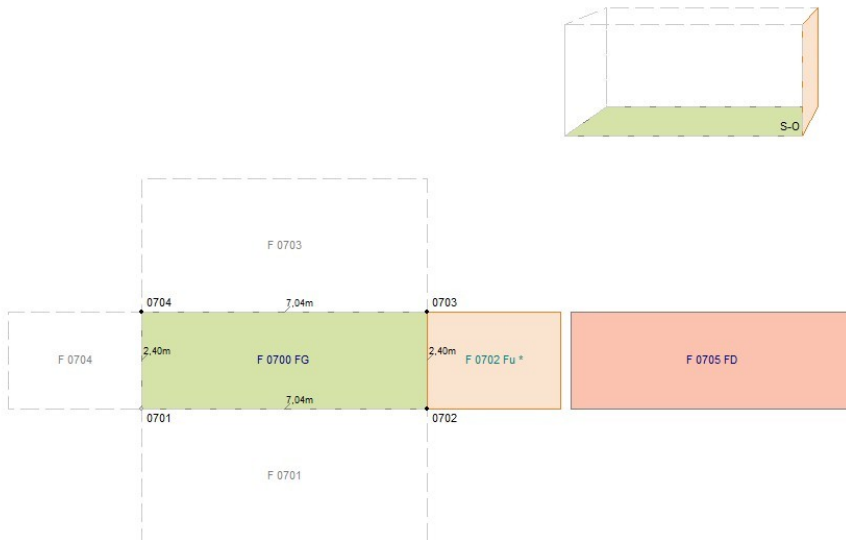
### 234-Bodenplatte-Verbindungsbau (FG)



Bodenplatte Verbindungsbau  
 $U = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

## 7. TGA

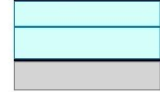
Grundriss, Zone <4>Lager, Technik



| Hüllflächen | 96,1 m² | Öffnungen | Bauteil                        |
|-------------|---------|-----------|--------------------------------|
| 0700 FG     | 16,9    |           | 234-Bodenplatte-Verbindungsbau |
| 0701        | 23,2    |           |                                |
| 0702        | 7,9     |           | 174-Trennwand-zu-Kellerabgang  |
| 0703        | 23,2    |           |                                |
| 0704        | 7,9     |           |                                |
| 0705 FD     | 16,9    |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau   |

$h = 3,30 \text{ m}$ ,  $h_R = 2,50 \text{ m}$ ,  $h_{St} = 2,40 \text{ m}$ ,  $V = 56 \text{ m}^3$ ,  $AN = 18 \text{ m}^2$ ,  $NGf = 13,7 \text{ m}^2$

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)

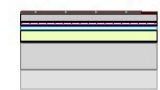


Flachdach Verbindungsbau  
 $U = 0,11 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### (FAW)

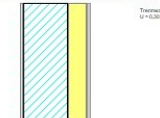
### (FF)

### 234-Bodenplatte-Verbindungsbau (FG)



Bodenplatte Verbindungsbau  
 $U = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### 174-Trennwand-zu-Kellerabgang



Trennwand zum Kellerabgang  
 $U = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

## 8. Geräteraum ohne Keller

Grundriss, Zone <4>Lager, Technik



| Hüllflächen           | 106,4 m² | Öffnungen | Bauteil                        |
|-----------------------|----------|-----------|--------------------------------|
| 0800 FG               | 28,3     |           | 234-Bodenplatte-Verbindungsbau |
| 0801 Abzug von F 0102 |          |           |                                |
| 0802                  | 13,3     |           |                                |
| 0803                  | 23,2     |           |                                |
| 0804                  | 13,3     |           |                                |
| 0805 FD               | 28,3     |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau   |

h = 3,30 m, hR = 2,70 m, hSt = 2,40 m, V = 93 m³, AN = 30 m², NGf = 30,0 m²

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)

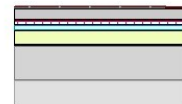


Flachdach Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(m²K)

### (FAW)

### (FF)

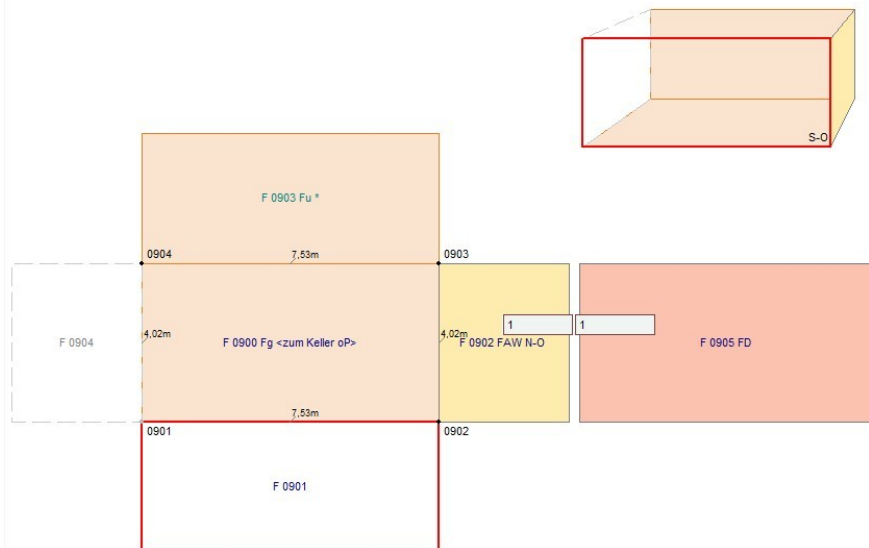
### 234-Bodenplatte-Verbindungsbau (FG)



Bodenplatte Verbindungsbau  
U = 0,50 W/(m²K)

## 9. Geräteraum mit Keller

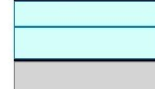
Grundriss, Zone <4>Lager, Technik



| Hüllflächen             | 111,9 m² | Öffnungen | Bauteil                       |
|-------------------------|----------|-----------|-------------------------------|
| 0900 Fg <zum Keller oP> | 30,3     |           | 226-Kellerdecke-Geräteraum    |
| 0901 Abzug von F 0102   |          |           |                               |
| 0902                    | 13,3     | 1,9       | 142-Außenwand                 |
| 0903 Fu *               | 24,8     |           | 174-Trennwand-zu-Kellerabgang |
| 0904                    | 13,3     |           |                               |
| 0905 FD                 | 30,3     |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau  |

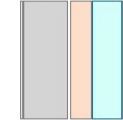
h = 3,30 m, hR = 2,70 m, hSt = 2,40 m, V = 100 m³, AN = 32 m², NGf = 29,6 m²

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



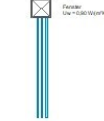
Flachdach Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(m²K)

### 142-Außenwand (FAW)

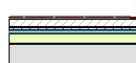


Außenwand  
U = 0,20 W/(m²K)

### 240-Fenster (FF)

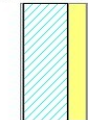


### 226-Kellerdecke-Geräteraum (FG)



Kellerdecke Geräteraum  
U = 0,20 W/(m²K)

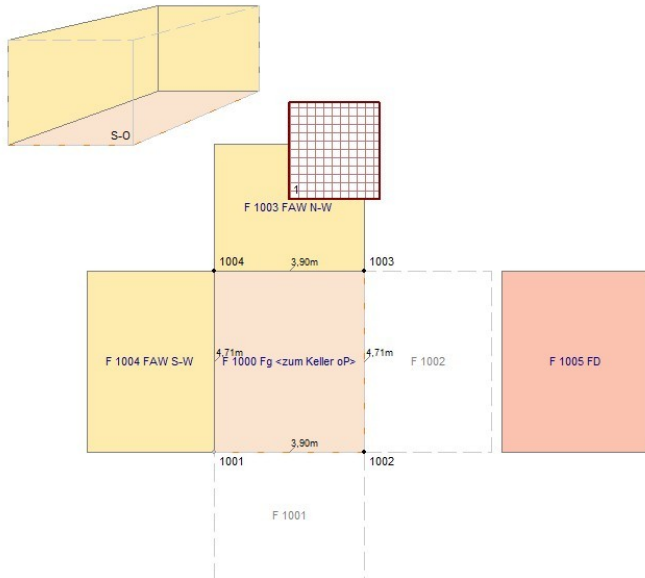
### 174-Trennwand-zu-Kellerabgang



Trennwand zum Kellerabgang  
U = 0,20 W/(m²K)

## 10. Windfang

Grundriss, Zone <3>Verkehrsflächen



| Hüllflächen             | 93,6 m² | Öffnungen | Bauteil                      |
|-------------------------|---------|-----------|------------------------------|
| 1000 Fg <zum Keller oP> | 18,4    |           | 223-Kellerdecke-Windfang     |
| 1001                    | 12,9    |           |                              |
| 1002                    | 15,5    |           |                              |
| 1003 FAW N-W            | 12,9    | 5,9       | 142-Außenwand                |
| 1004 FAW S-W            | 15,5    |           | 142-Außenwand                |
| 1005 FD                 | 18,4    |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau |

h = 3,30 m, hR = 2,50 m, hSt = 2,40 m, V = 61 m³, AN = 19 m², NGf = 14,9 m²

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



### 142-Außenwand (FAW)



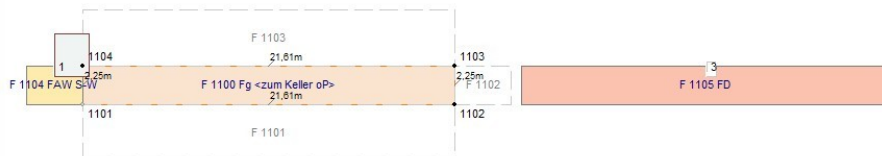
### (FF)

### 223-Kellerdecke-Windfang (FG)



## 11. Flur

Grundriss, Zone <3>Verkehrsflächen



| Hüllflächen             | 254,7 m² | Öffnungen | Bauteil                      |
|-------------------------|----------|-----------|------------------------------|
| 1100 Fg <zum Keller oP> | 48,6     |           | 222-Kellerdecke-Kriechkeller |
| 1101                    | 71,3     |           |                              |
| 1102                    | 7,4      |           |                              |
| 1103                    | 71,3     |           |                              |
| 1104 FAW S-W            | 7,4      | 5,0       | 142-Außenwand                |
| 1105 FD                 | 48,6     | 1,4       | 124-Flachdach-Verbindungsbau |

h = 3,30 m, hR = 2,50 m, hSt = 2,40 m, V = 180 m³, AN = 51 m², NGf = 42,0 m²

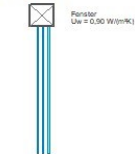
### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



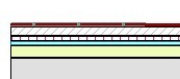
### 142-Außenwand (FAW)



