

Neubau Seniorenwohnungen Römerkastell 69, Stgt-Bad Cannstatt

**Wärmeschutznachweis**

nach der Energieeinsparverordnung vom November 2013

Neubau Seniorenwohnungen Römerkastell 69, Stgt-Bad Cannstatt

20. September 2018

## Wärmeschutznachweis für ein Wohngebäude

Unser Zeichen:  
15038-W

nach der zweiten Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung  
EnEV vom November 2013 (EnEV 2014)

Verfasser:  
Herr Friesenhan

Antragsteller:

SWSG  
Stuttgarter Wohnungs- und  
Augsburger Straße 696

70329 Stuttgart

Planer:

ARP  
Architekten Partnerschaft Stuttgart  
Rotebühlstraße 169/1

70197 Stuttgart

Fellbacher Straße 115  
70736 Fellbach  
Tel. 0711/51 85 73-0  
Fax 0711/51 85 73-11  
e-mail: info@bbi-ig.de

HRB 26 38 38  
Amtsgericht Stuttgart

Geschäftsführer:  
Dipl.-Ing.(FH)  
Ralf Berwein

Zertifiziertes QM-System  
DIN EN ISO 9001:2000  
durch TÜO  
Technische Überwachungs-  
organisation GmbH Böblingen

## Inhaltsverzeichnis

|  | Seite |
|--|-------|
| 1. Allgemeines .....   | 4     |
| 1.1. Vorhandene Planunterlagen.....  | 4     |
| 1.2. Weitere Informationen .....   | 4     |
| 1.3. Örtliche Situation .....  | 4     |
| 1.4. Technische Ausrüstung .....   | 5     |
| 1.5. Anforderungsniveau .....  | 5     |
| 1.5.1. EnEV-Winterlicher Wärmeschutz .....   | 5     |
| 1.5.2. KfW .....   | 5     |
| 1.5.3. EnEV-sommerlicher Wärmeschutz .....   | 5     |
| 1.6. Software / Berechnungsgenauigkeit .....   | 5     |
| 1.7. Normen und Richtlinien.....   | 6     |
| 2. Anforderungen an den Wärmeschutz .....  | 7     |
| 2.1. DIN 4108 – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – .....   | 7     |
| 2.2. Energieeinsparverordnung – EnEV 2014 .....  | 7     |
| 2.2.1. Jahres-Primärenergiebedarf $Q_p$ .....  | 8     |
| 2.2.2. Höchstwerte des spezifischen, auf die wärmeübertragende<br>Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts $H'_T$ ..... | 9     |
| 2.2.3. Anforderungen an konstruktive Wärmebrücken.....   | 10    |
| 2.2.4. Anforderungen an die Luftdichtheit und den Mindestluftwechsel.....  | 11    |
| 2.2.5. Sommerlicher Wärmeschutz .....  | 12    |
| 3. Grundlagen für den Nachweis nach Energieeinsparverordnung<br>EnEV 2014.....   | 13    |
| 3.1. Rechenverfahren und Klimadaten .....  | 13    |
| 3.2. Nicht transparente Bauteile .....   | 14    |
| 3.3. Transparente Bauteile und Türen .....   | 17    |
| 3.4. Wärmebrücken .....  | 18    |
| 3.5. Gewichtung .....  | 18    |
| 3.6. Lüftungswärmetransfer .....   | 18    |
| 3.7. Solare Wärmequellen .....   | 19    |
| 3.8. Interne Wärme- und Kältequellen .....   | 19    |
| 3.9. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit .....   | 19    |
| 3.10. Anlagentechnik.....  | 20    |
| 3.11. Lüftung.....   | 20    |
| 3.12. Heizungsanlage.....  | 20    |
| 3.13. Trinkwassererwärmung.....  | 21    |
| 3.13.1. Begrenzung der Wärmeabgabe von Wärmeverteilungs- und<br>Warmwasserleitungen sowie Armaturen .....                            | 21    |
| 4. Nachweis des Mindestwärmeschutzes der nichttransparenten<br>Umfassungsbauteile .....  | 22    |
| 5. Nachweis des Wärmeschutzes nach der Energieeinsparverordnung<br>EnEV 2014.....  | 22    |
| 5.1. Gebäudedaten .....  | 22    |
| 5.2. Jahres-Primärenergiebedarf $Q_p$ .....  | 23    |
| 5.3. Spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche<br>bezogenen Transmissionswärmeverlusts $H'_T$ .....                   | 23    |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 6.     | Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108, Teil 2 ..... | 25 |
| 6.1.1. | Nachweisführung.....                                 | 25 |
| 6.1.2. | Grundlagen .....                                     | 25 |
| 6.1.3. | Nachweise .....                                      | 26 |
| 7.     | Gleichwertigkeitsnachweis .....                      | 27 |
|        | Schlussblatt .....                                   | 28 |

## 1. Allgemeines

### 1.1. Vorhandene Planunterlagen

Es stand ein Werk-Plansatz im Maßstab 1:50 vom April 2016 sowie mehrere Details zur Verfügung.

### 1.2. Weitere Informationen

Weitere Angaben stammen aus mehreren Besprechungen im Büro des Architekten sowie aus fernmündlichen Auskünften und E-Mails.

Die Ausführung der Anlagentechnik wurde vor Ausstellung dieses Dokumentes von der Firma Waidmann bestätigt.

Die Ausführung einiger Bauteile wurde stichprobenartig im Rahmen der KFW Baustellenkontrolle von unserer Seite überprüft.

Die Ausführung der restlichen Bauteile wurde vor Ausstellung dieses Dokumentes von der Firma ARP bestätigt.

Die Ergebnisse des Luftdichtheitstestes sind im Protokoll vom 17.08.2018 dokumentiert.

### 1.3. Örtliche Situation

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um den Neubau eines Mehrgenerationenhauses.

Das gesamte Gebäudevolumen vom Erdgeschoss bis zum Dachgeschoss wird im Heizfall beheizt. Im UG wird der Bereich zwischen Achse 3 bis 5 und etwa C bis B (z.B. Treppenhauskern und Sanitärbereiche) beheizt und befindet sich somit innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Der Bereich ist in folgender Abbildung rot markiert.



#### 1.4. Technische Ausrüstung

Das Gebäude wird zentral beheizt. Im Zuge des Nachweises wurde eine Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung angesetzt.

#### 1.5. Anforderungsniveau

##### 1.5.1. EnEV-Winterlicher Wärmeschutz

Es gelten die Anforderungen nach der Energieeinsparverordnung EnEV vom November 2013 (EnEV 2014) für Wohngebäude.

##### 1.5.2. KfW

Ebenso müssen die Anforderungen für die staatliche Förderung KfW-Effizienzhaus 70 (EnEV<sub>2014</sub>) erfüllt werden. KfW-Effizienzhäuser 70 dürfen 70 % beim EnEV-Anforderungswert an den Jahres-Primärenergiebedarf und 85 % der Referenzanforderung an den auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust  $H'_{T}$  nach Tabelle 1 der Anlage 1 der EnEV 2014 nicht überschreiten. Gleichzeitig darf der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust  $H'_{T}$  nicht höher sein als nach Tabelle 2 der Anlage 1 der EnEV 2014 zulässig.

##### 1.5.3. EnEV-sommerlicher Wärmeschutz

Weiterhin stellt die EnEV unter Verweis auf das Nachweisverfahren nach DIN 4108-2 Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz, um im Sinne der Energieeinsparung die Kühllasten zu begrenzen. Dieser Nachweis muss für Aufenthaltsräume geführt werden unabhängig davon, ob diese gekühlt werden.

#### 1.6. Software / Berechnungsgenauigkeit

Die Berechnungen erfolgten mit der Software DÄMMWERK (Fa. Kern), Version 2015 vom 05.08.2015. Die Ergebnisse der Berechnungen sind im Zusammenhang mit der verwendeten Version gültig.

Derzeit gibt es keine EnEV-validierten Softwareprogramme, daher sind Ergebnisänderungen durch zukünftige Programmversionen zu einem späteren Zeitpunkt möglich.

## 1.7. Normen und Richtlinien

- DIN 4108, Teil 2 vom Februar 2013 – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- DIN V 4108, Teil 4 vom Februar 2013 – Wärme- und Feuchteschutz-technische Bemessungswerte
- DIN V 4108, Teil 6 vom Juni 2003 mit dem Berichtigungen vom März 2004 – Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
- DIN 4108, Teil 7 vom Januar 2011 – Luftdichtheit von Gebäuden
- DIN 4108, Beiblatt 2 vom März 2006 – Wärmebrücken
- DIN V 4701, Teil 10 vom August 2003 mit der Änderung vom Dezember 2006 – Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Teil 10: Heizung, Trinkwasser, Lüftung
- DIN EN 12 207, Teil 1 vom Juni 2000– Fenster und Türen, Luftdurchlässigkeit, Klassifizierung
- DIN EN ISO 6946 vom April 2008 – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient, Berechnungsverfahren
- DIN EN ISO 10 077, Teil 1 vom Mai 2010 – Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen, Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten
- DIN EN ISO 13 370 vom April 2008 – Wärmeübertragung über das Erdreich, Berechnungsverfahren
- Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG) vom 22. Juli 1976 und Änderungen vom 20. Juni 1980, 10. November 2001 und 1. September 2005 und 28. März 2009
- Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18. November 2013.

## 2. Anforderungen an den Wärmeschutz

### 2.1. DIN 4108 – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –

Für nichttransparente Umfassungsbauteile, die das Gebäude gegen die Außenluft, das Erdreich oder Gebäudeteile mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen abgrenzen, sind nach der DIN 4108, Teil 2, Tabelle 3 minimale Wärmedurchlasswiderstände erforderlich, die nicht unterschritten werden dürfen.

### 2.2. Energieeinsparverordnung – EnEV 2014

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um den Neubau eines Wohngebäudes. Mit der Energieeinsparverordnung sind folgende Nachweise zu erbringen:

- Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs  $Q_p$
- Begrenzung des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes  $H'_T$
- Einhaltung der Anforderungen an die Dichtheit und den Mindestluftwechsel
- Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz
- Einhaltung der Anforderungen an heizungstechnische Anlagen und Warmwasseranlagen

### 2.2.1. Jahres-Primärenergiebedarf $Q_p$

Der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung des zu errichtenden Wohngebäudes darf den auf die Gebäudenutzfläche bezogenen Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nicht überschreiten. Beim Referenzgebäude sind die Geometrie, die Gebäudenutzfläche und die Ausrichtung identisch zum nachzuweisenden Gebäude. Die Referenzwerte hinsichtlich der technischen Ausführung entsprechen den Vorgaben der EnEV 2014, Anlage 1, Tabelle 1. Bedingt durch die technische Ausführung des zu errichtenden Gebäudes unterscheidet sich die anlagentechnische Ausstattung zwischen dem Referenzgebäude und dem zu errichtenden Gebäude.

Der Jahres-Primärenergiebedarf wird nach DIN V 4701-10 nach folgender Gleichung ermittelt:

$$Q_p = (Q_h + Q_{tw}) \times e_p$$

Darin bedeuten:

|          |  |
|----------|--|
| $Q_p$    | Jahres-Primärenergiebedarf [kWh/a]     |
| $Q_h$    | Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]         |
| $Q_{tw}$ | Jahres-Trinkwasser-Wärmebedarf [kWh/a] |
| $e_p$    | Anlagen-Aufwandszahl [-]               |

Der Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h$  wird aus der Summe der Transmissionswärmeverluste und der Lüftungswärmeverluste abzüglich solarer und interner Wärmegewinne berechnet.

Zur Berechnung des Jahres-Trinkwasser-Wärmebedarfs  $Q_{tw}$  wird nach EnEV 2014/2016, Anhang 1, Abschnitt 2.2 pauschal für Wohngebäude ein nutzflächenbezogener Wert von  $q_{tw} = 12.5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$  angesetzt.

Die Anlagen-Aufwandszahl  $e_p$  berücksichtigt die Verluste, die bei der Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe der Wärme innerhalb der Gebäudegrenzen sowie bei den vorgelagerten Prozessen bis hin zum eingesetzten Energieträger auftreten.

### 2.2.2. Höchstwerte des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts $H'_T$

Der spezifische auf die Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene Transmissionswärmeverlust  $H'_T$  ist als mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient der Gebäudehülle zu verstehen.

Die Anforderung an den Transmissionswärmeverlust begründet sich damit, dass ein ausgewogenes Verhältnis zwischen baulichem Dämmstandard und dem eingesetzten Heizsystem erzielt werden soll.