### 240-Fenster (FF)

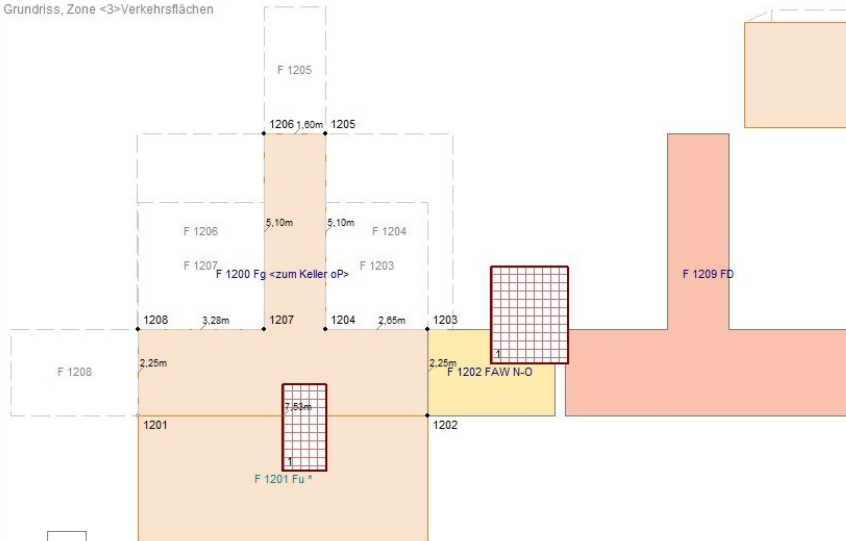


### 222-Kellerdecke-Kriechkeller (FG)



## 12. Flur über Keller

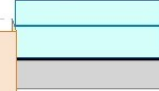
Grundriss, Zone <3> Verkehrsflächen



| Hüllflächen             | 148,4 m² | Öffnungen | Bauteil                            |
|-------------------------|----------|-----------|------------------------------------|
| 1200 Fg <zum Keller oP> | 25,1     |           | 228-Kellerdecke-Wasseraufbereitung |
| 1201 Fu                 | 24,8     | 2,6       | 174-Trennwand-zu-Kellerabgang      |
| 1202                    | 7,4      | 5,0       | 142-Außenwand                      |
| 1203                    | 8,7      |           |                                    |
| 1204                    | 16,8     |           |                                    |
| 1205                    | 5,3      |           |                                    |
| 1206                    | 16,8     |           |                                    |
| 1207                    | 10,8     |           |                                    |
| 1208                    | 7,4      |           |                                    |
| 1209 FD                 | 25,1     |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau       |

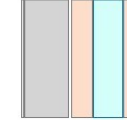
h = 3,30 m, hR = 2,50 m, hSt = 2,40 m, V = 83 m³, AN = 27 m², NGf = 21,6 m²

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach-Verbindungsbau  
U = 0,11 W/(m²K)

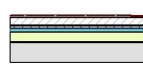
### 142-Außenwand (FAW)



Äußenwand  
U = 0,10 W/(m²K)

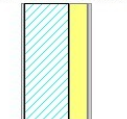
(FF)

### 228-Kellerdecke-Wasseraufbereitung (FG)



Kellerdecke-Wasseraufbereitung  
U = 0,20 W/(m²K)

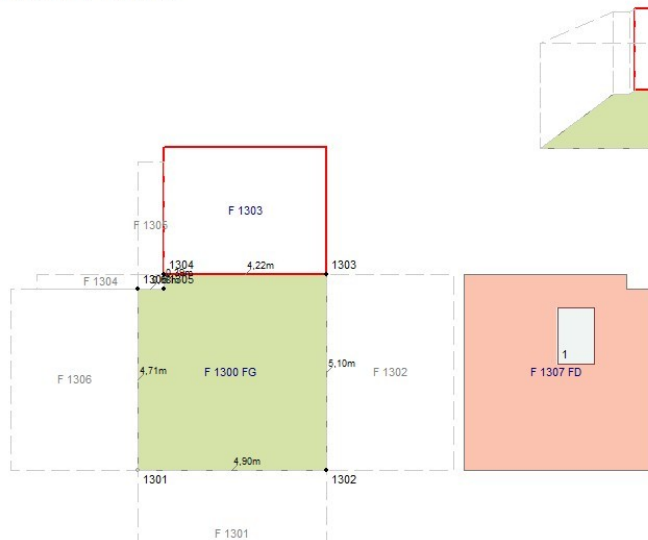
### 174-Trennwand-zu-Kellerabgang



Trennwand zum Kellerabgang  
U = 0,10 W/(m²K)

## 13. WC BH Umkleide H Schimmbad

Grundriss, Zone <1> Sanitärräume



| Hüllflächen | 101,5 m² | Öffnungen | Bauteil                        |
|-------------|----------|-----------|--------------------------------|
| 1300 FG     | 24,7     |           | 234-Bodenplatte-Verbindungsbau |
| 1301        | 16,2     |           |                                |
| 1302        | 16,8     |           |                                |
| 1303        | 1,3      |           |                                |
| 1304        | 2,2      |           |                                |
| 1305        | 15,5     |           |                                |
| 1306        | 24,7     | 1,4       | 124-Flachdach-Verbindungsbau   |

h = 3,30 m, hR = 2,50 m, hSt = 2,40 m, V = 82 m³, AN = 26 m², NGf = 21,8 m²

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach-Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(m²K)

### 142-Außenwand (FAW)



Äußenwand  
U = 0,10 W/(m²K)

### 254-Lichtkuppel (FF)



Lichtkuppel  
Uw = 1,50 W/(m²K)

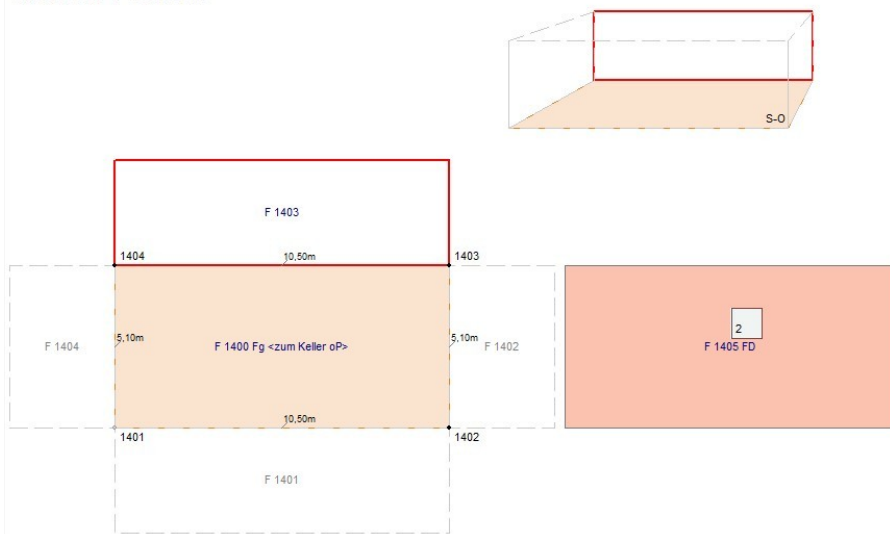
### 234-Bodenplatte-Verbindungsbau (FG)



Bodenplatte-Verbindungsbau  
U = 0,30 W/(m²K)

#### 14. Dusche Schwimmbad

Grundriss, Zone <1> Sanitärräume



| Hüllflächen             | 175,4 m²              | Öffnungen | Bauteil                      |
|-------------------------|-----------------------|-----------|------------------------------|
| 1400 Fg <zum Keller oP> | 53,5                  |           | 222-Kellerdecke-Kriechkeller |
| 1401                    | 34,6                  |           |                              |
| 1402                    | 16,8                  |           |                              |
| 1403                    | 1403 Abzug von F 1904 |           |                              |
| 1404                    | 16,8                  |           |                              |
| 1405 FD                 | 53,5                  | 1,8       | 124-Flachdach-Verbindungsbau |

h = 3,30 m, hR = 2,50 m, hSt = 2,40 m, V = 177 m³, AN = 57 m², NGf = 49,7 m²

#### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(mK)

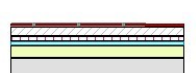
#### (FAW)

#### 254-Lichtkuppel (FF)



Lichtkuppel  
Uw = 1,50 W/(mK)

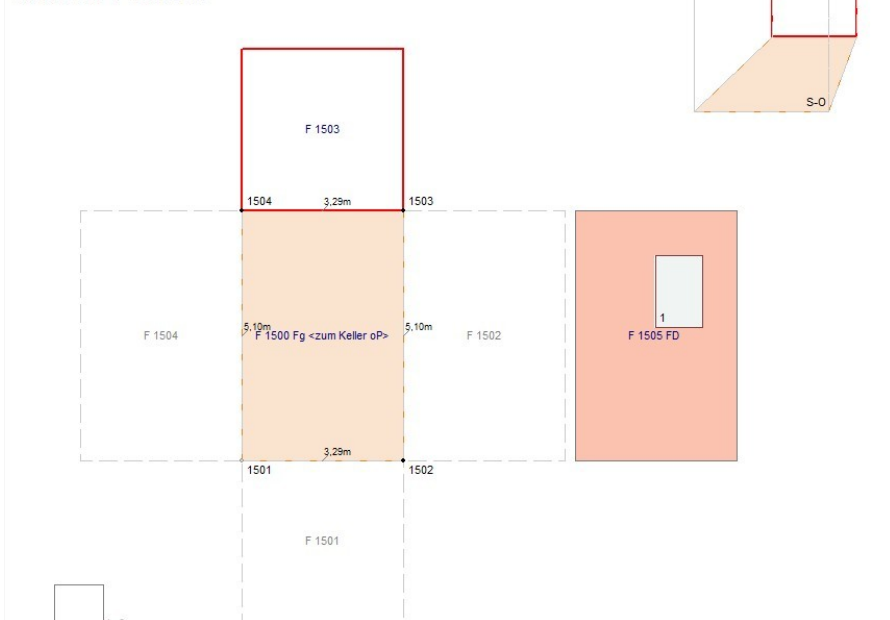
#### 222-Kellerdecke-Kriechkeller (FG)



Kellerdecke Kriechkeller  
U = 0,29 W/(mK)

#### 15. Umkleide D Schwimmbad

Grundriss, Zone <1> Sanitärräume



| Hüllflächen             | 78,1 m²               | Öffnungen | Bauteil                            |
|-------------------------|-----------------------|-----------|------------------------------------|
| 1500 Fg <zum Keller oP> | 16,8                  |           | 228-Kellerdecke-Wasseraufbereitung |
| 1501                    | 10,9                  |           |                                    |
| 1502                    | 16,8                  |           |                                    |
| 1503                    | 1503 Abzug von F 1904 |           |                                    |
| 1504                    | 16,8                  |           |                                    |
| 1505 FD                 | 16,8                  | 1,4       | 124-Flachdach-Verbindungsbau       |

h = 3,30 m, hR = 2,50 m, hSt = 2,40 m, V = 55 m³, AN = 18 m², NGf = 16,7 m²

#### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(mK)

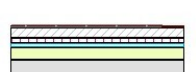
#### (FAW)

#### 254-Lichtkuppel (FF)



Lichtkuppel  
Uw = 1,50 W/(mK)

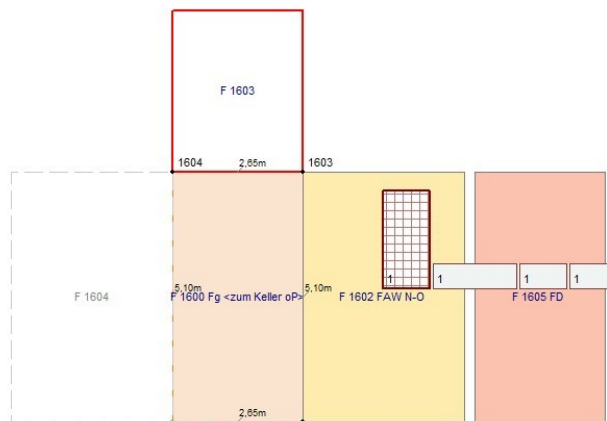
#### 228-Kellerdecke-Wasseraufbereitung (FG)



Kellerdecke Wasseraufbereitung  
U = 0,29 W/(mK)

## 16. Aufsicht

Grundriss, Zone <2> sonstige Aufenthaltsräume Zone 17



| Hüllflächen             | 69,4 m² | Öffnungen | Bauteil                            |
|-------------------------|---------|-----------|------------------------------------|
| 1600 Fg <zum Keller oP> | 13,5    |           | 228-Kellerdecke-Wasseraufbereitung |
| 1601                    | 8,7     |           |                                    |
| 1602                    | 16,8    | 3,7       | 142-Außenwand                      |
| 1603 Abzug von F 1904   |         |           |                                    |
| 1604                    | 16,8    |           |                                    |
| 1605 FD                 | 13,5    |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau       |

$h = 3,30 \text{ m}$ ,  $h_R = 2,50 \text{ m}$ ,  $h_{St} = 2,40 \text{ m}$ ,  $V = 45 \text{ m}^3$ ,  $AN = 14 \text{ m}^2$ ,  $NGf = 9,7 \text{ m}^2$

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



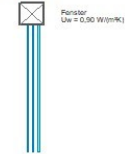
Flachdach Verbindungsbau  
 $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### 142-Außenwand (FAW)



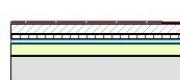
Außenwand  
 $U = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### 240-Fenster (FF)



Fenster  
 $U_w = 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

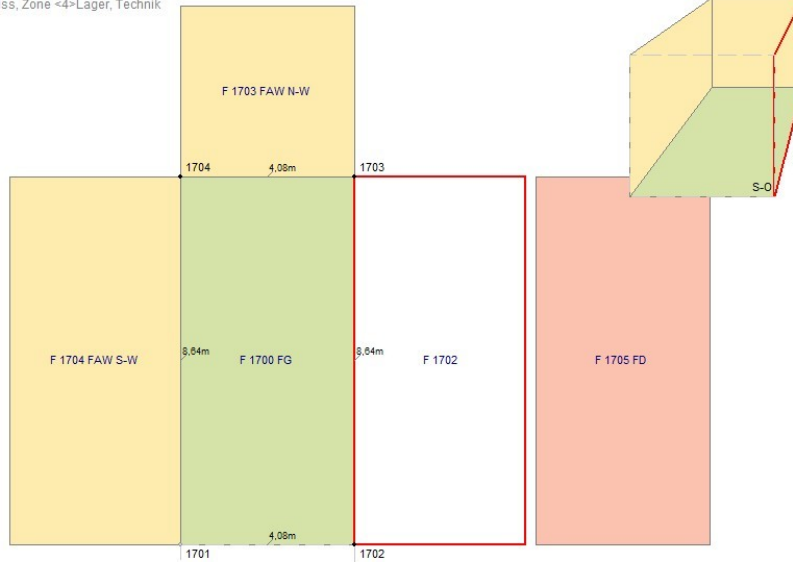
### 228-Kellerdecke-Wasseraufbereitung (FG)



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

## 17. TGA neu 1/2

Grundriss, Zone <4> Lager, Technik



| Hüllflächen           | 137,7 m² | Öffnungen | Bauteil                      |
|-----------------------|----------|-----------|------------------------------|
| 1700 FG               | 35,3     |           | 238-Bodenplatte-TGA          |
| 1701                  | 16,3     |           |                              |
| 1702 Abzug von F 1905 |          |           |                              |
| 1703 FAW N-W          | 16,3     |           | 142-Außenwand                |
| 1704 FAW S-W          | 34,6     |           | 142-Außenwand                |
| 1705 FD               | 35,3     |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau |

$h = 4,00 \text{ m}$ ,  $h_R = 3,20 \text{ m}$ ,  $h_{St} = 2,40 \text{ m}$ ,  $V = 141 \text{ m}^3$ ,  $AN = 45 \text{ m}^2$ ,  $NGf = 32,5 \text{ m}^2$

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach Verbindungsbau  
 $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

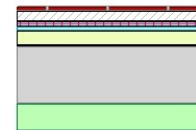
### 142-Außenwand (FAW)



Außenwand  
 $U = 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### (FF)

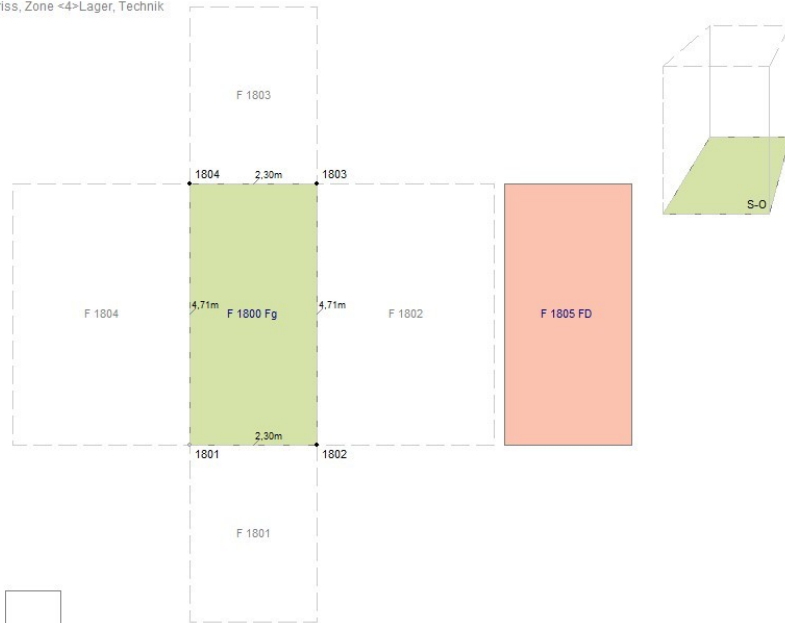
### 238-Bodenplatte-TGA (FG)



Bodenplatte TGA (neu)  
 $U = 0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

## 18. TGA neu 2/2

Grundriss, Zone <4>Lager, Technik



| Hüllflächen | 66,5 m² | Öffnungen | Bauteil                      |
|-------------|---------|-----------|------------------------------|
| 1800 Fg     | 10,8    |           | 222-Kellerdecke-Kriechkeller |
| 1801        | 7,4     |           |                              |
| 1802        | 15,1    |           |                              |
| 1803        | 7,4     |           |                              |
| 1804        | 15,1    |           |                              |
| 1805 FD     | 10,8    |           | 124-Flachdach-Verbindungsbau |

h = 3,20 m, hR = 2,70 m, hSt = 2,40 m, V = 35 m³, AN = 11 m², NGf = 8,0 m²

### 124-Flachdach-Verbindungsbau (FD)



Flachdach Verbindungsbau  
U = 0,14 W/(mK)

### (FAW)

### (FF)

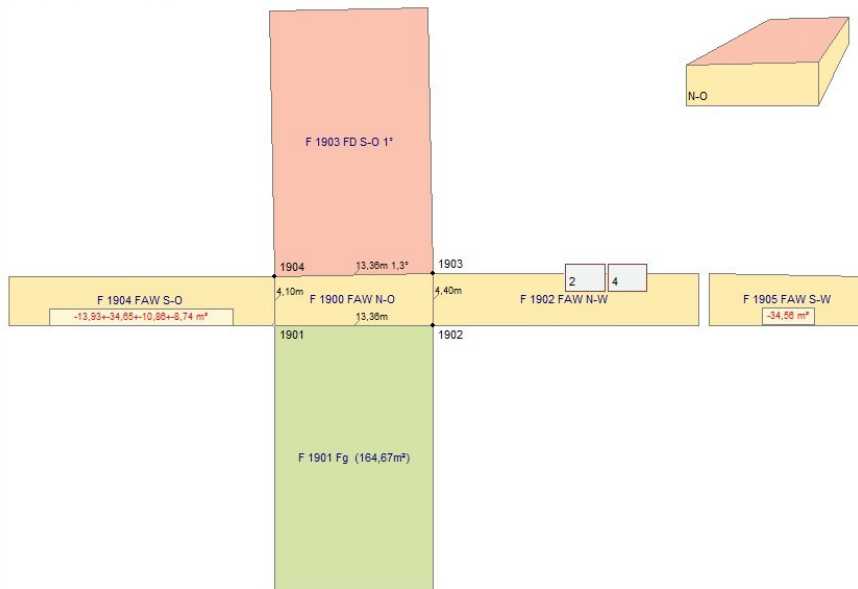
### 222-Kellerdecke-Kriechkeller (FG)



Kellerdecke Kriechkeller  
U = 0,29 W/(mK)

## 19. Schwimmhalle

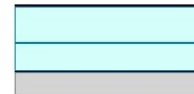
Ansicht, Zone <6>Schwimmhalle



| Hüllflächen  | 664,1 m² | Öffnungen | Bauteil                    |
|--------------|----------|-----------|----------------------------|
| 1900 FAW N-O | 56,8     |           | 142-Außenwand              |
| 1901 Fg      | 164,7    |           | 224-Kellerdecke-Schwimmbad |
| 1902         | 98,3     | 45,8      | 142-Außenwand              |
| 1903         | 298,6    |           | 120-Flachdach-Schwimmhalle |
| 1904         | 23,5     |           | 142-Außenwand              |
| 1905 FAW S-W | 22,2     |           | 142-Außenwand              |

t = 22,35 m, hR = 3,10 m, hSt = 2,40 m, V = 1289 m³, AN = 400 m², NGf = 257,2 m²

### 120-Flachdach-Schwimmhalle (FD)



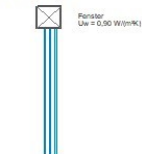
Flachdach Schwimmhalle  
U = 0,18 W/(mK)

### 142-Außenwand (FAW)



Außenwand  
U = 0,19 W/(mK)

### 240-Fenster (FF)



### 224-Kellerdecke-Schwimmbad (FG)



Kellerdecke Schwimmbad  
U = 0,29 W/(mK)