Zu errichtende Wohngebäude dürfen die Höchstwerte der EnEV 2014, Anlage 1, Tabelle 2 nicht überschreiten.

Die Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  wird nach folgenden Normen durchgeführt:

- Fenster, Türen und andere verglaste Einheiten: DIN EN ISO 10 077-1
- Bauteile gegen Erdreich: DIN EN ISO 13 370
- übrige opake Bauteile: DIN EN ISO 6946
- Wärmebrückeneinfluss bei Bauteilen, deren Dämmschicht von Befestigungselementen durchdrungen wird: DIN EN ISO 10 211

Das Berechnungsverfahren für die Wärmedurchgangskoeffizienten der Fenster berücksichtigt den  $U$ -Wert des Rahmens, den vorliegenden Rahmenanteil sowie die zusätzlich auftretenden Wärmeverluste durch den Glas-Rahmen-Verbundbereich.

### 2.2.3. Anforderungen an konstruktive Wärmebrücken

Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der Einfluss der Wärmebrücken, unter Berücksichtigung der wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen, so gering wie möglich gehalten wird.

Wärmebrücken sind bei der Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs auf eine der folgenden Arten zu berücksichtigen:

- Pauschale Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile um  $\Delta U_{WB} = 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$  für die wärmeübertragende Umfassungsfläche (ohne weiteren Nachweis)
- Pauschale Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile um  $\Delta U_{WB} = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$  für die wärmeübertragende Umfassungsfläche bei Anwendung von Planungsbeispielen nach DIN 4108, Beiblatt 2.
- Durch genauen Nachweis der Wärmebrücken nach DIN V 18599, Teil 2, Ausgabe Dezember 2011 in Verbindung mit weiteren anerkannten Regeln der Technik

Von den jeweiligen Zuschlägen sind Bauteile ausgenommen, bei denen der Einfluss von Wärmebrücken bereits bei der U-Wert-Berechnung berücksichtigt wurde.

#### 2.2.4. Anforderungen an die Luftdichtheit und den Mindestluftwechsel

Bei neu zu errichtenden Gebäuden muss die wärmeübertragende Umfassungsfläche dauerhaft luftundurchlässig abgedichtet werden.

Die Fugendurchlässigkeit außen liegender Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster muss bei Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen der Klasse 3 nach DIN EN 12 207, Teil 1 entsprechen.

Eine Überprüfung der Luftdichtheit kann nach DIN EN 13 829 mit dem sog. „Blower-Door-Verfahren“ erfolgen. Dabei wird zwischen innen und außen ein Differenzdruck von 50 Pa aufgebaut. Der hierbei vorliegende Luftverlust darf dann in Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen einen Wert von  $q_{50} = 2.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$  nicht überschreiten.

Werden diese Anforderungen an die Luftdichtheit durch eine Prüfung nachgewiesen, darf bei der Berechnung der Lüftungswärmeverluste nach EnEV 2014 für Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen eine Luftwechselrate von  $n = 0.55 \text{ h}^{-1}$  in Ansatz gebracht werden.

Ohne Nachweis der Luftdichtheit muss nach DIN V 4108, Teil 6, Anhang D eine Luftwechselrate von  $n = 0.7 \text{ 1/h}$  zugrunde gelegt werden.

Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist. Werden dazu andere Lüftungseinrichtungen als Fenster verwendet, müssen diese einstellbar und leicht regulierbar sein. Im geschlossenen Zustand müssen sie den Fugendurchlässigkeitsklassen entsprechen, die für die Fenster gelten.

### 2.2.5. Sommerlicher Wärmeschutz

Nach der EnEV ist unabhängig vom Fensterflächenanteil eines Gebäudes ein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108, Teil 2 für jede Gebäudezone erforderlich.

Allerdings kann nach der DIN 4108, Teil 2 auf einen Nachweis bei Räumen verzichtet werden, in denen der auf die Grundfläche bezogene Fensterflächenanteil der Hauptfassade folgende Werte nicht übersteigt:

| Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen | Orientierung der Fenster        | Grundflächen bezogener Fensterflächenanteil $f_{AG}$ in % |
|--|---------------------------------|---|
| Über 60° bis 90°                               | Nord-West über Süd bis Nord-Ost | 10  |
| Über 60° bis 90°                               | Alle anderen Nordorientierungen | 15  |
| Von 0° bis 60°                                 | Alle Orientierungen             | 7   |

Der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil  $f_{AG}$  ergibt sich aus dem Verhältnis der Fensterfläche (lichtes Rohbaumaß) zu der Nettogrundfläche des betrachteten Raumes oder der Raumgruppe.

Der Nachweis wird geführt, indem für den zu untersuchenden Raum oder die Raumgruppe der Sonneneintragskennwert  $S$  ermittelt wird. Dieser darf den nach DIN 4108, Teil 2, Abschnitt 8.3.3 ermittelten zulässigen Wert  $S_{zul}$  nicht überschreiten.

Der Sonneneintragskennwert  $S$  wird nach folgender Gleichung bestimmt:

$$S = \frac{\sum_j (A_{w,j} * g_{total,j})}{A_G}$$

|                 |             |   |
|-----------------|-------------|---|
| Darin bedeuten: | $S$         | Sonneneintragskennwert  |
|                 | $A_w$       | Fensterfläche in $m^2$  |
|                 | $g_{total}$ | Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung einschließlich Sonnenschutz |
|                 | $A_G$       | Nettogrundfläche des Raumes oder des Raumbereichs in $m^2$            |

Der Sonneneintragskennwert  $S_{zul}$  wird nach folgender Gleichung bestimmt:

$$S_{zul} = \sum S_x$$

Darin bedeuten:  $S_{zul}$  Maximal zulässiger Sonneneintragskennwert  
 $S_x$  anteiliger Sonneneintragskennwert nach  
Tabelle 8, DIN 4108, Teil 2

### 3. Grundlagen für den Nachweis nach Energieeinsparverordnung EnEV 2014

#### 3.1. Rechenverfahren und Klimadaten

Der Nachweis erfolgt für ein Wohngebäude mit Innentemperaturen  $\geq 19^\circ\text{C}$ . Das Nachweisverfahren wird mit dem Monatsbilanzverfahren nach DIN EN 832 geführt. Es werden die für den öffentlich-rechtlichen Nachweis in DIN 4108, Teil 6, Anhang D genannten, vereinfachten Randbedingungen angesetzt.

Die Transmissionswärmeverluste, die Lüftungswärmeverluste sowie die solaren Gewinne werden mit Außenlufttemperaturen und solaren Einstrahlungsdaten berechnet, die für den Standort Deutschland repräsentativ sind (Tabelle D.1 in o. g. Norm).

**3.2. Nicht transparente Bauteile**

| Baut. Nr.                            | Bauteilbezeichnung   | U-Wert W/m <sup>2</sup> K | Dicke Dämmstoff  |
|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| Grundflächen (Wärmestrom nach unten) |  |                           |  |
| 01                                   | Fußboden über Erdreich (beheizte Räume im UG, Treppenhaus, Aufzug) | 0.27                      | 140 mm – Bodenplatte – PS-Extruderschaum, Wärmeleitfähigkeitsgruppe 040  |
| 02                                   | Fußboden über Tiefgarage   | 0.19                      | 60 mm Trittschall- und Wärmedämmung<br>– Stahlbetondecke –<br>160 mm Mineralfaser Wärmeleitfähigkeitsgruppe 034<br><br>U-Wert inkl. Befestigungselemente und Fläche mit verminderter Dämmung (60 mm)   |
| 03                                   | Fußboden über unbeheizten Räumen                                   | 0.21                      | 60 mm Trittschall- und Wärmedämmung<br>– Stahlbetondecke –<br>150 mm Holzwolle-Mehrschichtplatte Wärmedurchlasswiderstand $R \geq 3.61 \text{ m}^2\text{K/W}$<br><br>U-Wert inkl. Befestigungselemente |
| 04                                   | Fußboden über Außenluft (Eingangsbereich)                          | 0.22                      | 60 mm Trittschall- und Wärmedämmung<br>– Stahlbetondecke –<br>140 mm Minerale Dämmplatte Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035<br><br>U-Wert inkl. Befestigungselemente  |

| Baut. Nr.                          | Bauteilbezeichnung         | U-Wert W/m <sup>2</sup> K | Dicke Dämmstoff  |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--|
| Außenwände (Wärmestrom horizontal) |                            |                           |  |
| 10                                 | Außenwand EG               | 0.25                      | 180 mm Mineraldämmplatte<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045<br>U-Wert inkl.<br>Befestigungselemente  |
| 11                                 | Außenwand EG nach SW       | 0.25                      | 140 mm Mineralfaser<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035<br>U-Wert inkl.<br>Befestigungselemente   |
| 12                                 | Außenwand OG               | 0.23                      | 200 mm Mineraldämmplatte<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045<br>U-Wert inkl.<br>Befestigungselemente  |
| 13                                 | Außenwand OG reduziert     | 0.46                      | 90 mm Mineraldämmplatte<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045<br>U-Wert inkl.<br>Befestigungselemente   |
| 14                                 | Außenwand Loggia           | 0.31                      | 140 mm Mineraldämmplatte<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045<br>U-Wert inkl.<br>Befestigungselemente  |
| 15                                 | Wand zu unbeheizten Räumen | 0.27                      | 125 mm Holzwolle-Mehrschichtplatte (EPS-Kern WLG 032)<br>Wärmedurchlasswiderstand<br>$R \geq 3.70 \text{ m}^2\text{K/W}$<br>U-Wert inkl.<br>Befestigungselemente |
| 16                                 | Wand zur Tiefgarage        | 0.27                      | 150 mm Holzwolle-Mehrschichtplatte (MF-Kern)<br>Wärmedurchlasswiderstand<br>$R \geq 3.61 \text{ m}^2\text{K/W}$<br>U-Wert inkl.<br>Befestigungselemente          |
| 17                                 | Außenwand gegen Erdreich   | 0.29                      | 140 mm PS-Extruderschaum,<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 039   |

| Baut. Nr.                          | Bauteilbezeichnung | U-Wert W/m <sup>2</sup> K | Dicke Dämmstoff   |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------|---|
| Dachflächen (Wärmestrom nach oben) |                    |                           |   |
| 30                                 | Schrägdach         | 0.15                      | 220 mm Mineralfaser<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 032 zwischen den Sparren<br>60 mm Mineralfaser<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 032 zwischen der Lattung |
| 31                                 | Dachterrasse       | 0.23                      | 120 mm PUR-Hartschaum<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 030  |
| 32                                 | Gaubendach         | 0.23                      | 120 mm PUR-Hartschaum<br>Wärmeleitfähigkeitsgruppe 030  |

Bei Gefälledämmungen entspricht die angegebene Dicke der mittleren Dicke.

### 3.3. Transparente Bauteile und Türen

Die transparenten Fassadenbauteile werden mit einer Dreischeibenverglasung ausgeführt.

Die Berechnung der daraus resultierenden Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  erfolgte nach DIN EN ISO 10077-1, Anhang F.

Folgende Qualitäten müssen mindestens eingehalten werden:

| Baut. Nr. | Fensterkonstruktion       | $U_g$ nach DIN EN 673 in $W/m^2K$ | $U_f$ (Bemesungswert) in $W/m^2K$ | Rahmenanteil in % | $U_w$ in $W/m^2K$ | g-Wert nach DIN EN 410 |
|-----------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| 50        | Fenster                   | 0.6                               | 1.20                              | 30                | $\leq 0.90$       | 0.55                   |
| 51        | Eingangsverglasung        | 0.7                               | 1.20                              | 30                | $\leq 1.00$       | 0.50                   |
| 52        | Dachfenster               | 0.7                               | 1.20                              | 30                | $\leq 1.00$       | 0.50                   |
| 40        | Tür zur Tiefgarage        | -                                 | -                                 | -                 | $\leq 2.0$        | -                      |
| 41        | Tür zu unbeheizten Räumen | -                                 | -                                 | -                 | $\leq 2.0$        | -                      |

Darin bedeuten:  $U_g$  = Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung  
 $U_f$  = Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens  
 $U_w$  = Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters  
 $U_D$  = Wärmedurchgangskoeffizient der Tür  
 $g$  = Gesamtenergiedurchlassgrad

Im Wärmedurchgangskoeffizienten der transparenten Bauteile  $U_w$  ist der Rahmen, die Verglasung sowie der Wärmebrückenverlust durch den Glas-Rahmen-Verbund enthalten.

Die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten für die transparenten Bauteile ist in den Anlage 27 dargestellt.