## 4.5 Bauteile

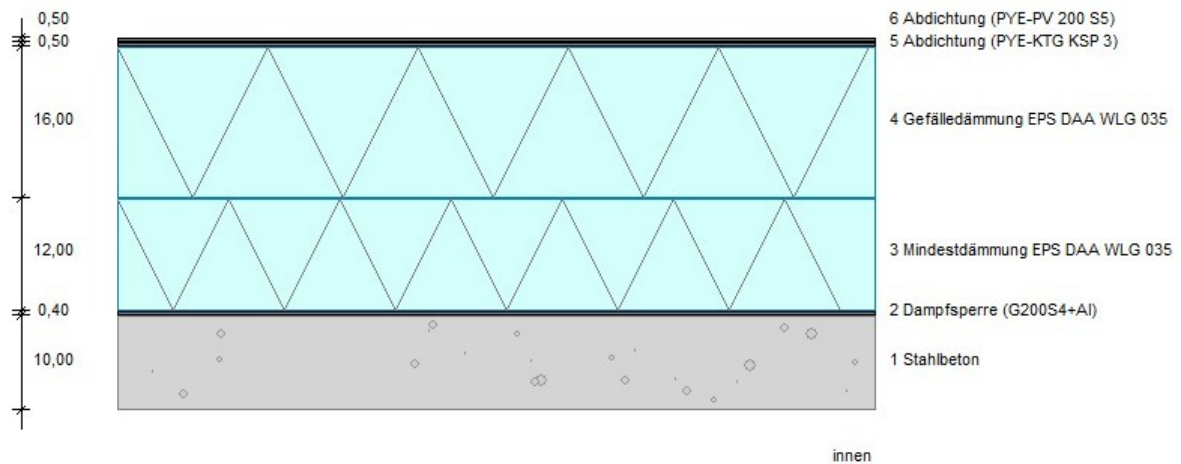
| Anwendungs-<br>gebiet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Anwendungstypen nach DIN 4108-10 |                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Kurzzeichen <sup>a</sup>         | Beschreibung                                                                                                              |
| Decke, Dach                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | DAD                              | Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Deckungen                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DAA                              | Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Abdichtung                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DUK                              | Außendämmung des Daches, der Bewitterung ausgesetzt (Umkehrdach) <sup>b</sup>                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DZ                               | Zwischensparrendämmung, zweischaliges Dach, nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschossdecke                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DI                               | Innendämmung der Decke (unterseitig) oder des Daches, Dämmung unter den Sparren / Tragkonstruktion, abgehängte Decke usw. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DEO                              | Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich ohne Schallschutzanforderungen                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | DES                              | Innendämmung der Decke oder Bodenplatte (oberseitig) unter Estrich mit Schallschutzanforderungen                          |
| Wand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | WAB <sup>b</sup>                 | Außendämmung der Wand hinter Bekleidung                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WAA                              | Außendämmung der Wand hinter Abdichtung                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WAP <sup>b,c</sup>               | Außendämmung der Wand unter Putz <sup>c</sup>                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WZ                               | Dämmung von zweischaligen Wänden, Kerndämmung                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WH                               | Dämmung von Holzrahmen- und Holztafelbauweise                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WI                               | Innendämmung der Wand                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | WTH                              | Dämmung zwischen Haustrennwänden mit Schallschutzanforderungen                                                            |
| Perimeter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | WTR                              | Dämmung von Rauntrennwänden                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | PW                               | Außen liegende Wärmedämmung von Wänden gegen Erdreich (außerhalb der Abdichtung) <sup>d</sup>                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | PB                               | Außenliegende Wärmedämmung unter der Bodenplatte gegen Erdreich (außerhalb der Abdichtung) <sup>d</sup>                   |
| <p><sup>a</sup> Die verwendeten Kurzzeichen sind Abkürzungen für Anwendungsgebiete von Wärmedämmungen</p> <p><sup>b</sup> Auch für den Anwendungsfall von unten gegen Außenluft</p> <p><sup>c</sup> Anwendungsgebiet / Kurzzeichen WAP gilt nicht für Dämmstoffplatten in Wärmedämmverbundsystemen (WDVS). WDVS sind keine genormte Anwendung</p> <p><sup>d</sup> Es gelten die Festlegungen nach DIN 4108-2</p> |                                  |                                                                                                                           |

DIN 4108-10 Tabelle 1 – Anwendungsgebiete von Wärmedämmung

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Flachdach Schwimmhalle (Ref-No 1.0)



Flachdach Schwimmhalle  
 $U = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dachaufbau gem. LV 2021071 Kostenschätzung Stadtbetriebe GV, Projekt 220003 vom 11.11.2021

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

### Querschnitt (Ref-No 1.3)

| von innen                         | s<br>cm | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | $\gamma$<br>kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                          |         |                             |                               |                     | 0,100                   |
| 01 Stahlbeton                     | 10,00   | 2400                        | 240,0                         | 2,300               | 0,043                   |
| 02 Dampfsperre (G200S4+Al)        | 0,40    | 1100                        | 4,4                           | -                   | -                       |
| 03 Mindestdämmung EPS DAA WLG 035 | 12,00   | 20                          | 2,4                           | 0,035               | 3,429                   |
| 04 Gefälledämmung EPS DAA WLG 035 | 16,00   | 20                          | 3,2                           | -                   | -                       |
| 05 Abdichtung (PYE-KTG KSP 3)     | 0,50    | 1100                        | 5,5                           | -                   | -                       |
| 06 Abdichtung (PYE-PV 200 S5)     | 0,50    | 1100                        | 5,5                           | -                   | -                       |
| $R_{se}$                          |         |                             |                               |                     | 0,040                   |
| d =                               | 39,40   | G =                         | 261,0                         | $R_T =$             | 3,61                    |

$$U = 0,277 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

**Bauteil mit keilförmiger Schicht (EN ISO 6946:2008, Anhang C)**  
( Ref-No 1.4 )

keilförmige Schicht: 3 Minestdämmung EPS DAA WLG 035  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$

rechteckige Dachfläche  $8,00 * 10,00 \text{ m}$ ,  $A = 80,0 \text{ m}^2$

Außenentwässerung einseitig

Gefälledämmung mit 2,0 % Gefälle, größte Dicke  $d_k = 0,160 \text{ m}$

$80,0 \text{ m}^2$  rechteckige Keilfläche mit  $U = 0,179 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dämmstoffvolumen (nur Gefälledämmung) =  $6,4 \text{ m}^3$

mittlerer U-Wert mit keilförmiger Dämmschicht =  $0,179 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_{\text{Rechteck-Keil}} = 1/R_1 * \ln(1 + R_1 / R_0)$  mit  $R_1 = d_k/\lambda$  und  $R_0 = R_T$  (C.1)

$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze hoch}} = 2/R_1 * [(1 + R_0 / R_1) * \ln(1 + R_1 / R_0) - 1]$  (C.2)

$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze tief}} = 2/R_1 * [1 - R_0 / R_1 * \ln(1 + R_1 / R_0)]$  (C.3)

**Wärmedurchgangskoeffizient**

( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,179 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**

( Ref-No 1.8.2 )

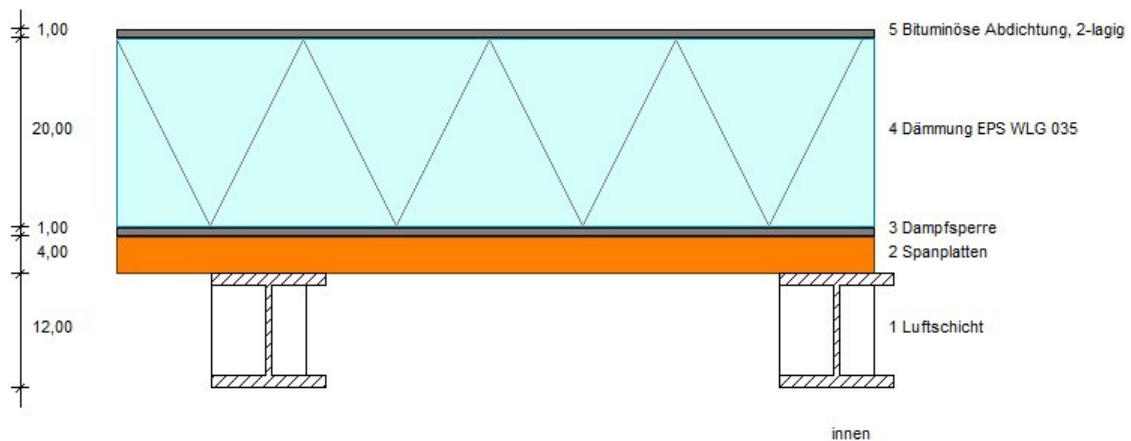
Anforderung:  $U_{\text{max}}$ -Wert bei Wärmedämmung von Flächdächern und Dächern mit Abdichtung

$$U \quad 0,18 > 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{nicht eingehalten}$$

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Flachdach Turnhalle (Ref-No 1.0)



Flachdach Turnhalle  
 $U = 0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dachaufbau gem. Unterlagen aus der Email von Herrn Kühn (Stadtbetriebe GV) vom 27.08.2024

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

### Querschnitt (Ref-No 1.3)

| von innen                         | s<br>cm   | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                          |           |                             |                   |                     | 0,100                   |
| 01 Luftschicht                    | 12,00     | 1                           | 0,1               | -                   | -                       |
| 02 Spanplatten                    | 4,00      | 900                         | 36,0              | 0,180               | 0,222                   |
| 03 Dampfsperre                    | 1,00      | 1100                        | 11,0              | -                   | -                       |
| 04 Dämmung EPS WLG 035            | 20,00     | 20                          | 4,0               | 0,035               | 5,714                   |
| 05 Bituminöse Abdichtung, 2-lagig | 1,00      | 1100                        | 11,0              | -                   | -                       |
| $R_{se}$                          |           |                             |                   |                     | 0,040                   |
| <hr/>                             |           |                             |                   |                     |                         |
|                                   | d = 38,00 | G =                         | 62,1              | $R_T =$             | 6,08                    |

$U = 0,165 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,165 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

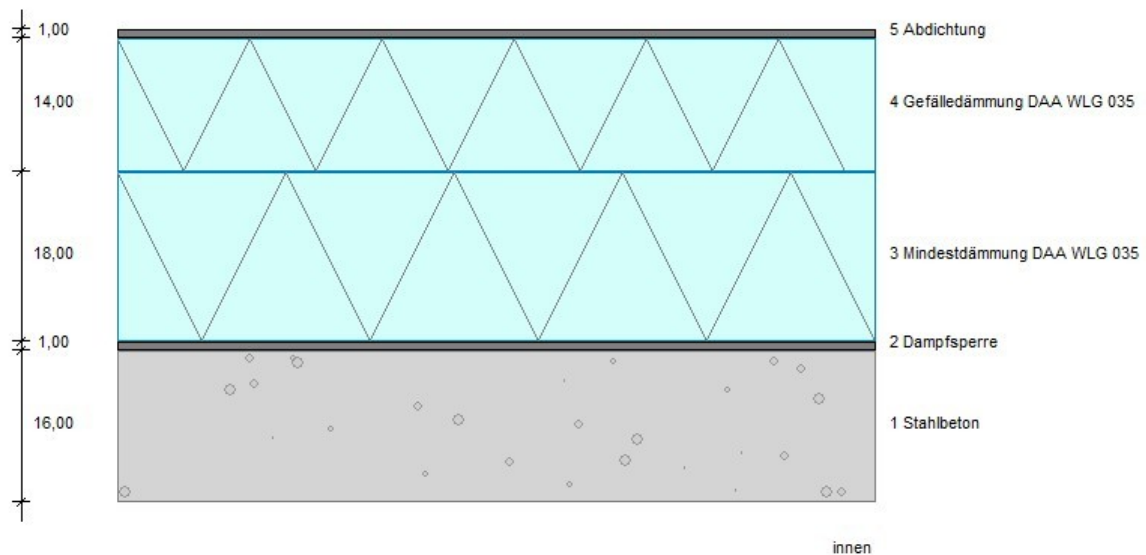
Anforderung: U<sub>max</sub>-Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