### 3.4. Wärmebrücken

Für die Berechnung wurden für alle Bauteile die Wärmebrücken pauschal mit einem Zuschlag von  $0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$  berücksichtigt. Dies hat zur Folge, dass im Bereich von Wärmebrücken die Planungsbeispiele nach DIN 4108, Beiblatt 2 berücksichtigt werden müssen.

Für den Nachweis von KfW-Effizienzhäusern ist die Erstellung eines Gleichwertigkeitsnachweises bei der Verwendung des pauschalen Wärmebrückenzuschlages von  $0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$  erforderlich. Der Nachweis findet sich in Anlage 37-46.

### 3.5. Gewichtung

Für die Gewichtung der Transmissionswärmeverluste werden die Temperatur-Reduktionsfaktoren  $F_x$  nach DIN V 4108, Teil 6, Tabelle 3 herangezogen.

### 3.6. Lüftungswärmetransfer

In dem Gebäude soll eine Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung zur Gewährleistung des Mindestluftwechsels vorgesehen werden.

Für den öffentlich-rechtlichen Nachweis wird zur Berechnung der Lüftungswärmeverluste ein Luftwechsel von

$$n = 0.55 \text{ 1/h}$$

in Ansatz gebracht.

Dieser setzt sich aus dem Anlagenluftwechsel  $n_A = 0.4 \text{ 1/h}$  sowie einem freien Luftwechsel von  $n_x = 0.15 \text{ 1/h}$  zusammen. Bei einem abweichenden Anlagenluftwechsel müssen die Lüftungswärmeverluste nach DIN 4701-10, Anhang C, Tabelle C.2-4 korrigiert werden.

Es wurde eine Dichtheitsprüfung durchgeführt, die im Protokoll vom 07.08.2018 dokumentiert ist.

### 3.7. Solare Wärmequellen

Bei der Ermittlung der solaren Gewinne wurde für die Flächen der transparenten Bauteile nach DIN 4108, Teil 6, Tabelle D.3 pauschal ein Abminderungsfaktor von  $F_s = 0.9$  berücksichtigt.

Durch diese Abminderung wird die Reduzierung solarer Warmegewinne durch dauerhaft vorhandene Verschattungen (Nachbarbebauung, Balkonplatten, Gebäudesprünge) berücksichtigt. Diese Abminderung hat keine Auswirkung auf den sommerlichen Wärmeschutz.

### 3.8. Interne Wärme- und Kältequellen

Für interne Warmegewinne wurde pauschal ein nutzflächenbezogener Wert von

$$q_{i,m} = 5 \text{ W/m}^2$$

berücksichtigt. Dieser Wert darf für Wohngebäude aus öffentlich-rechtlicher Sicht angesetzt werden.

### 3.9. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit

Die wirksame Wärmespeicherfähigkeit wurde nach DIN 4108, Teil 6, pauschal für schwere Gebäude mit  $C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh/K m}^2$

**3.10. Anlagentechnik**

Nachfolgend ist die im Nachweis berücksichtigte Anlagentechnik dargestellt. Auf der Grundlage der Angaben der Waidmann Ingenieurgesellschaft mbH zur Lüftung, Trinkwarmwasserbereitung und Heizung wurde für das Gebäude nach dem Tabellenverfahren der DIN 4701, Teil 10 - Energetische Bewertung von heiz- und raumluftechnischen Anlagen – die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  berechnet. Die Angaben wurden von der Waidmann Ingenieurgesellschaft mbH am 04.07.2018 bestätigt.

**3.11. Lüftung**

Es ist eine Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung mit AC-Ventilatoren vorgesehen.

**3.12. Heizungsanlage**

Im Nachweis nach der Energieeinspar-Verordnung EnEV werden der Heizungsanlage folgende Eigenschaften zugrunde gelegt:

|                    |  |
|--------------------|--|
| Erzeuger I:        | SenerTec BHKW Dachs G 5.5,<br>Primärenergiefaktor $f_p = 0.50$<br>( $f_p$ -Wert durch ein Gutachten des Steinbeis-Forschungszentrum für Wärme und Energietechnik bestätigt),<br>Deckungsanteil: $\geq 79 \%$ |
| Erzeuger II:       | Brennwertkessel außerhalb der thermischen Gebäudehülle, Energieträger Erdgas,<br>Deckungsanteil: $\leq 21 \%$  |
| Speicherung:       | Pufferspeicher   |
| Verteilung:        | die horizontalen befinden sich außerhalb und die vertikalen Verteilleitungen befinden sich innerhalb der thermischen Gebäudehülle, Zweirohrnetz, Systemtemperaturen 35/28 °C                                 |
| Wärmeübergabe:     | über Fußbodenheizung, die Regelung erfolgt über Thermostatregelventile mit einem Auslegungsbereich von 0.5 K   |
| Heizunterbrechung: | Nachtabsenkung   |

### 3.13. Trinkwassererwärmung

Im Nachweis wird eine Anlagentechnik für die Trinkwassererwärmung mit folgenden Eigenschaften angesetzt.

|              |   |
|--------------|---|
| Erzeuger I:  | SenerTec BHKW Dachs G 5.5,<br>Primärenergiefaktor $f_p = 0.50$<br>( $f_p$ -Wert durch ein Gutachten des Steinbeis-<br>Forschungszentrum für Wärme und<br>Energietechnik bestätigt),<br>Deckungsanteil: $\geq 79 \%$ |
| Erzeuger II: | Brennwertkessel außerhalb der thermischen<br>Gebäudehülle, Energieträger Erdgas,<br>Deckungsanteil: $\leq 21 \%$  |
| Speicherung: | außerhalb der thermischen Gebäudehülle mit<br>einem indirekt beheizten Speicher   |
| Verteilung:  | gebäudezentral, die Verteilleitungen befinden<br>sich außerhalb der thermischen Gebäudehülle<br>mit Zirkulation   |

#### 3.13.1. Begrenzung der Wärmeabgabe von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen

Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen müssen nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2014/2016, Anhang 5 zur Reduzierung der Wärmeverluste gedämmt werden.

#### 4. Nachweis des Mindestwärmeschutzes der nichttransparenten Umfassungsbauteile

Die Nachweise des Mindestwärmeschutzes der einzelnen Konstruktionen sind in den Anlagen 11 bis 26 geführt. Die Konstruktionsaufbauten sind jeweils dort zu entnehmen.

Die in den Konstruktionsblättern angegebenen Schichtenfolgen enthalten ausschließlich die für den Wärmeschutznachweis notwendigen Konstruktionsdaten. Sie ersetzen kein bauphysikalisches Gutachten.

Die Wärmeleitzahlen sowie die Wärmeübergangskoeffizienten sind der DIN V 4108, Teil 4, sowie den Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (Deutsches Institut für Bautechnik) entnommen.

##### **Beurteilung:**

Die Konstruktionen in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche erfüllen die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108.

#### 5. Nachweis des Wärmeschutzes nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2014

##### 5.1. Gebäudedaten

Die Anforderungen nach der EnEV an den Primärenergiebedarf  $Q_p$  sind von einer Gebäudeberechnung abhängig, die für ein Gebäude gleicher Geometrie und Nutzung mit den Randbedingungen der EnEV, Anlage 1 durchgeführt wurde. Für das Gebäude wurde folgende wärmeübertragende Umfassungsfläche  $A$ , das darin eingeschlossene Bauwerksvolumen  $V_e$  und die Nettogrundfläche  $A_{NGF}$  ermittelt:

$$A = 2\,859 \text{ m}^2$$

$$V_e = 8\,550 \text{ m}^3$$

$$A_{NGF} = 2\,736 \text{ m}^2$$

Die Volumen- und Flächenberechnungen sind in den Anlagen 28 bis 29 beigefügt.

## 5.2. Jahres-Primärenergiebedarf $Q_p$

Nach der Energieeinsparverordnung EnEV liegt der zulässige auf die Nettogrundfläche bezogene Jahres-Primärenergiebedarf für das Bauvorhaben bei

$$\text{erf. } Q_p \leq 52.2 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

Für den KFW 70 Standard liegt der zulässige auf die Nettogrundfläche bezogene Jahres-Primärenergiebedarf für das Bauvorhaben bei

$$\text{erf. } Q_p \leq 36.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

Auf der Grundlage der Angaben in Abschnitt 3 beträgt der für das Gebäude ermittelte Jahres-Primärenergiebedarf gemäß Anlage 7:

$$\text{vorh. } Q_p = 34.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

### Beurteilung:

Die Anforderung an den Jahres-Primärenergiebedarf nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2014 wird erfüllt.

## 5.3. Spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts $H_T'$

Nach der Energieeinsparverordnung EnEV besteht für das Gebäude folgende Anforderung an den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust  $H_T'$ :

$$H_T' \leq 0.50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Für den KFW 70 Standard besteht für das Gebäude folgende Anforderung an den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust  $H_T'$ :

$$H_T' \leq 0.39 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Auf der Grundlage der Angaben in Abschnitt 3 beträgt der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust  $H_T'$  entsprechend Anlage 7:

$$H_T' = 0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Beurteilung:**

Die Anforderung an den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust  $H_T'$  nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2014 wird erfüllt.

## 6. Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108, Teil 2

### 6.1.1. Nachweisführung

Im Zuge dieser Ausarbeitung wurden an den jeweiligen Fassaden einzelne, bezüglich des sommerlichen Raumklimas kritische Räume bzw. Raumbereiche betrachtet. Nach DIN 4108 Teil 2 ist ein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes abhängig von den grundflächenbezogenen Fensterflächenanteilen der einzelnen Räume. Die Prüfung ergab, dass für die untersuchten Räume der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes erforderlich ist.

Die Ergebnisse für die einzelnen Räume gelten sinngemäß für ähnliche Räume mit gleicher Nutzung und Fassadenorientierung.

### 6.1.2. Grundlagen

Das Gebäude befindet sich in der Klimaregion C.

Für die Räume im Dachgeschoss und die Aufenthaltsräume im EG wurde eine leichte ( $C_{\text{wirk}}/A_g < 50 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$ ) und für den Treppenhaukern eine schwerer ( $C_{\text{wirk}}/A_g > 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$ ) Bauart berücksichtigt. Für die restlichen Räume wurde eine mittlerer ( $50 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2) \leq C_{\text{wirk}}/A_g < 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$ ) Bauart berücksichtigt.

Für die Verglasungen wurde im Nachweis ein Gesamtenergiedurchlassgrad gemäß Abschnitt 3.2 angesetzt.

Bei einer Wohnnutzung kann von der Möglichkeit zu erhöhter Nachtlüftung ausgegangen werden. Eine erhöhte Nachtlüftung mit einem Luftwechsel von  $n \geq 2.0 \text{ h}^{-1}$  wurde somit im Nachweis berücksichtigt.

Vor den Dachflächenfenstern wurde ein außenliegender Sonnenschutz mit einem Abminderungsfaktor von  $F_c \leq 0.30$  berücksichtigt.

Vor allen senkrechten Verglasungen, mit Ausnahme der nachfolgend aufgeführten Räume, wurde ein außenliegender Sonnenschutz als Rollläden mit einem Abminderungsfaktor von  $F_c \leq 0.30$  im Nachweis berücksichtigt. Dabei wurde berücksichtigt, dass der Rollläden zur Vermeidung einer sommerlichen Überhitzung nicht vollständig geschlossen werden muss.

Für die Nebenräume nach Nordosten (Flur, Wasch- und Trockenraum, Treppenhauskern und Rollstuhlabbstellplatz) im 1.OG bis DG wurde kein Sonnenschutz berücksichtigt.

### 6.1.3. Nachweise

Die Nachweise des sommerlichen Wärmeschutzes der untersuchten Räume sind in den Anlagen 30 bis 36 geführt. Die erforderlichen Maßnahmen zur Einhaltung der Nachweise sind jeweils dort zu entnehmen. Es wurden folgende Werte ermittelt:

| Anlage | Raum                        | Orientierung | Geplante Sonnenschutzvorrichtung | Abminderungsfaktor für geplante Sonnenschutzvorrichtung $F_c$ | Sonneneintragskennwert                      |                      | Beurteilung |
|--------|-----------------------------|--------------|----------------------------------|---|---|----------------------|-------------|
|        |                             |              |                                  |   | Anforderung nach DIN 4108, Teil 2 $S_{zul}$ | Berechnete Werte $S$ |             |
| 30     | Schlafzimmer 1.OG           | SW           | außenliegender Sonnenschutz      | 0.30  | $\leq 0.11$                                 | 0.03                 | eingehalten |
| 31     | Rohlstuhlabbstellplatz 1.OG | NO           | Kein Sonnenschutz                | -   | $\leq 0.18$                                 | 0.17                 | eingehalten |
| 32     | Treppenhauskern 1.OG        | NO           | Kein Sonnenschutz                | -   | $\leq 0.19$                                 | 0.17                 | eingehalten |
| 33     | Lager EG                    | NO           | außenliegender Sonnenschutz      | 0.30  | $\leq 0.13$                                 | 0.06                 | eingehalten |
| 34     | Bibliothek EG               | SW           | außenliegender Sonnenschutz      | 0.30  | $\leq 0.05$                                 | 0.04                 | eingehalten |
| 35     | Cafe/ Gruppenraum EG        | SO           | außenliegender Sonnenschutz      | 0.30  | $\leq 0.05$                                 | 0.04                 | eingehalten |
|        |                             | SW           |                                  |   |   |                      |             |
| 36     | HWR DG                      | SW           | außenliegender Sonnenschutz      | 0.30  | $\leq 0.04$                                 | 0.04                 | eingehalten |

Mit den zugrunde gelegten Maßnahmen werden die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108, Teil 2 erfüllt.

**7. Gleichwertigkeitsnachweis**

Der Gleichwertigkeitsnachweis findet sich in Anhang 37-46

## Schlussblatt

Seite 28 von 28  
15038-W  
20.09.18

Dieser Bericht umfasst: 28 Seiten Text  
46 Anlagen, davon  
Nachweis, Anlagen 1 bis 10  
Konstruktionen, Anlagen 11 bis 27  
Volumen- und Flächenberechnung, Anlagen 28 bis 29  
Sommerlicher Wärmeschutz, Anlagen 30 bis 36  
Gleichwertigkeitsnachweis, Anlage 37-46

BAYER BAUPHYSIK  
Ingenieurgesellschaft mbH

Fellbach, den 20. September 2018

Bearbeiter:



Dipl.-Ing. (FH) Berwein



M. Sc. Friesenhan

Neubau Seniorenwohnungen Römerkastell 69,  
Stgt-Bad Cannstatt

Anlagen zum Wärmeschutznachweis

Anlage-Nr.

|           |                                 |
|-----------|---------------------------------|
| 1 bis 10  | Nachweis und Übersicht          |
| 11 bis 26 | nichttransparente Bauteile      |
| 27        | transparente Bauteile und Türen |
| 28 bis 29 | Flächen- und Volumenberechnung  |
| 30 bis 36 | Sommerlicher Wärmeschutz        |
| 37 bis 46 | Gleichwertigkeitsnachweis       |

## Gebäudeberechnung

### Heizwärme- und Primärenergiebedarf

**Projekt:** Am Römerkastell 69, Stuttgart

Maßgebende Normen und Verordnungen:

EnEV 2014 (Oktober 2013)

DIN V 4108-6:2003, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

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

DIN V 4701-10:2003, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

DIN V 4701-12:2004, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand

DIN EN ISO 6946:2007, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2007, Wärmeübertragung über das Erdreich

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

---

### Gebäudeberechnung "15038-W\_2018-08-21-Variante-BHKW-op-BW-Kessel"

Nachweisverfahren **Referenzwertverfahren** für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nach EnEV '14 §3 und A1, 2.1.2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und des spezifischen Transmissionswärmeverlustes der thermischen Hülle  
Verfahren nach DIN V 4108-6 / DIN V 4701-10 für Wohngebäude

Allgemeine Hinweise und Erläuterungen

Die nachfolgende Berechnung wird für ein gleichmäßig beheiztes Gebäude durchgeführt (DIN V 4108-6, 5.3).

Die Wärmebrückeneinflüsse werden mit einem pauschalen, spezifischen Wärmebrückenzuschlag für alle Hüllflächen berücksichtigt.

Die Dichtheit des gesamten Gebäudes genügt den Anforderungen der EnEV, Anlage 4.

Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen erhalten eine Dämmschicht entsprechend Anlage 5 der EnEV.

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort "**Deutschland (Potsdam)**", 50°00' nördl. Breite, Region 4,  $T_{a(im\ Jahresmittel)} = 9,5^{\circ}\text{C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt  $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.05)$

**Gebäudeberechnung****Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle**

| Hüllfläche            | A<br>m <sup>2</sup> | U<br>W/ (m <sup>2</sup> K) | F <sub>x</sub>       | Anmerkung | L <sub>D</sub><br>W/K |
|-----------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|-----------|-----------------------|
| 1 FB > Erdreich       | 98,7                | 0,267                      | 0,60 F <sub>bf</sub> | 51 25 12  | 20,7                  |
| 2 FB > TG             | 241,2               | 0,208                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51        | 62,2                  |
| 3 FB > Unbeheizt      | 180,8               | 0,205                      | 0,70 F <sub>G</sub>  | 51 25 21  | 35,0                  |
| 4 FB > Außenluft      | 1,7                 | 0,222                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51        | 0,5                   |
| 5 Außenwand EG S-O    | 27,6                | 0,222                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 7,5                   |
| 6 Außenwand EG S-W    | 61,7                | 0,222                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 16,8                  |
| 7 Außenwand EG N-W    | 33,5                | 0,222                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 9,1                   |
| 8 Außenwand EG N-O    | 86,9                | 0,222                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 23,6                  |
| 9 Außenwand OG S-O    | 145,8               | 0,222                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 39,6                  |
| 10 Außenwand OG S-W   | 250,3               | 0,222                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 68,1                  |
| 11 Außenwand OG N-W   | 145,8               | 0,222                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 39,6                  |
| 12 Außenwand OG N-O   | 312,3               | 0,222                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 84,9                  |
| 13 AW red. WD S-W     | 8,0                 | 0,457                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 4,1                   |
| 14 AW Loggia S-O      | 9,6                 | 0,311                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 3,5                   |
| 15 AW Loggia S-W      | 46,2                | 0,311                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 16,7                  |
| 16 AW Loggia N-W      | 9,6                 | 0,311                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 3,5                   |
| 17 Wand > Unb.        | 18,7                | 0,261                      | 0,70 F <sub>G</sub>  | 51 25 21  | 4,3                   |
| 18 Wand > TG          | 59,9                | 0,274                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 19,4                  |
| 19 AW > Erdreich      | 41,2                | 0,295                      | 0,60 F <sub>bw</sub> | 51 25 13  | 9,4                   |
| 20 Schrägdach         | 563,8               | 0,145                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51        | 110,1                 |
| 21 Dachterrasse       | 49,6                | 0,211                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51        | 13,0                  |
| 22 Gaubendach         | 38,4                | 0,233                      | 1,00 F <sub>D</sub>  | 51        | 10,9                  |
| 23 Tür > TG           | 2,0                 | 2,000                      | 1,00 F <sub>AW</sub> | 51        | 4,2                   |
| 24 Tür > Unb.         | 2,0                 | 2,000                      | 0,70 F <sub>G</sub>  | 51 25 21  | 2,9                   |
| 25 Fenster S-O        | 49,6                | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02     | 47,2                  |
| 26 Fenster S-W        | 160,5               | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02     | 152,4                 |
| 27 Fenster N-W        | 43,7                | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02     | 41,5                  |
| 28 Fenster N-O        | 120,3               | 0,900                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02     | 114,3                 |
| 29 Eingangsvergl. S-W | 15,3                | 1,300                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02     | 20,6                  |
| 30 Dachfenster N-O    | 21,4                | 1,000                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02     | 22,5                  |
| 31 Dachfenster S-W    | 12,9                | 1,000                      | 1,00 F <sub>F</sub>  | 51 02     | 13,5                  |

$$\Sigma A [m^2] = 2.858,8 \quad \Sigma L_D + H_u + L_s [W/K] = 1.021,4$$

darin enthaltene Wärmebrückenzuschläge  $L_{D,WB} = 142,9 \text{ W/K}$  (14,0%)

Bodenplattenmaß  $B' = A_G / (0.5 P) = 99 / 21 = 4,69 \text{ m}$  (DIN V 4108-6, E.3)

**Anmerkungen**

- 01 F<sub>x</sub>-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 12 Bodenplatte des beheizten Kellers.
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 21 Decke / Wand zum unbeheizten Keller ohne Perimeterdämmung.
- 25 F<sub>x</sub>-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß  $B' = 98,7 / 21,1 = 4,69$ .
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/m<sup>2</sup>K pauschal berücksichtigt. Die Konstruktionshinweise nach DIN 4108, Bbl.2 werden eingehalten.

**Gebäudeberechnung**

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.28)

$$H_T = \sum U_i \cdot A_i + H_u + L_s + H_{WB} + \Delta H_{T,FH} = \mathbf{1021,4 \text{ W/K}} \quad (0,36 \text{ W/(m}^2\text{K)})$$

**Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen**

| Bezeichnung | Volumenermittlung | V [m <sup>3</sup> ] |
|-------------|-------------------|---------------------|
| 1 Volumen   | 8550,09           | 8550,1              |
| 2           |                   |                     |

|                          |                          |                      |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Beheiztes Gebäudevolumen | $V_e =$                  | 8.550 m <sup>3</sup> |
| Gebäudenutzfläche        | $A_N = 0,32 \cdot V_e =$ | 2.736 m <sup>2</sup> |
| beheiztes Luftvolumen    | $V_L = 0,80 \cdot V_e =$ | 6.840 m <sup>3</sup> |

**Lüftungswärmeverluste**

|             |  |                      |
|-------------|--|----------------------|
| Luftvolumen | Netto-Luftvolumen $V_N = V_L =$                              | 6840 m <sup>3</sup>  |
| Lüftung     | Abluftanlage ohne WRG DIN V 4108-6 D.3                       |                      |
|             | $n_{Anl} = 0,40; n_x = 0,15 \Rightarrow n = n_{Anl} + n_x =$ | 0,55 h <sup>-1</sup> |

Spezifischer Lüftungswärmeverlust  $H_V = 0,34 \cdot n \cdot V_N = \mathbf{1279,1 \text{ W/K}}$  (DIN V 4108-6, 6.2)

Die Dichtheit des Gebäudes mit raumluftechnischen Anlagen wurde nach EnEV A4 überprüft.

**Interne Wärmegewinne**

|               |                          |                      |
|---------------|--------------------------|----------------------|
| Nutzfläche    | $A_N = 0,32 \cdot V =$   | 2.736 m <sup>2</sup> |
| Wärmeleistung | Wohngebäude, $q_{i,M} =$ | 5,0 W/m <sup>2</sup> |

Brutto-Wärmegewinne  $\Phi_{i,M} = q_{i,M} \cdot A_N = \mathbf{13.680 \text{ W}}$  (DIN V 4108-6, 6.3)

**Gebäudeberechnung****Solare Wärmegewinne**Effektive Kollektorflächen  $A_S$  für Deutschland (Potsdam), nördliche Breite  $50^{\circ},00'$ 

| Kollektorfläche  | A [m <sup>2</sup> ] |       | $g_{\perp}$ | $F_F$ | $F_C$ | $F_H$ | $F_O$ | $F_f$ | $A_S$ |
|------------------|---------------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Fenster          |                     |       |             |       |       |       |       |       |       |
| 25 Fenster       | S-O                 | 49,6  | S-O 90°     | 0,55  | 0,70  |       | 0,90  |       | 15,5  |
| 26 Fenster       | S-W                 | 160,5 | S-W 90°     | 0,55  | 0,70  |       | 0,90  |       | 50,0  |
| 27 Fenster       | N-W                 | 43,7  | N-W 90°     | 0,55  | 0,70  |       | 0,90  |       | 13,6  |
| 28 Fenster       | N-O                 | 120,3 | N-O 90°     | 0,55  | 0,70  |       | 0,90  |       | 37,5  |
| 29 Eingangsvergl | S-W                 | 15,3  | S-W 90°     | 0,50  | 0,70  |       | 0,90  |       | 4,3   |
| 30 Dachfenster   | N-O                 | 21,4  | N-O 90°     | 0,50  | 0,70  |       | 0,90  |       | 6,1   |
| 31 Dachfenster   | S-W                 | 12,9  | S-W 90°     | 0,50  | 0,70  |       | 0,90  |       | 3,6   |

$A_S$  [m<sup>2</sup>] = A \* 0,90 \*  $g_{\perp}$  \*  $F_F$  \*  $F_C$  \*  $F_S$  mit  $F_S = F_H * F_O * F_f$  (DIN V 4108-6, Gl.54)  
 $F_F$  berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor  $F_C$  für permanente Sonnenschutzvorrichtungen, Teilbestrahlungsfaktoren  $F_H$  für Horizontwinkel der Verbauung,  $F_O$  für horizontale Überhänge und  $F_f$  für seitliche Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