U            0,16 > 0,14 W/(m<sup>2</sup>K)    nicht eingehalten

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Flachdach Verbindungsbau ( Ref-No 1.0 )



Flachdach Verbindungsbau  
 $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

### Querschnitt ( Ref-No 1.3 )

| von innen                     | s<br>cm   | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                      |           |                             |                   |                     | 0,100                   |
| 01 Stahlbeton                 | 16,00     | 2400                        | 384,0             | 2,300               | 0,070                   |
| 02 Dampfsperre                | 1,00      | 1100                        | 11,0              | -                   | -                       |
| 03 Minestdämmung DAA WLG 035  | 18,00     | 20                          | 3,6               | 0,035               | 5,143                   |
| 04 Gefälledämmung DAA WLG 035 | 14,00     | 20                          | 2,8               | -                   | -                       |
| 05 Abdichtung                 | 1,00      | 1100                        | 11,0              | -                   | -                       |
| $R_{se}$                      |           |                             |                   |                     | 0,040                   |
| <hr/>                         |           |                             |                   |                     |                         |
|                               | d = 50,00 | G =                         | 412,4             | $R_T =$             | 5,35                    |

$U = 0,187 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Bauteil mit keilförmiger Schicht (EN ISO 6946:2008, Anhang C)**  
( Ref-No 1.4 )

keilförmige Schicht: 3 Minestdämmung DAA WLG 035  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$

rechteckige Dachfläche  $14,00 * 10,00 \text{ m}$ ,  $A = 140,0 \text{ m}^2$

Außenentwässerung nach zwei Seiten

Gefälledämmung mit 2,0 % Gefälle, größte Dicke  $d_k = 0,140 \text{ m}$

$140,0 \text{ m}^2$  rechteckige Keiffläche mit  $U = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dämmstoffvolumen (nur Gefälledämmung) =  $9,8 \text{ m}^3$

mittlerer U-Wert mit keilförmiger Dämmschicht =  $0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_{\text{Rechteck-Keil}} = 1/R_1 * \ln(1 + R_1 / R_0)$  mit  $R_1 = d_k/\lambda$  und  $R_0 = R_T$  (C.1)

$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze hoch}} = 2/R_1 * [(1 + R_0 / R_1) * \ln(1 + R_1 / R_0) - 1]$  (C.2)

$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze tief}} = 2/R_1 * [1 - R_0 / R_1 * \ln(1 + R_1 / R_0)]$  (C.3)

**Wärmedurchgangskoeffizient**

( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,140 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**

( Ref-No 1.8.2 )

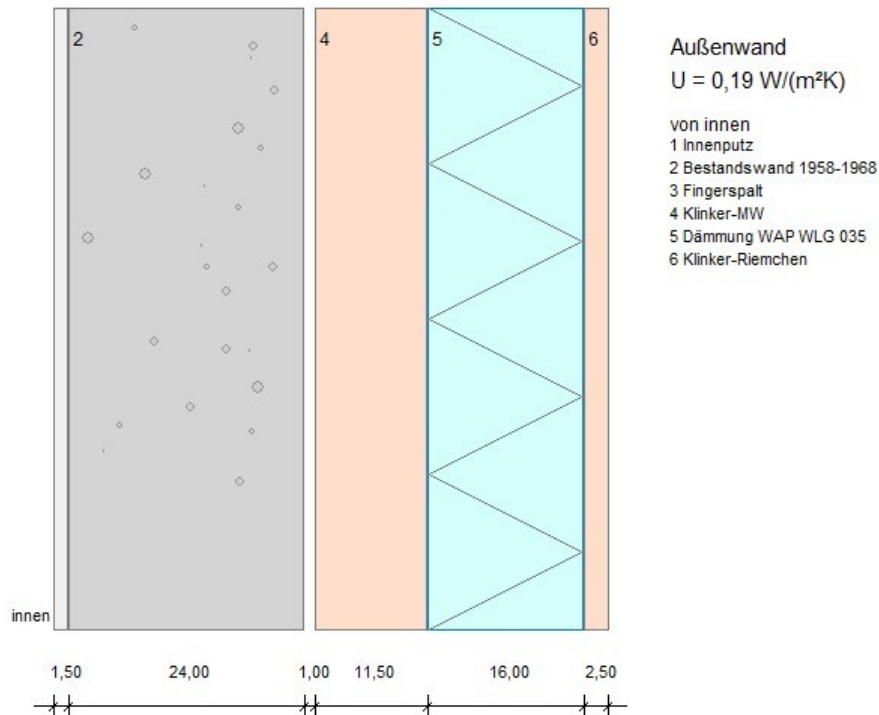
Anforderung:  $U_{\text{max}}$ -Wert bei Wärmedämmung von Flachdächern und Dächern mit Abdichtung

$U \quad 0,14 \leq 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Außenwand ( Ref-No 1.0 )



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

### Querschnitt ( Ref-No 1.3 )

| von innen                 | s<br>cm   | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W / (mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|---------------------------|-----------|-----------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                  |           |                             |                   |                       | 0,130                   |
| 01 Innenputz              | 1,50      | 1200                        | 18,0              | –                     | –                       |
| 02 Bestandswand 1958-1968 | 24,00     | 2300                        | 552,0             | –                     | 0,544                   |
| 03 Fingerspalt            | 1,00      | 1                           | 0,0               | –                     | –                       |
| 04 Klinker-MW             | 11,50     | 1800                        | 207,0             | –                     | –                       |
| 05 Dämmung WAP WLG 035    | 16,00     | 20                          | 3,2               | 0,035                 | 4,571                   |
| 06 Klinker-Riemchen       | 2,50      | 1800                        | 45,0              | –                     | –                       |
| $R_{se}$                  |           |                             |                   |                       | 0,040                   |
| <hr/>                     |           |                             |                   |                       |                         |
|                           | d = 56,50 | G =                         | 825,2             | $R_T =$               | 5,29                    |

### Wärmedurchgangskoeffizient ( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,189 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

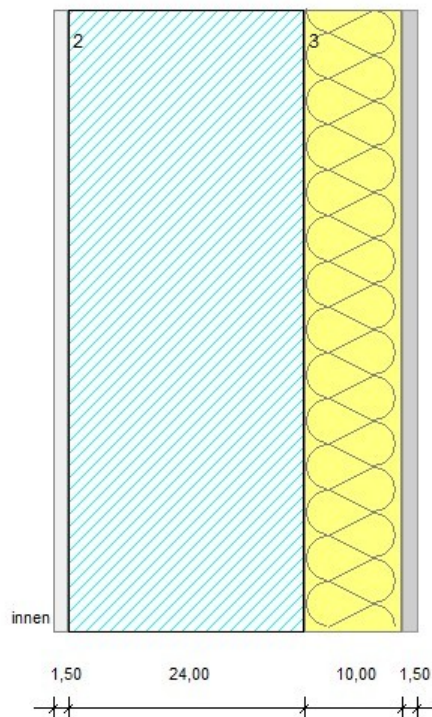
Anforderung: U<sub>max</sub>-Wert bei Wärmedämmung von Außenwänden

U            0,19 ≤ 0,20 W/(m²K)    OK

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

**Bauteil: Trennwand zum Kellerabgang**  
( Ref-No 1.0 )



Trennwand zum Kellerabgang  
 $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen  
1 Innenputz  
2 Kalksandstein-MW 1800  
3 Dämmung WAP WLK 035  
4 Außenputz

Bauteiltyp "Treppenraumwand" (6)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**  
( Ref-No 1.3 )

| von innen                | s<br>cm | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|--------------------------|---------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                 |         |                             |                   |                     | 0,130                   |
| 01 Innenputz             | 1,50    | 1200                        | 18,0              | 0,700               | 0,021                   |
| 02 Kalksandstein-MW 1800 | 24,00   | 1800                        | 432,0             | 0,990               | 0,242                   |
| 03 Dämmung WAP WLK 035   | 10,00   | 20                          | 2,0               | 0,035               | 2,857                   |
| 04 Außenputz             | 1,50    | 1800                        | 27,0              | -                   | -                       |
| $R_{se}$                 |         |                             |                   |                     | 0,130                   |
| <hr/>                    |         |                             |                   |                     |                         |
| d =                      | 37,00   | G =                         | 479,0             | $R_T =$             | 3,38                    |

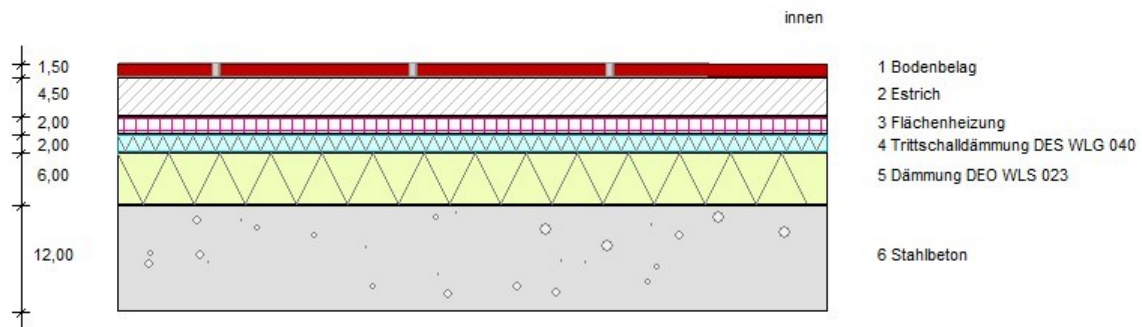
**Wärmedurchgangskoeffizient**  
( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,296 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

**Bauteil: Kellerdecke Kriechkeller**  
( Ref-No 1.0 )



Kellerdecke Kriechkeller  
 $U = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**  
( Ref-No 1.3 )

|                                   | s<br>cm   | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> |                   | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| von innen                         |           |                             | kg/m <sup>2</sup> |                     |                         |
| $R_{si}$                          |           |                             |                   |                     | 0,170                   |
| 01 Bodenbelag                     | 1,50      | 2000                        | 30,0              | -                   | -                       |
| 02 Estrich                        | 4,50      | 2000                        | 90,0              | 1,400               | 0,032                   |
| 03 Flächenheizung                 | 2,00      | -                           | 10,0              | 1,400               | 0,014                   |
| 04 Trittschalldämmung DES WLK 040 | 2,00      | 20                          | 0,4               | 0,040               | 0,500                   |
| 05 Dämmung DEO WLS 023            | 6,00      | 30                          | 1,8               | 0,023               | 2,609                   |
| 06 Stahlbeton                     | 12,00     | 2400                        | 288,0             | -                   | -                       |
| $R_{se}$                          |           |                             |                   |                     | 0,170                   |
| <hr/>                             |           |                             |                   |                     |                         |
|                                   | d = 28,00 | G = 420,2                   |                   | $R_T = 3,50$        |                         |