$F_C$ -Werte - Annahme für den öffentlich-rechtlichen Nachweis,  $F_C = 1,00$

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren  $F_S$  wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen

solare Wärmegewinne über opake Bauteile werden nicht berücksichtigt

Strahlungsintensitäten  $I_S$  für Deutschland (Potsdam) DIN V 4108-6, Tab A.1

| [W/m <sup>2</sup> ] | Aug                       | Sep | Okt  | Nov  | Dez  | Jan  | Feb  | Mrz  | Apr   |
|---------------------|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| - 0°                | 180                       | 127 | 77   | 31   | 17   | 29   | 44   | 97   | 189   |
| Süd 90°             | 127                       | 123 | 106  | 39   | 29   | 59   | 47   | 98   | 147   |
| West 90°            | 105                       | 79  | 47   | 19   | 11   | 17   | 24   | 60   | 114   |
| Nord 90°            | 57                        | 41  | 25   | 13   | 7    | 10   | 18   | 31   | 58    |
| Ost 90°             | 115                       | 83  | 55   | 20   | 12   | 25   | 29   | 68   | 134   |
| Kollektorfläche     |                           |     | Okt  | Nov  | Dez  | Jan  | Feb  | Mrz  | Apr   |
| Fenster             |                           |     |      |      |      |      |      |      |       |
| 25 Fenster          | S-O                       |     | 1409 | 495  | 356  | 774  | 650  | 1394 | 2415  |
| 26 Fenster          | S-W                       |     | 4003 | 1551 | 1101 | 2002 | 1802 | 4154 | 6806  |
| 27 Fenster          | N-W                       |     | 381  | 177  | 95   | 150  | 245  | 518  | 1062  |
| 28 Fenster          | N-O                       |     | 1088 | 488  | 263  | 413  | 713  | 1538 | 3264  |
| 29 Eingangsvergl.   | S-W                       |     | 346  | 134  | 95   | 173  | 156  | 359  | 588   |
| 30 Dachfenster      | N-O                       |     | 176  | 79   | 43   | 67   | 115  | 249  | 529   |
| 31 Dachfenster      | S-W                       |     | 292  | 113  | 80   | 146  | 131  | 303  | 496   |
| solare Wärmeströme  | $\Sigma \Phi_S$ [W]       |     | 7695 | 3038 | 2033 | 3724 | 3812 | 8513 | 15160 |
|                     | $\Sigma \Phi_S * t$ [kWh] |     | 5725 | 2187 | 1512 | 2771 | 2562 | 6334 | 10915 |

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

**Wirksame Wärmespeicherfähigkeit**

Vereinfachter Ansatz für schwere Gebäude mit massiven Innen- und Außenbauteilen ohne untergehängte Decken

$c_{\text{wirk}} = 50,0 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$ ,  $c_{\text{wirk}} * V_e = 427.505 \text{ Wh/K}$

Parameter  $a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H * \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H * 16) = 1 + 26719 / H$  (Gl.75, monatlich)

## Gebäudeberechnung

### Heizunterbrechung

Abgesenkter Heizbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, Anhang C)

Nachtabenkung für  $t_U = 7,0$  Stunden

Mindest-Innentemperatur  $\theta_{isb} = 15,0$  °C

Heizungsanlage mit Nennleistung  $\Phi_{pp} = 1.5 \cdot (H_T + H_V) \cdot 31 = 101.566$  W (automatisch aktualisiert, darin  $H_V$  mit Luftwechselrate  $n = 0.5$ )

durchschnittliche Heizleistung im Absenkbetrieb  $\Phi_{rp} = 11.097$  W

Interne Gewinne während der Nachtabenkung  $\Phi_g = 13680$  W, Luftwechselrate  $n = 0,50$

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit  $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 18,0 \cdot V_e = 153.902$  Wh/K

|     | $\theta_e$<br>°C | $\theta_{inh}$<br>°C | $\theta_{i1}$<br>°C | $t_{nh}$<br>h | $t_{sb}$<br>h | $t_{bh}$<br>h | $\theta_{co}$<br>°C | $\theta_{c1}$<br>°C | $\theta_{c2}$<br>°C | $\theta_{c3}$<br>°C | $\Delta Q_{ij}$<br>kWh | $\Delta Q_{i1}$<br>kWh |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Jan | 1,0              | 6,1                  | 17,5                | 7,0           | 0,0           | 0,6           | 18,9                | 17,7                | 17,7                | 18,0                | 14,4                   | 445                    |
| Feb | 1,9              | 7,0                  | 17,6                | 7,0           | 0,0           | 0,4           | 18,9                | 17,8                | 17,8                | 18,0                | 13,3                   | 371                    |
| Mär | 4,7              | 9,8                  | 17,9                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 18,1                | 18,1                | 18,1                | 10,1                   | 313                    |
| Apr | 9,2              | 14,3                 | 18,5                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 18,5                | 18,5                | 18,5                | 5,2                    | 155                    |
| ... |                  |                      |                     |               |               |               |                     |                     |                     |                     |                        |                        |
| Okt | 9,5              | 14,6                 | 18,5                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 18,5                | 18,5                | 18,5                | 4,8                    | 150                    |
| Nov | 4,1              | 9,2                  | 17,9                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 18,0                | 18,0                | 18,0                | 10,8                   | 323                    |
| Dez | 0,9              | 6,0                  | 17,5                | 7,0           | 0,0           | 0,6           | 18,9                | 17,7                | 17,7                | 18,0                | 14,5                   | 449                    |

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung

$$\Delta Q_{ij} = H_{sb} \cdot [(\theta_{io} - \theta_{inh}) \cdot t_{nh} + (\theta_{io} - \theta_{sb}) \cdot t_{isb} + (\theta_{io} - \theta_{ipp}) \cdot t_{bh}] - C \cdot \zeta \cdot (\theta_{co} - \theta_{c1} + \theta_{c2} - \theta_{c3})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat  $\Delta Q_{ij} = \Delta Q_{ij} \cdot \dots$  Tage

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr  $Q_{NA} = \Sigma \Delta Q_{ij} = 2206,8$  kWh/a

$H_V$  Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $0.34 \cdot 0,50 \cdot V_L = 1.163$  W/K

$H_{sb}$  Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $H_T + H_V = 2.184$  W/K

$H_{ic}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum =  $4 \cdot AN / 0.13 = 84.186$  W/K

$H_W$  Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m<sup>2</sup>)

$$H_W = 4,2 + 2,9 + 54,7 + 178,7 + 48,5 + 135,4 + 15,2 + 25,3 + 15,2 = 480$$
 W/K

$H_{ce}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$$H_{ce} = H_{ic} \cdot (H_{sb} - H_W - H_V) / (H_{ic} - H_{sb} + H_W + H_V) = 545$$
 W/K

$\zeta$  Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 0,99$

$\xi$  Verhältniswert =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_W + H_V) = 0,99$

$\tau_p$  Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung =  $\zeta \cdot C / (\xi \cdot H_{sb}) = 71,37$

$\tau_T$  Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur =  $\zeta \cdot C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,80$

$\theta_e$  Außentemperatur

$\theta_{inh}$  niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb  $\theta_e$ , abgesenkt  $\theta_e \cdot \Phi_{rp} / H_{sb}$ )

$\theta_{ipp}$  höchstmögliche Innentemperatur ( $\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$ )

$\theta_{i1}$  Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase =  $\theta_{inh} + \zeta \cdot (\theta_{co} - \theta_{cnh}) \cdot \exp(rDiv - t_{nh} / \tau_p)$

$t_{nh}$  Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

$t_{sb}$  Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

$t_{bh}$  Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

$\theta_{co}$  Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ( $\theta_e + \zeta \cdot (\theta_{i0} - \theta_e)$ )

$\theta_{c1}$  Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

$\theta_{c2}$  Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

$\theta_{c3}$  Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

$\Delta Q_{ij}$  Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

**Gebäudeberechnung****Heizwärmebedarf**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Transmissionsverluste      | $Q_t = (\sum L_D) \cdot \Delta T \cdot d - \Delta Q_{il}$  |
| Transmissionswärmeverluste | $\sum L_D = 1021 \text{ W/K}$  |
| Heizunterbrechung          | $\Delta Q_{il}$ monatlich  |
| Lüftungswärmeverluste      | $H_V = 1279 \text{ W/K}$   |
| Interne Gewinne            | $\Phi_{i,M} = 13680 \text{ W}$   |
| Solare Gewinne             | $\Phi_s$ [W] (monatlich)   |
| Ausnutzungsgrad            | $\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ (a sh. $c_{\text{wirk}}$ )<br>$\gamma = Q_g / Q_l$ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5) |

|     | $t_A$<br>°C | $Q_t$<br>kWh | $H_V \cdot \Delta T \cdot d$<br>kWh | $\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$<br>kWh | $\Phi_s \cdot d \cdot \eta$<br>kWh | $\eta$ | $Q_h$<br>kWh |
|-----|-------------|--------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|--------|--------------|
| Jan | 1,0         | 13.234       | 17.130                              | 10.178                                 | 2.771                              | 1,00   | 17.415       |
| Feb | 1,9         | 11.366       | 14.698                              | 9.193                                  | 2.562                              | 1,00   | 14.310       |
| Mär | 4,7         | 10.554       | 13.609                              | 10.151                                 | 6.317                              | 1,00   | 7.693        |
| Apr | 9,2         | 7.052        | 9.025                               | 7.556                                  | 8.373                              | 0,77   | 148          |
| Mai | 14,1        | 3.724        | 4.663                               | 3.865                                  | 4.521                              | 0,38   | 0            |
| Jun | 16,7        | 1.691        | 2.118                               | 1.720                                  | 2.090                              | 0,17   | 0            |
| Jul | 19,0        | -            | -                                   | -                                      | -                                  | 0,00   | -            |
| Aug | 18,6        | 304          | 381                                 | 342                                    | 342                                | 0,03   | 0            |
| Sep | 14,3        | 3.456        | 4.328                               | 4.325                                  | 3.460                              | 0,44   | 0            |
| Okt | 9,5         | 7.069        | 9.041                               | 9.490                                  | 5.338                              | 0,93   | 1.282        |
| Nov | 4,1         | 10.635       | 13.722                              | 9.849                                  | 2.187                              | 1,00   | 12.321       |
| Dez | 0,9         | 13.306       | 17.225                              | 10.178                                 | 1.512                              | 1,00   | 18.840       |
|     | 9,5         | 82.390       | 105.940                             | 76.847                                 | 39.474                             |        | 72.010       |

Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h = 72.010 \text{ kWh/a}$  ( $q_h = 26,3 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ )

Heizzeit vom 2.11. bis 6.4. (155 Tage, Gl.27, Orientierungsgröße informativ)  
erforderliche Heizleistung, Orientierungswert 102 kW (kein Bemessungswert)

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (1021,4) \cdot 18,0 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 - 445,0 = 13233,6 \text{ kWh}$$

$$H_V \cdot \Delta T \cdot d = 1279,1 \cdot 18,0 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 17129,7 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{i,M} \cdot d = 13680,1 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 10178,0 \text{ kWh}$$

$$\Phi_s \cdot d = 3724,0 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 2770,7 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (10178,0 + 2770,6) / (13233,7 + 17129,6) = 0,43 \quad a = 1 + 427505 / (1021,4 + 1279,1) / 16 = 12,61$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 1,000 / 1,000 / 0,997 / 0,767 / 0,380 \text{ (Jan / Feb / Mrz / Apr / Mai)}$$

**Wärmebedarf für Warmwasserbereitung**

pauschaler Ansatz 12,5 kWh/(m²a) (öffentlich-rechtlicher Nachweis)

$$Q_{\text{tw}} = A_N \cdot q_{\text{tw}} = 2.736 \cdot 12,5 = 34.200 \text{ kWh/a}$$

**Anlagentechnik (DIN V 4701-10)**

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)

Heizung: ... Lüftungsanlage ... Warmwasser: mit Zirkulation - Energieträger: [Nah- / Fernwärme, KWK + fossiler Brennstoff], Strom

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = 0,88$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{\text{WE,E}} = 125.959 \text{ kWh/a}$  (46,0 kWh/(m²a))

Hilfsenergie, lokal  $Q_{\text{HE,E}} = 5.916 \text{ kWh/a}$  (2,2 kWh/(m²a))

**Gebäudeberechnung****EnEV-Nachweis (2014)**

zulässiger, spezifischer Transmissionswärmeverlust für ein Wohngebäude  
 zul  $H'_{T} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (EnEV '14, A1, Tab.2, freistehende Wohngebäude über 350 m<sup>2</sup>)  
 vorh  $H'_{T} = 1021,4 / 2858,8 = 0,36 \leq 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

**Grenzwert wird eingehalten**

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs  
 vorh.  $Q_p = (Q_h + Q_w) * e_p = 92.979 \text{ kWh/a}$ ,  $A_N = 2.736 \text{ m}^2$   
 $q_{p,Ref} = 52,18 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$  aus der Berechnung zum Referenzgebäude  
 "15038-W\_2015-11-02-Variante-BHKW-op-BW-Kessel-REFERENZ-WG2014"  
 nach EnEV '14  
 vorh  $q_p = 92979 / 2736,0 = 34,0 \leq 52,2 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} = q_{p,Ref}$

**Grenzwert wird eingehalten**

**KfW-Förderprogramme**

Die Förderprogramme der Kreditanstalt für Wiederaufbau zur CO<sub>2</sub> - Minderung durch Gebäudesanierung sind an die Einhaltung / Unterschreitung der nachfolgend aufgeführten Grenzwerte gebunden.

Förderprogramme für Energieeffizientes Bauen (Programm Nr. 153, Stand 07/2010)  
 Referenzberechnung = "15038-W\_2015-11-02-Variante-BHKW-op-BW-Kessel-REFERENZ-WG2014"

|                      | REF % | $Q_{P'}'$<br>kWh/ (m <sup>2</sup> a) | REF % | $H_{T'}$<br>W/ (m <sup>2</sup> K) |               |
|----------------------|-------|--------------------------------------|-------|-----------------------------------|---------------|
| vorhanden            | 65 %  | 34,0                                 | 78 %  | 0,357                             |               |
| Referenzwerte        | 100 % | 52,2                                 | 100 % | 0,456                             |               |
| EnEV-Anforderungen   | 100 % | 52,2                                 | 110 % | 0,500                             | erfüllt       |
| KfW Effizienzhaus 70 | 70 %  | 36,5                                 | 85 %  | 0,388                             | erfüllt       |
| KfW Effizienzhaus 55 | 55 %  | 28,7                                 | 70 %  | 0,319                             | nicht erfüllt |
| KfW Effizienzhaus 40 | 40 %  | 20,9                                 | 55 %  | 0,251                             | nicht erfüllt |

Förderung von "Passivhäusern" wie "KfW Effizienzhäuser 55"

"KfW Effizienzhaus 70" ... **OK**

**Fensterflächenanteil**

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten 1623 m<sup>2</sup> Fassadenflächen, davon 1199 m<sup>2</sup> Wandflächen und 424 m<sup>2</sup> Fensterflächen. Der Fensterflächenanteil beträgt **26%**.

Die Sonneneintragskennwerte sind nach DIN 4108-2:2013 zu begrenzen (EnEV 2014)

## Gebäudeberechnung

### Haus- und Anlagentechnik (Wohngebäude)

Projekt Am Römerkastell 69, Stuttgart

zur Gebäudeberechnung "15038-W\_2018-08-21-Variante-BHKW-op-BW-Kessel"

#### Anlagenkurzbeschreibung

mit Endenergie versorgter Bereich  $A_N = 2736 \text{ m}^2$

Heizwärmebedarf  $q_h = 26,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , Trinkwasserwärmebedarf  $q_{tw} = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Tabellenverfahren nach DIN V 4701-10 Anhang C.3

Heizung: ... Lüftungsanlage ... Warmwasser: mit Zirkulation ... Energieträger: [Nah- / Fernwärme, KWK + fossiler Brennstoff], Strom

#### Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl $e_p$

Aufwandszahlen  $e_i$  und Energieverluste der Erzeugung, Speicherung und Verteilung, Wärmegutschriften, Hilfsenergiebedarf, Deckungsanteile  $\alpha$  und Primärenergiefaktoren  $f_p$ .

Verwendete Indizes: P-Primärenergie, E-Endenergie, HE-Hilfsenergie, TW-Trinkwarmwasser, L-Lüftung, H-Heizung.

Zur Berechnung der Anlagenaufwandszahl nach DIN V 4701-10 mit Tabellenwerten wird eine Heizzeit von 185 Tagen zu Grunde gelegt.

Detailliert berechnete Anlagen-Kenngrößen liegen nicht vor.

#### Anlage zur Warmwasserbereitung

mit Trinkwarmwasser versorgter Bereich  $A_N = 2736 \text{ m}^2$

Trinkwasserwärmebedarf  $q_{tw} = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

| Anlagenteil | Aufwandszahl<br>[-] | Verlust<br>kWh/ (m <sup>2</sup> a) | Gutschrift<br>kWh/ (m <sup>2</sup> a) | Hilfsenergie<br>kWh/ (m <sup>2</sup> a) | $\alpha$<br>[%] | $f_p$ | Anm. |
|-------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------|-------|------|
| Erzeuger I  | 1,00                |                                    |                                       |   | 79              | 0,50  | 901  |
| Speicher    |                     | 0,9                                |                                       | 0,03                                    |                 |       | 36   |
| Verteilung  |                     | 6,6                                | 2,2                                   | 0,14                                    |                 |       | 22   |
| Erzeuger II | 1,07                |                                    |                                       | 0,07                                    | 21              | 1,10  | 904  |
|             |                     | 7,5                                | 2,2                                   | 0,23                                    | 100             |       |      |

901) Nah- / Fernwärme, Aufwandszahl  $e_{TW,g}$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{TW,g,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-4e (manuell)  
[Nah- / Fernwärme, KWK + fossiler Brennstoff]

36) Indirekt beheizter Speicher außen, Wärmeverlust  $q_{TW,s}$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{TW,s,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-3a

22) Gebäudezentrale TW-Verteilung mit Zirkulation, Verteilungen außen, Wärmeverlust  $q_{TW,d}$ , Wärmegutschrift  $q_{h,TW,d}$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{TW,d,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-2a / C.1-2b

904) verbesserter BW-Kessel,  $\eta_{100\%} \geq 0.94 + \log(Q_N)/100$ , Aufwandszahl  $e_{TW,g}$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{TW,g,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.1-4b [Erdgas]

#### Primär- und Endenergiebedarf für Trinkwasserbereitung

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Gl. 4.2-3, Aufwandszahl * Primärenergiefaktor $\Sigma(e_{TW,g,i} * \alpha_{TW,g,i} * f_{P,i})$ | 0,64                        |
| Gl. 4.2-3, Primärenergiebedarf $q_{TW,P} = (12,5 + 7,5) * 0,64$                                | 12,8 kWh/(m <sup>2</sup> a) |
| Gl. 4.2-4, Heizwärmegutschrift $q_{h,TW} = 2,2$  | 2,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)  |
| Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE} = +0,03+0,14+0,01$                                    | 0,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)  |
| Gl. 4.2-5, Hilfsenergiebedarf $q_{TW,HE,P} = 0,2 * 2,4$  | 0,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)  |
| Endenergiebedarf $Q_{TW,E} = (12,5 + 7,5) * (0,79 + 0,22) * 2736$                              | 55.451 kWh/a                |
| Hilfsendenergiebedarf $Q_{TW,HE,E} = 0,2 * 2736$   | 498 kWh/a                   |

**Gebäudeberechnung****Lüftungsanlage**belüfteter Bereich  $A_N = 2736 \text{ m}^2$ 

| Anlagenteil    | Aufwandszahl<br>[-] | Verlust<br>kWh/(m <sup>2</sup> a) | Heizbeitrag<br>kWh/(m <sup>2</sup> a) | Hilfsenergie<br>kWh/(m <sup>2</sup> a) | $\alpha$<br>[%] | f <sub>P</sub> | Anm. |
|----------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------|----------------|------|
| Lüftungsanlage |                     |                                   |                                       | 1,30                                   |                 | 2,40           | 110  |
| L/L-Wärmepumpe |                     |                                   |                                       |  |                 |                |      |
| Heizregister   |                     |                                   |                                       |  |                 |                |      |
| Verteilung     |                     |                                   |                                       |  |                 |                |      |
| Übergabe       |                     |                                   |                                       |  |                 |                |      |
|                |                     |                                   |                                       | 1,30                                   |                 |                |      |

110) Abluftanlage mit AC-Ventilatoren, Hilfsenergiebedarf  $q_{L,g,HE,WRG}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.2-3c [Strom]Gl. 4.2-12, Heizwärmebeitrag  $q_{h,L} = 0,0 - 0,0 - 0,0$  0,0 kWh/(m<sup>2</sup>a)Gl. 4.2-13, Hilfsenergiebedarf  $q_{L,HE,P} = 1,30 * 2,4$  3,1 kWh/(m<sup>2</sup>a)Hilfsendenergiebedarf  $Q_{L,HE,E} = 1,30 * 2736$  3.557 kWh/a**Heizungsanlage**beheizter Bereich  $A_N = 2736 \text{ m}^2$ Heizwärmebedarf  $q_h = 26,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ verbleibender Bedarf  $q_{h,0} = 26,3 - 2,2 - 0,0 = 24,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ 

| Anlagenteil | Aufwandszahl<br>[-] | Verlust<br>kWh/(m <sup>2</sup> a) | Hilfsenergie<br>kWh/(m <sup>2</sup> a) | $\alpha$<br>% | f <sub>P</sub> | Anm. |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|--|---------------|----------------|------|
| Erzeuger I  | 1,00                |                                   |  | 79            | 0,50           | 913  |
| Erzeuger II | 0,94                |                                   | 0,17                                   | 21            | 1,10           | 913  |
| Speicher    |                     | 0,1                               | 0,07                                   |               |                | 209  |
| Verteilung  |                     | 0,8                               | 0,58                                   |               |                | 217  |
| Übergabe    |                     | 1,1                               |  |               |                | 257  |
|             |                     | 2,0                               | 0,81                                   | 100           |                |      |

913) Nah- oder Fernwärme, Aufwandszahl  $e_g$  nach DIN V 4701-10 Abs.5.3.4.2.4 (manuell) [Nah- / Fernwärme, KWK + fossiler

Brennstoff]

913) verbesserter BW-Kessel außerhalb, 35/28 °C, Aufwandszahl  $e_g$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{g,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.3-4b [Erdgas]209) Pufferspeicher des Wärmeerzeugers außen, Systemtemperatur 35/28 °C, Wärmeverlust  $q_{H,S}$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{H,S,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.3-3217) horizontale Verteilung außen, Steiger innenliegend, Systemtemperaturen 35/28 °C, geregelte Pumpe, Wärmeverluste der Verteilleitungen  $q_d$  und Hilfsenergiebedarf  $q_{d,HE}$  nach DIN V 4701-10, Tab. C.3-2257) Fußboden- und andere Flächenheizungen, Einzelraumregelung mit Zweipunktregler, Schaltdifferenz 0.5 K, Wärmeverlust  $q_{CE}$  nach DIN V 4701-10 Tab. C.3-1**Primär- und Endenergiebedarf für Heizung**Gl. 4.2-18, benötigte Heizwärme  $q_{h,0} = q_h - q_{h,TW} - q_{h,L} = 26,3 - 2,2 - 0,0$  24,1 kWh/(m<sup>2</sup>a)Gl. 4.2-18, Aufwandszahl \* Primärenergiefaktor  $\Sigma(e_{H,g,i} * \alpha_{H,g,i} * f_{P,i})$  0,61Gl. 4.2-18, Primärenergiebedarf  $q_{H,P} = (24,1 + 2,0) * 0,61$  16,0 kWh/(m<sup>2</sup>a)Gl. 4.2-19, Hilfsenergiebedarf  $q_{H,HE,P} = (+0,0+0,1+0,6) * 2,4$  1,6 kWh/(m<sup>2</sup>a)Endenergiebedarf  $Q_{H,E} = (24,1 + 2,0) * (0,79 + 0,20) * 2736$  70.508 kWh/aHilfsendenergiebedarf  $Q_{H,HE,E} = 0,7 * 2736$  1.861 kWh/a

## Gebäudeberechnung

### Anlagen-Aufwandszahl

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung.

|  |              |
|--|--------------|
| $Q_P = (12,8+0,4)*2.736+(0,0+3,1)*2.736+(16,0+1,6)*2.736$    | 92.979 kWh/a |
| Heizwärmebedarf $Q_h = q_h * A_N = 26,3 * 2736$              | 72.010 kWh/a |
| Trinkwasserwärmebedarf $Q_{tw} = q_{tw} * A_N = 12,5 * 2736$ | 34.200 kWh/a |

---

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = Q_P / (Q_h + Q_{tw}) = 92.979 / (72.010 + 34.200)$  **0,88**