**Wärmedurchgangskoeffizient**  
( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,286 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

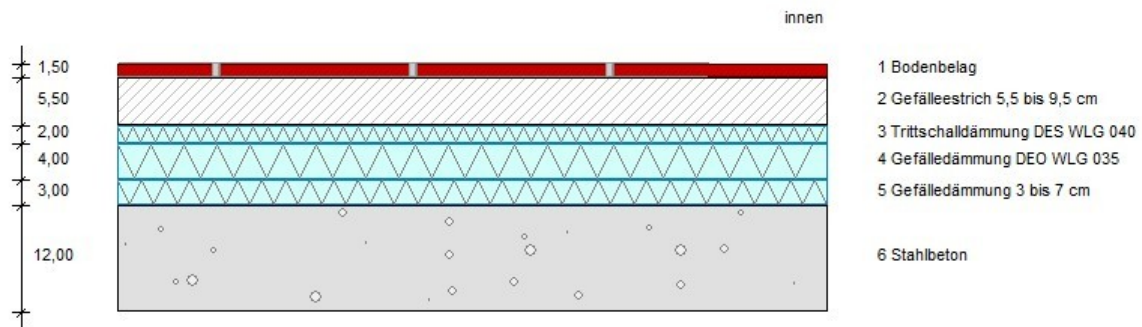
Anforderung:  $U_{max}$ -Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

$U = 0,29 > 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  nicht eingehalten

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Kellerdecke Windfang (Ref-No 1.0)



Kellerdecke Windfang  
 $U = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt (Ref-No 1.3)

| von innen                         | s<br>cm | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                          |         |                             |                   |                     | 0,170                   |
| 01 Bodenbelag                     | 1,50    | 2000                        | 30,0              | -                   | -                       |
| 02 Gefälleestrich 5,5 bis 9,5 cm  | 5,50    | 2000                        | 110,0             | 1,400               | 0,039                   |
| 03 Trittschalldämmung DES WLK 040 | 2,00    | 20                          | 0,4               | 0,040               | 0,500                   |
| 04 Gefälledämmung DEO WLK 035     | 4,00    | 20                          | 0,8               | -                   | -                       |
| 05 Gefälledämmung 3 bis 7 cm      | 3,00    | 20                          | 0,6               | 0,035               | 0,857                   |
| 06 Stahlbeton                     | 12,00   | 2400                        | 288,0             | -                   | -                       |
| $R_{se}$                          |         |                             |                   |                     | 0,170                   |
| d =                               | 28,00   | G =                         | 429,8             | $R_T =$             | 1,74                    |

$$U = 0,576 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

**Bauteil mit keilförmiger Schicht (EN ISO 6946:2008, Anhang C)**  
( Ref-No 1.4 )

keilförmige Schicht: 5 Gefälledämmung 3 bis 7 cm  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$

rechteckige Dachfläche 4,00 \* 3,00 m, A = 12,0 m<sup>2</sup>

Außenentwässerung einseitig

Gefälledämmung mit 1,0 % Gefälle, größte Dicke  $d_k = 0,040 \text{ m}$

12,0 m<sup>2</sup> rechteckige Keilfläche mit  $U = 0,442 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dämmstoffvolumen (nur Gefälledämmung) = 0,2 m<sup>3</sup>

mittlerer U-Wert mit keilförmiger Dämmschicht = 0,442 W/(m<sup>2</sup>K)

$U_{\text{Rechteck-Keil}} = 1/R_1 * \ln(1 + R_1 / R_0)$  mit  $R_1 = d_k/\lambda$  und  $R_0 = R_T$  (C.1)

$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze hoch}} = 2/R_1 * [(1 + R_0 / R_1) * \ln(1 + R_1 / R_0) - 1]$  (C.2)

$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze tief}} = 2/R_1 * [1 - R_0 / R_1 * \ln(1 + R_1 / R_0)]$  (C.3)

**Wärmedurchgangskoeffizient**

( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,442 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**

( Ref-No 1.8.2 )

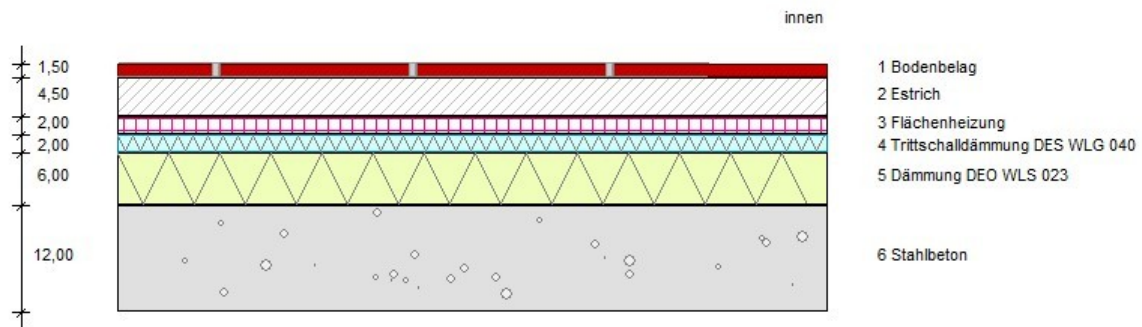
Anforderung:  $U_{\text{max}}$ -Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

$$U \quad 0,44 > 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \underline{\text{nicht eingehalten}}$$

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

**Bauteil: Kellerdecke Schwimmbad**  
( Ref-No 1.0 )



Kellerdecke Schwimmbad  
 $U = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**  
( Ref-No 1.3 )

| von innen                         | s<br>cm     | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                          |             |                             |                   |                     | 0,170                   |
| 01 Bodenbelag                     | 1,50        | 2000                        | 30,0              | –                   | –                       |
| 02 Estrich                        | 4,50        | 2000                        | 90,0              | 1,400               | 0,032                   |
| 03 Flächenheizung                 | 2,00        | –                           | 10,0              | 1,400               | 0,014                   |
| 04 Trittschalldämmung DES WLG 040 | 2,00        | 20                          | 0,4               | 0,040               | 0,500                   |
| 05 Dämmung DEO WLS 023            | 6,00        | 30                          | 1,8               | 0,023               | 2,609                   |
| 06 Stahlbeton                     | 12,00       | 2400                        | 288,0             | –                   | –                       |
| $R_{se}$                          |             |                             |                   |                     | 0,170                   |
| <hr/>                             |             |                             |                   |                     |                         |
|                                   | $d = 28,00$ | $G = 420,2$                 |                   | $R_T = 3,50$        |                         |

**Wärmedurchgangskoeffizient**  
( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,286 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

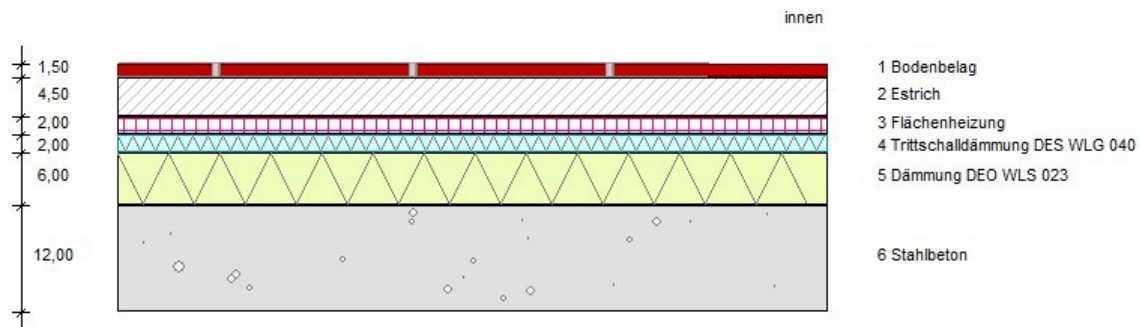
Anforderung:  $U_{\max}$ -Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

$U$        $0,29 > 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$       nicht eingehalten

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Kellerdecke Geräteraum (Ref-No 1.0)



Kellerdecke Geräteraum  
 $U = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt (Ref-No 1.3)

|                                   | s<br>cm   | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| von innen                         |           |                             |                   |                     |                         |
| $R_{si}$                          |           |                             |                   |                     | 0,170                   |
| 01 Bodenbelag                     | 1,50      | 2000                        | 30,0              | –                   | –                       |
| 02 Estrich                        | 4,50      | 2000                        | 90,0              | 1,400               | 0,032                   |
| 03 Flächenheizung                 | 2,00      | –                           | 10,0              | 1,400               | 0,014                   |
| 04 Trittschalldämmung DES WLG 040 | 2,00      | 20                          | 0,4               | 0,040               | 0,500                   |
| 05 Dämmung DEO WLS 023            | 6,00      | 30                          | 1,8               | 0,023               | 2,609                   |
| 06 Stahlbeton                     | 12,00     | 2400                        | 288,0             | –                   | –                       |
| $R_{se}$                          |           |                             |                   |                     | 0,170                   |
| <hr/>                             |           |                             |                   |                     |                         |
|                                   | d = 28,00 | G = 420,2                   |                   | $R_T =$             | 3,50                    |

### Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,286 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden (Ref-No 1.8.2)

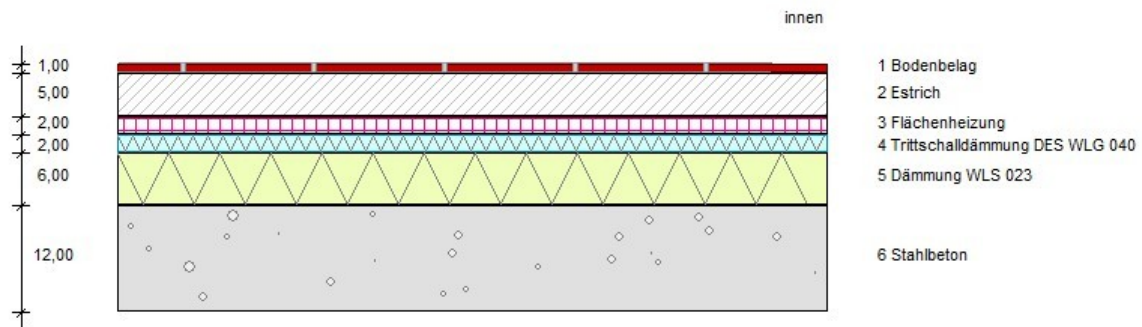
Anforderung:  $U_{\max}$ -Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

$U$  0,29 > 0,25 W/(m<sup>2</sup>K) nicht eingehalten

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Kellerdecke Wasseraufbereitung (Ref-No 1.0)