Primärenergie  $Q_P = 92.979$  kWh/a (34,0 kWh/(m²a))

Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{WE,E} = 55.451 + 70.508 = 125.959$  kWh/a (46,0 kWh/(m²a))

Hilfsenergie, lokal  $Q_{HE,E} = 498 + 3.557 + 1.861 = 5.916$  kWh/a ( 2,2 kWh/(m²a))

Effizienzklasse auf Basis des Endenergiebedarfs  $(125959 + 5916) / 2736,0 = 48,2$  kWh/(m²a)

**Effizienzklasse A** (EnEV '2014, A10)

### Energiebedarf nach Energieträgern

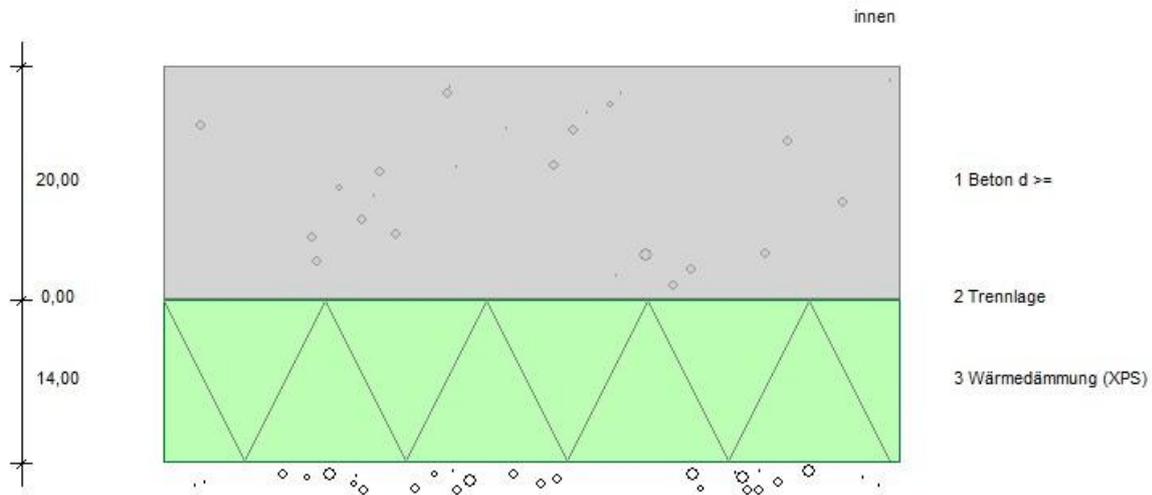
Bedarfswerte auch für den Energieausweis

| Energieträger            | Endenergie<br>kWh/a |       | f <sub>p</sub> | Primärenergie<br>kWh/a |       |
|--------------------------|---------------------|-------|----------------|------------------------|-------|
| [Nah- / Fernwärme, KWK + | 99.624              | 76 %  | 0,5            | 49.812                 | 54 %  |
| [Erdgas]                 | 26.336              | 20 %  | 1,1            | 28.969                 | 31 %  |
| Hilfsenergie (Strom)     | 5.916               | 4 %   | 2,4            | 14.198                 | 15 %  |
|                          | 131.875             | 100 % |                | 92.979                 | 100 % |

| Endenergie<br>nach Energieträgern | Heizung<br>kWh/ (m²a) | Warmwasser<br>kWh/ (m²a) | Lüftung<br>kWh/ (m²a) | Summe<br>kWh/ (m²a) |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| [Nah- / Fernwärme, KW             | 20,6                  | 15,8                     | 0,0                   | 36,4                |
| [Erdgas]                          | 5,1                   | 4,5                      | 0,0                   | 9,6                 |
| Hilfsenergie Strom                | 0,7                   | 0,2                      | 1,3                   | 2,2                 |

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 01: -Fußboden über Erdreich (inkl. Aufzug)**



Fußboden über Erdreich (inkl. Aufzug)  
U = 0,27 W/(m²K)

**Querschnitt**

| von innen             | s<br>cm | ρ<br>kg/m³ | G<br>kg/m² | λ<br>W/ (mK) | R<br>m²K/W            |  |
|-----------------------|---------|------------|------------|--------------|-----------------------|--|
| R <sub>si</sub>       |         |            |            |              | 0,170                 |  |
| 01 Beton d >=         | 20,00   | 2400       | 480,0      | 2,500        | 0,080                 |  |
| 02 Trennlage          | -       | -          | -          | -            | -                     |  |
| 03 Wärmedämmung (XPS) | 14,00   | 25         | 3,5        | 0,040        | 3,500                 |  |
| R <sub>se</sub>       |         |            |            |              | 0,000                 |  |
| d = 34,00             |         |            |            |              | G = 483,5             |  |
|                       |         |            |            |              | R <sub>T</sub> = 3,75 |  |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,267 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

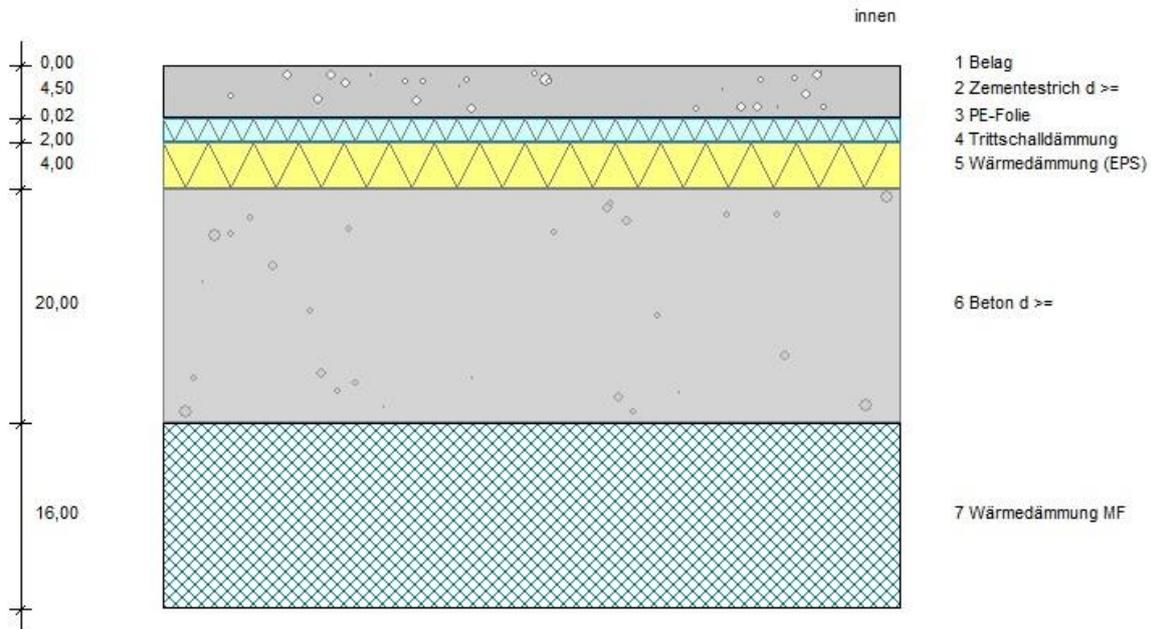
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R 3,58 ≥ 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 02: Fußboden über Tiefgarage**



Fußboden über Tiefgarage  
U = 0,19 W/(m²K)

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

**Querschnitt**

| von innen             | s<br>cm | $\rho$<br>kg/m³ | kg/m² | $\lambda$<br>W/ (mK) | R<br>m² K/W  |  |
|-----------------------|---------|-----------------|-------|----------------------|--------------|--|
| $R_{si}$              |         |                 |       |                      | 0,170        |  |
| 01 Belag              | -       | -               | -     | -                    | -            |  |
| 02 Zementestrich d >= | 4,50    | 2000            | 90,0  | 1,400                | 0,032        |  |
| 03 PE-Folie           | 0,02    | 1000            | 0,2   | -                    | -            |  |
| 04 Trittschalldämmung | 2,00    | 20              | 0,4   | 0,040                | 0,500        |  |
| 05 Wärmedämmung (EPS) | 4,00    | 20              | 0,8   | 0,035                | 1,143        |  |
| 06 Beton d >=         | 20,00   | 2400            | 480,0 | 2,500                | 0,080        |  |
| 07 Wärmedämmung MF    | 16,00   | 50              | 8,0   | 0,034                | 4,706        |  |
| $R_{se}$              |         |                 |       |                      | 0,040        |  |
| d = 46,52             |         |                 |       |                      | G = 579,4    |  |
|                       |         |                 |       |                      | $R_T = 6,67$ |  |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,150 + 0,040 = 0,190$  W/(m²K)  
0,040 Korrektur für Befestigungselemente + Fläche verminderte Dämmung (60mm) Fläche 6\*3,5m  
U-Wert Gesamtkorrektur = 27%

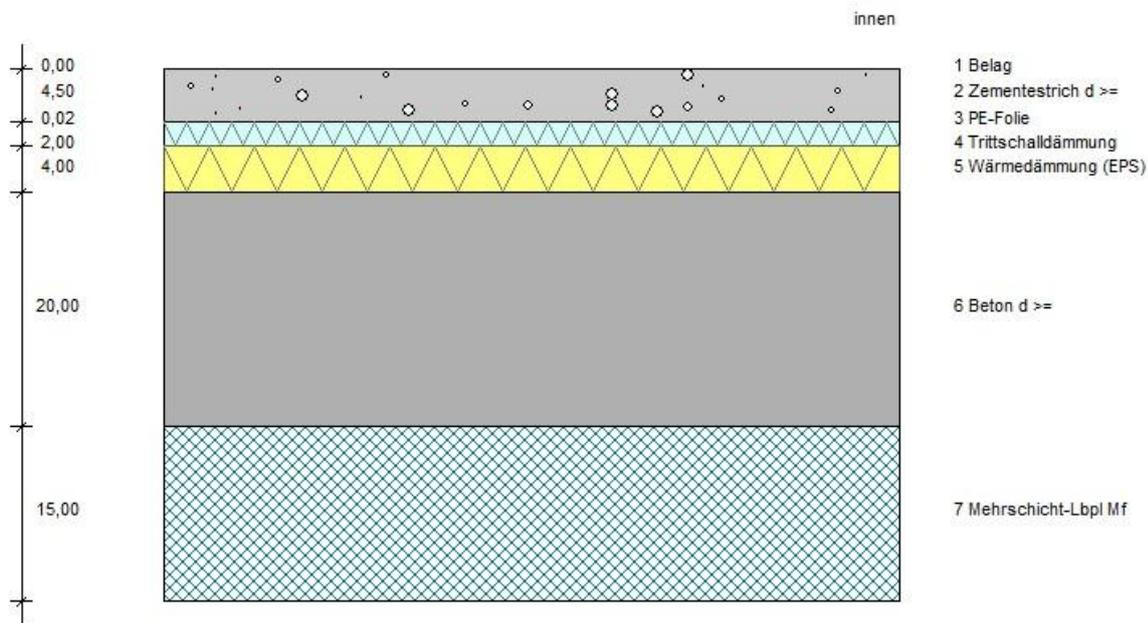
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R 6,46  $\geq$  1,75 m²K/W erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 03: Fußboden über unbeheizten Räumen**



Fußboden über unbeheizten Räumen  
U = 0,21 W/(m²K)

**Querschnitt**

| von innen   | s<br>cm | ρ<br>kg/m³ | kg/m² | λ<br>W/ (mK) | R<br>m²K/W |
|---|---------|------------|-------|--------------|------------|
| R <sub>si</sub>                                     |         |            |       |              | 0,170      |
| 01 Belag  | -       | -          | -     | -            | -          |
| 02 Zementestrich d >=                               | 4,50    | 2000       | 90,0  | 1,400        | 0,032      |
| 03 PE-Folie   | 0,02    | 1000       | 0,2   | -            | -          |
| 04 Trittschalldämmung                               | 2,00    | 20         | 0,4   | 0,040        | 0,500      |
| 05 Wärmedämmung (EPS)                               | 4,00    | 20         | 0,8   | 0,035        | 1,143      |
| 06 Beton d >=                                       | 20,00   | 2400       | 480,0 | 2,500        | 0,080      |
| 07 Mehrschicht-Lbpl Mf                              | 15,00   | 50         | 7,5   | -            | 3,610      |
| R <sub>se</sub>                                     |         |            |       |              | 0,170      |
| d = 45,52      G = 578,9      R <sub>T</sub> = 5,70 |         |            |       |              |            |