Kellerdecke Wasseraufbereitung  
 $U = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke" (8)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt (Ref-No 1.3)

|                                   | s<br>cm | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| von innen                         |         |                             |                   |                     |                         |
| $R_{si}$                          |         |                             |                   |                     | 0,170                   |
| 01 Bodenbelag                     | 1,00    | 2000                        | 20,0              | -                   | -                       |
| 02 Estrich                        | 5,00    | 2000                        | 100,0             | 1,400               | 0,036                   |
| 03 Flächenheizung                 | 2,00    | -                           | 10,0              | 1,400               | 0,014                   |
| 04 Trittschalldämmung DES WLG 040 | 2,00    | 20                          | 0,4               | 0,040               | 0,500                   |
| 05 Dämmung WLS 023                | 6,00    | 30                          | 1,8               | 0,023               | 2,609                   |
| 06 Stahlbeton                     | 12,00   | 2400                        | 288,0             | -                   | -                       |
| $R_{se}$                          |         |                             |                   |                     | 0,170                   |
| d =                               | 28,00   | G =                         | 420,2             | $R_T =$             | 3,50                    |

### Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,286 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden (Ref-No 1.8.2)

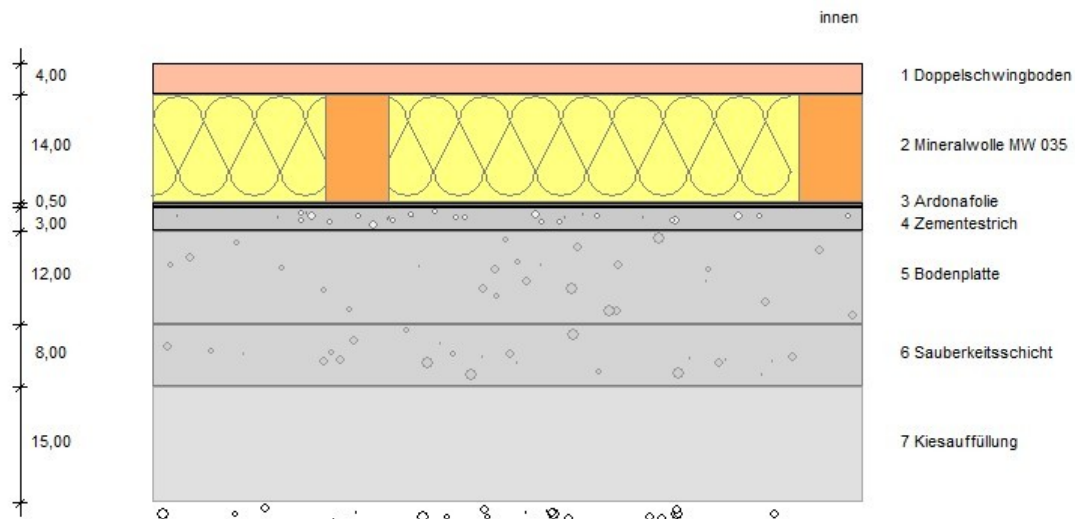
Anforderung:  $U_{max}$ -Wert bei Wärmedämmung von Kellerdecken und Decken zu unbeheizten Räumen

$U$  0,29 > 0,25 W/(m<sup>2</sup>K) nicht eingehalten

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Bodenplatte Turnhalle ( Ref-No 1.0 )



Bodenplatte Turnhalle  
 $U = 0,32 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt ( Ref-No 1.3 )

| von innen              | s<br>cm   | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/ (mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|------------------------|-----------|-----------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| $R_{si}$               |           |                             |                   |                      | 0,170                   |
| 01 Doppelschwingboden  | 4,00      | 600                         | 24,0              | –                    | –                       |
| 02 Mineralwolle MW 035 | 14,00     | 20                          | 2,8               | 0,035                | 4,000                   |
| 03 Ardonafolie         | 0,50      | 1200                        | 6,0               | –                    | –                       |
| 04 Zementestrich       | 3,00      | 2000                        | 60,0              | –                    | –                       |
| 05 Bodenplatte         | 12,00     | 2400                        | 288,0             | –                    | –                       |
| 06 Sauberkeitsschicht  | 8,00      | 2400                        | 192,0             | –                    | –                       |
| 07 Kiesauffüllung      | 15,00     | 1800                        | 270,0             | –                    | –                       |
| $R_{se}$               |           |                             |                   |                      | 0,000                   |
| <hr/>                  |           |                             |                   |                      |                         |
|                        | d = 56,50 | G = 842,8                   |                   | $R_T = 4,17$         |                         |

$$U_{\text{Gefach}} = 0,240 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

#### Rahmenbereich

| Rahmenbreite           | Achsabstand | zusammengesetztes Bauteil |                         |                  |                         |  |
|------------------------|-------------|---------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|--|
| 8,0 cm                 | 60,0 cm     | 13,3 %                    | 853,6 kg/m <sup>2</sup> |                  |                         |  |
| Rahmenanteil von innen | s<br>cm     | ρ<br>kg/m <sup>3</sup>    | kg/m <sup>2</sup>       | λ<br>W/(mK)      | R<br>m <sup>2</sup> K/W |  |
| R <sub>Si</sub>        |             |                           |                         |                  | 0,170                   |  |
| 01 Doppelschwingboden  | 4,00        | 600                       | 24,0                    | -                | -                       |  |
| 02 Sparren             | 14,00       | 600                       | 84,0                    | 0,130            | 1,077                   |  |
| 03 Ardonafolie         | 0,50        | 1200                      | 6,0                     | -                | -                       |  |
| 04 Zementestrich       | 3,00        | 2000                      | 60,0                    | -                | -                       |  |
| 05 Bodenplatte         | 12,00       | 2400                      | 288,0                   | -                | -                       |  |
| 06 Sauberkeitsschicht  | 8,00        | 2400                      | 192,0                   | -                | -                       |  |
| 07 Kiesauffüllung      | 15,00       | 1800                      | 270,0                   | -                | -                       |  |
| R <sub>Se</sub>        |             |                           |                         |                  | 0,000                   |  |
|                        | 56,50       |                           | 924,0                   | R <sub>T</sub> = | 1,25                    |  |

$$U_{(R)} = 0,802 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (86,67\% \cdot 1/4,170 + 13,33\% \cdot 1/1,247) = 3,18 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,17 + 1/(0,867/4,000 + 0,133/1,077) = 3,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 3,14 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 1 \%)$$

$$U = 1 / R_T = 0,318 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

#### Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,318 W/(m<sup>2</sup>K)** (ohne Korrekturen)

#### Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden (Ref-No 1.8.2)

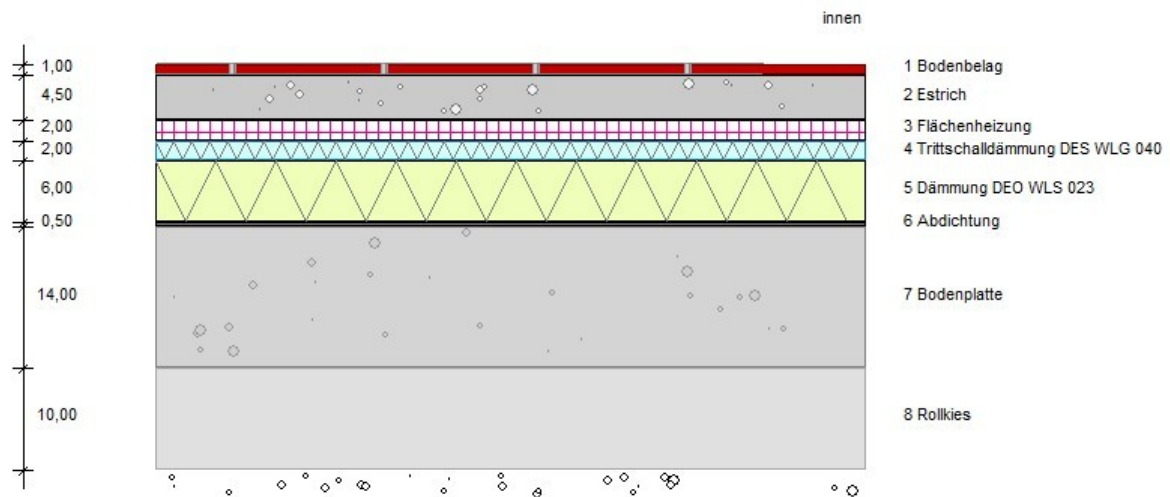
Anforderung: U<sub>max</sub>-Wert bei Wärmedämmung von Bodenflächen gegen Erdreich

$$U \quad 0,32 > 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{nicht eingehalten}$$

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Bodenplatte Verbindungsbau (Ref-No 1.0)



Bodenplatte Verbindungsbau  
 $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt (Ref-No 1.3)

| von innen                         | s<br>cm | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | $\lambda$<br>kg/m <sup>2</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                          |         |                             |                                |                     | 0,170                   |
| 01 Bodenbelag                     | 1,00    | 2000                        | 20,0                           | -                   | -                       |
| 02 Estrich                        | 4,50    | 2000                        | 90,0                           | 1,400               | 0,032                   |
| 03 Flächenheizung                 | 2,00    | -                           | 10,0                           | 1,400               | 0,014                   |
| 04 Trittschalldämmung DES WLG 040 | 2,00    | 20                          | 0,4                            | 0,040               | 0,500                   |
| 05 Dämmung DEO WLS 023            | 6,00    | 30                          | 1,8                            | 0,023               | 2,609                   |
| 06 Abdichtung                     | 0,50    | 1200                        | 6,0                            | -                   | -                       |
| 07 Bodenplatte                    | 14,00   | 2400                        | 336,0                          | -                   | -                       |
| 08 Rollkies                       | 10,00   | 1800                        | 180,0                          | -                   | -                       |
| $R_{se}$                          |         |                             |                                |                     | 0,000                   |
| <hr/>                             |         |                             |                                |                     |                         |
| d =                               | 40,00   | G =                         | 644,2                          | $R_T =$             | 3,33                    |

### Wärmedurchgangskoeffizient (Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,301 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

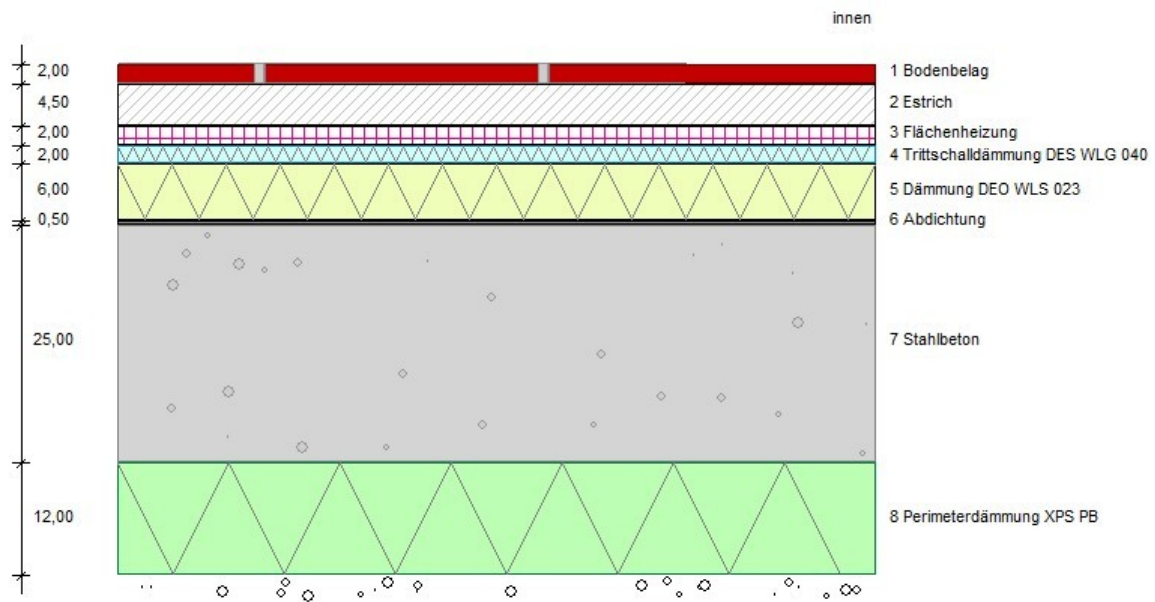
Anforderung: U<sub>max</sub>-Wert bei Wärmedämmung von Bodenflächen gegen Erdreich

U            0,30 > 0,25 W/(m<sup>2</sup>K)    nicht eingehalten

## Bauteilquerschnitt

Projekt Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

Bauteil: Bodenplatte TGA (neu)  
( Ref-No 1.0 )



Bodenplatte TGA (neu)  
 $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Querschnitt  
( Ref-No 1.3 )

| von innen                         | s<br>cm | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | $\gamma$<br>kg/m <sup>3</sup> | $\lambda$<br>W/(mK) | R<br>m <sup>2</sup> K/W |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                          |         |                             |                               |                     | 0,170                   |
| 01 Bodenbelag                     | 2,00    | 2000                        | 40,0                          | –                   | –                       |
| 02 Estrich                        | 4,50    | 2000                        | 90,0                          | 1,400               | 0,032                   |
| 03 Flächenheizung                 | 2,00    | –                           | 10,0                          | 1,400               | 0,014                   |
| 04 Trittschalldämmung DES WLG 040 | 2,00    | 20                          | 0,4                           | 0,040               | 0,500                   |
| 05 Dämmung DEO WLS 023            | 6,00    | 30                          | 1,8                           | 0,023               | 2,609                   |
| 06 Abdichtung                     | 0,50    | 1100                        | 5,5                           | –                   | –                       |
| 07 Stahlbeton                     | 25,00   | 2400                        | 600,0                         | –                   | –                       |
| 08 Perimeterdämmung XPS PB        | 12,00   | 25                          | 3,0                           | 0,042               | 2,857                   |
| $R_{se}$                          |         |                             |                               |                     | 0,000                   |
| d =                               | 54,00   | G =                         | 750,7                         | $R_T =$             | 6,18                    |

**Wärmedurchgangskoeffizient**  
( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,162 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

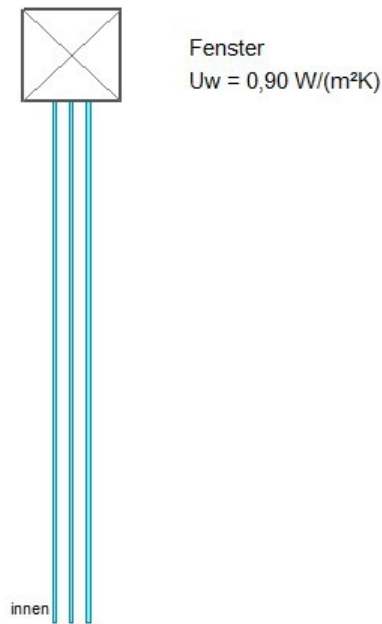
Anforderung:  $U_{\text{max}}$ -Wert bei Wärmedämmung von Bodenflächen gegen Erdreich

$U \quad 0,16 \leq 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  OK

## Bauteilquerschnitt

**Projekt** Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

**Bauteil: Fenster**  
( Ref-No 1.0 )



Bauteiltyp "Fenster" (20)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Fenster**  
( Ref-No 1.5.1 )

plus 3 E, 4/16/4/16/4,  $U_g=0,6$ ,  $g=50\%$ ,  $t_{D65} = 0,78$   
Rahmen aus Profilen  $U_f 0,90 - 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , DIN V 4108-4:2004, Tab.9,  $U_{f,BW} 1,0$

**Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1**  
( Ref-No 1.5.5 )

Einfachfenster, Tabellenwert  $U_w = 0,90 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3  
(verbesserter Randverbund)  
mit  $U_g = 0,60$  und  $U_f = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Wärmedurchgangskoeffizient**  
( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,900 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)  
(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 50\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,78$ )

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

Anforderung: U<sub>max</sub>-Wert bei Erneuerung von Fenstern

U  $0,90 \leq 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  OK

Die Verfahren zur Bestimmung von UW für Fenster sind in der Produktnorm DIN EN 14351-1 festgelegt. Danach ist UW nach DIN EN ISO 10077-1 zu ermitteln oder nach DIN EN ISO 12567 zu messen.

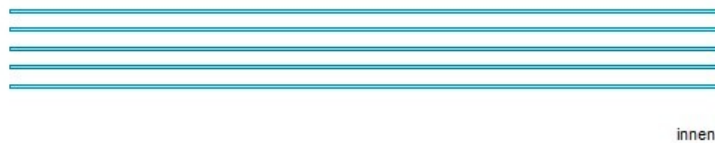
Aus der Herstellerbescheinigung muss neben dem deklarierten UW-Wert und dem deklarierten Produkt (z. B. Fenster, Typkennung, etc.) der Normbezug (DIN EN 14351-1) eindeutig hervorgehen.

Hinweis: Für Sprossen sind Zuschläge gemäß DIN EN 14351-1 hinzuzurechnen, wenn diese nicht bereits bei der Ermittlung oder Messung des UW-Wertes berücksichtigt wurden.

## Bauteilquerschnitt

**Projekt** Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

**Bauteil: Lichtkuppel**  
( Ref-No 1.0 )



Lichtkuppel  
 $U_w = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fenster" (20)  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Wärmedurchgangskoeffizient**  
( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,500 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)  
(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 57\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,78$ )

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

Anforderung:  $U_{max}$ -Wert bei Erneuerung von Lichtbändern und Lichtkuppeln

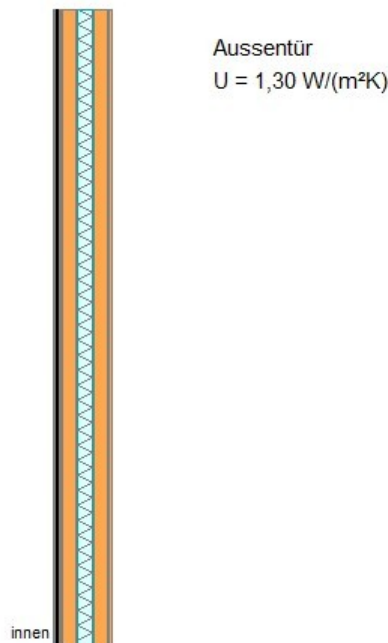
$U \quad 1,50 \leq 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Für Lichtkuppeln ist der U-Wert nach der Produktnorm DIN EN 1873 zu bestimmen.

## Bauteilquerschnitt

**Projekt** Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

**Bauteil: Aussentür**  
( Ref-No 1.0 )



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

**Wärmedurchgangskoeffizient**  
( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,300 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

**Mindestanforderungen nach BEG 2020, Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden**  
( Ref-No 1.8.2 )

Anforderung:  $U_{\text{max}}$ -Wert bei Hauseingangstüren, Außentüren beheizter Räume

$U \quad 1,30 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

Gemäß DIN V 4108 - 4 darf der vom Hersteller nach DIN EN 14351 - 1 für eine Tür mit Standardgröße (1,23 m x 2,8 bzw. für Größen > 3,6 m<sup>2</sup> 2,00 m x 2,18 m) und mit gleicher Bauart deklarierte UD-Wert verwendet werden.

In der Produktnorm DIN EN 14351-1 sind die Verfahren zur Bestimmung von UD für Türen festgelegt. Danach ist UD nach DIN EN ISO 10077-1 zu ermitteln oder nach DIN EN ISO 12567 zu messen.

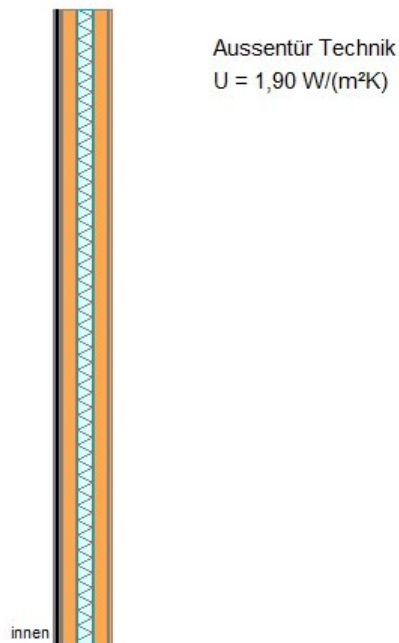
Auch bei einer Ermittlung nach DIN EN ISO 10077-1 ist gemäß DIN V 4108-4 ausreichend, wenn UD für die in DIN EN 14351-1 festgelegten Standardgrößen ermittelt wird. Grundsätzlich darf der UD-Wert anhand der tatsächlichen Türgröße ermittelt werden.

## Bauteilquerschnitt

**Projekt** Schule Heyerweg GV - Bauteile C (Schwimmbad mit Turnhalle)

### Bauteil: Aussentür Technik

( Ref-No 1.0 )



Bauteiltyp "Außentür" (3)

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

### Wärmedurchgangskoeffizient

( Ref-No 1.8 )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,900 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

Gemäß DIN V 4108 - 4 darf der vom Hersteller nach DIN EN 14351 - 1 für eine Tür mit Standardgröße (1,23 m x 2,8 bzw. für Größen > 3,6 m<sup>2</sup> 2,00 m x 2,18 m) und mit gleicher Bauart deklarierte UD-Wert verwendet werden.

In der Produktnorm DIN EN 14351-1 sind die Verfahren zur Bestimmung von UD für Türen festgelegt. Danach ist UD nach DIN EN ISO 10077-1 zu ermitteln oder nach DIN EN ISO 12567 zu messen.

Auch bei einer Ermittlung nach DIN EN ISO 10077-1 ist gemäß DIN V 4108-4 ausreichend, wenn UD für die in DIN EN 14351-1 festgelegten Standardgrößen ermittelt wird. Grundsätzlich darf der UD-Wert anhand der tatsächlichen Türgröße ermittelt werden.

## 4.6 Impressum

### **Bauherr:**

Stadt Grevenbroich  
Am Markt 1  
41515 Grevenbroich

### **Verfasser:**

Peters & Partner – Ingenieure für Bauphysik  
Inh. Reinhard Peters  
Dipl.-Ing. (FH) Reinhard Peters  
Zum Driesch 1  
41812 Erkelenz

Telefon: +49 (24 31) 9 75 46 34  
[peters@peters-bauphysik.de](mailto:peters@peters-bauphysik.de)