Wärmedurchgangskoeffizient U<sub>c</sub> = 0,175 + 0,030 = **0,205 W/(m²K)**

0,030 Korrektur für Befestigungselemente

U-Wert Gesamtkorrektur = 17%

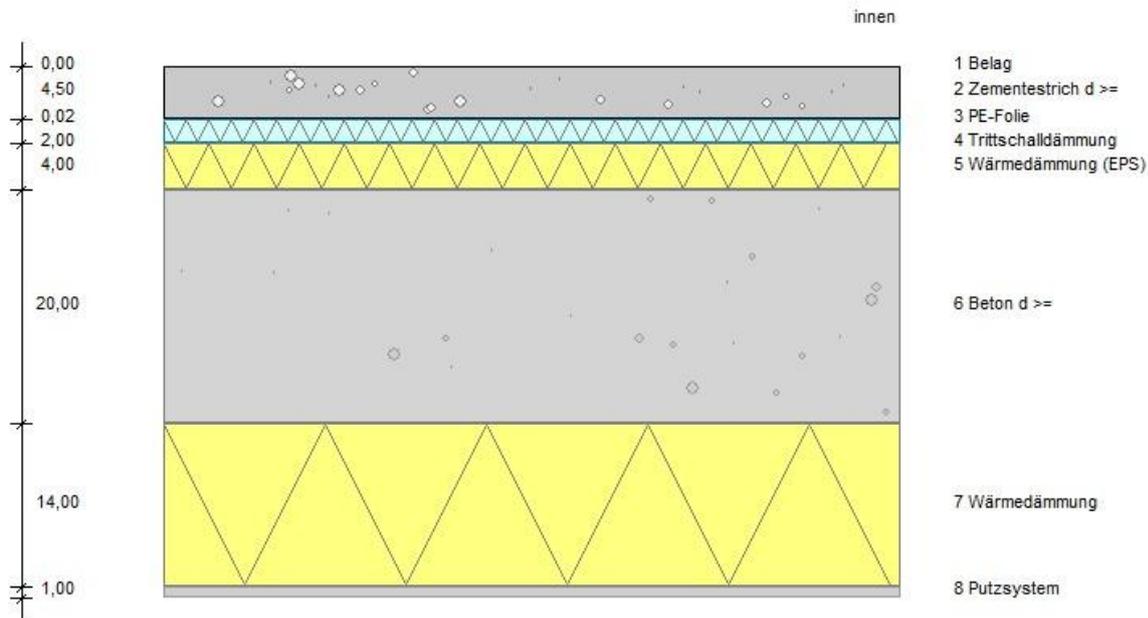
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

Decken gegen nicht beheizten Kellerraum (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 5,36 ≥ 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 04: Fußboden über Außenluft (Eingangsbereich)**



Fußboden über Außenluft (Eingangsbereich)  
U = 0,22 W/(m²K)

**Querschnitt**

| von innen   | s<br>cm | ρ<br>kg/m³ | G<br>kg/m² | λ<br>W/ (mK) | R<br>m²K/W |
|---|---------|------------|------------|--------------|------------|
| R <sub>si</sub>                                     |         |            |            |              | 0,170      |
| 01 Belag  | -       | -          | -          | -            | -          |
| 02 Zementestrich d >=                               | 4,50    | 2000       | 90,0       | 1,400        | 0,032      |
| 03 PE-Folie   | 0,02    | 1000       | 0,2        | -            | -          |
| 04 Trittschalldämmung                               | 2,00    | 20         | 0,4        | 0,040        | 0,500      |
| 05 Wärmedämmung (EPS)                               | 4,00    | 20         | 0,8        | 0,035        | 1,143      |
| 06 Beton d >=                                       | 20,00   | 2400       | 480,0      | 2,500        | 0,080      |
| 07 Wärmedämmung                                     | 14,00   | 20         | 2,8        | 0,045        | 3,111      |
| 08 Putzsystem                                       | 1,00    | 1800       | 18,0       | 0,870        | 0,011      |
| R <sub>se</sub>                                     |         |            |            |              | 0,170      |
| d = 45,52      G = 592,2      R <sub>T</sub> = 5,22 |         |            |            |              |            |

Wärmedurchgangskoeffizient U<sub>c</sub> = 0,192 + 0,030 = **0,222 W/(m²K)**

0,030 Korrektur für Befestigungselemente

U-Wert Gesamtkorrektur = 16%

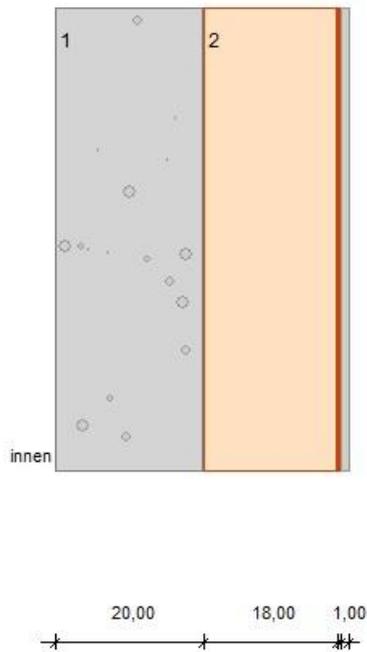
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R      4,88 ≥ 1,75 m²K/W erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 10: Außenwand EG**



Außenwand EG  
U = 0,25 W/(m²K)

- von innen  
1 Beton d >= 20  
2 Ytong Multipor Mineraldämmplatte 180  
3 Kalziumsilikatplatte  
4 Putzsystem

**Querschnitt**

| von innen                           | s<br>cm | ρ<br>kg/m³ | kg/m² | λ<br>W/ (mK) | R<br>m²K/W            |  |
|-------------------------------------|---------|------------|-------|--------------|-----------------------|--|
| R <sub>si</sub>                     |         |            |       |              | 0,130                 |  |
| 01 Beton d >=                       | 20,00   | 2400       | 480,0 | 2,500        | 0,080                 |  |
| 02 Ytong Multipor Mineraldämmplatte | 18,00   | 115        | 20,7  | 0,045        | 4,000                 |  |
| 03 Kalziumsilikatplatte             | -       | -          | -     | -            | -                     |  |
| 04 Putzsystem                       | 1,00    | 1800       | 18,0  | 0,870        | 0,011                 |  |
| R <sub>se</sub>                     |         |            |       |              | 0,040                 |  |
| d = 39,00                           |         |            |       |              | G = 518,7             |  |
|                                     |         |            |       |              | R <sub>T</sub> = 4,26 |  |

Wärmedurchgangskoeffizient U<sub>c</sub> = 0,235 + 0,015 = **0,250 W/(m²K)**

0,015 Korrektur für Dämmstoffhalter ΔU<sub>f</sub> = 5\*λ<sub>f</sub>\*n<sub>f</sub>\*A<sub>f</sub>  
Befestigungselemente λ = 15,00 W/mK, 2,0 St/m², 100 mm²/St.

U-Wert Gesamtkorrektur = 6%

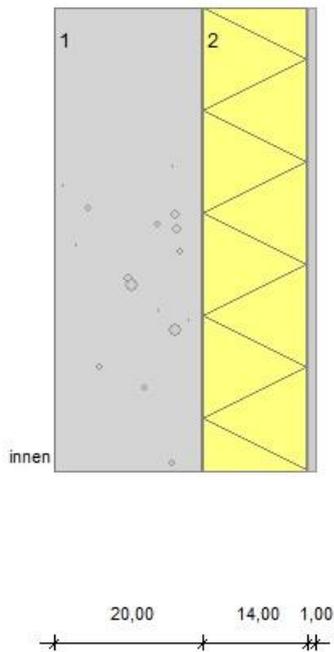
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R 4,09 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 11: Außenwand EG Fassade nach Südwesten**



Außenwand EG Fassade nach Südwesten

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

- von innen  
1 Beton  $d \geq$   
2 Wärmedämmung (MF)  
3 Putzsystem

**Querschnitt**

| 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 |
|--------------------------------------|---------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
| $R_{si}$                             |         |                             |                               |                      | 0,130                   |
| 01 Beton $d \geq$                    | 20,00   | 2400                        | 480,0                         | 2,500                | 0,080                   |
| 02 Wärmedämmung (MF)                 | 14,00   | 20                          | 2,0                           | 0,035                | 4,000                   |
| 03 Putzsystem                        | 1,00    | 1800                        | 18,0                          | 0,870                | 0,011                   |
| $R_{se}$                             |         |                             |                               |                      | 0,040                   |
| $d = 35,00$ $G = 500,0$ $R_T = 4,26$ |         |                             |                               |                      |                         |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,235 + 0,015 = \mathbf{0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

0,015 Korrektur für Dämmstoffhalter  $\Delta U_f = 5 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$   
Befestigungselemente  $\lambda = 15,00 \text{ W/mK}$ ,  $2,0 \text{ St/m}^2$ ,  $100 \text{ mm}^2/\text{St}$ .

U-Wert Gesamtkorrektur = 6%

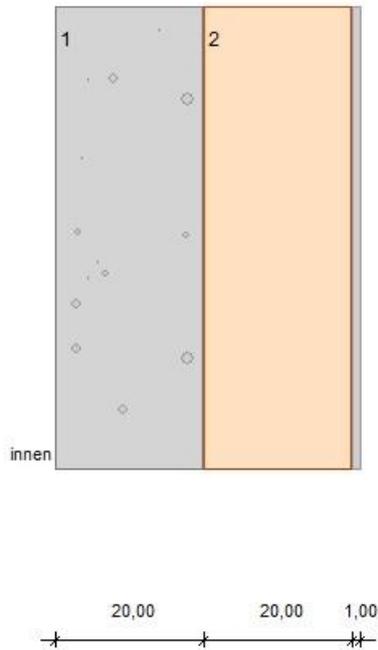
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R       $4,09 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 12: Außenwand OG**



Außenwand OG  
 $U = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
 von innen  
 1 Beton d >=  
 2 Ytong Multipor Mineraldämmplatte 180  
 3 Putzsystem

**Querschnitt**

| 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 <sub>si</sub>                                     |         |                             |                   |                      | 0,130                   |
| 01 Beton d >=                                       | 20,00   | 2400                        | 480,0             | 2,500                | 0,080                   |
| 02 Ytong Multipor Mineraldämmplatte                 | 20,00   | 115                         | 23,0              | 0,045                | 4,444                   |
| 03 Putzsystem                                       | 1,00    | 1800                        | 18,0              | 0,870                | 0,011                   |
| R <sub>se</sub>                                     |         |                             |                   |                      | 0,040                   |
| d = 41,00      G = 521,0      R <sub>T</sub> = 4,71 |         |                             |                   |                      |                         |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,212 + 0,015 = \mathbf{0,227 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$

0,015 Korrektur für Dämmstoffhalter  $\Delta U_f = 5 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$   
 Befestigungselemente  $\lambda = 15,00 \text{ W}/\text{mK}$ ,  $2,0 \text{ St}/\text{m}^2$ ,  $100 \text{ mm}^2/\text{St}$ .

U-Wert Gesamtkorrektur = 7%

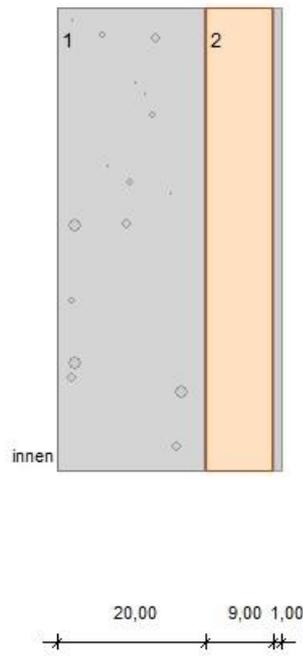
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R       $4,54 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 13: Außenwand OG (reduzierte Wärmedämmung)**



Außenwand OG (reduzierte Wärmedämmung)  
U = 0,46 W/(m²K)

- von innen
- 1 Beton d >=
- 2 Ytong Multipor Mineraldämmplatte 180
- 3 Putzsystem

**Querschnitt**

| von innen   | s<br>cm | ρ<br>kg/m³ | kg/m² | λ<br>W/ (mK) | R<br>m²K/W |
|---|---------|------------|-------|--------------|------------|
| R <sub>si</sub>                                     |         |            |       |              | 0,130      |
| 01 Beton d >=                                       | 20,00   | 2400       | 480,0 | 2,500        | 0,080      |
| 02 Ytong Multipor Mineraldämmplatte                 | 9,00    | 115        | 10,3  | 0,045        | 2,000      |
| 03 Putzsystem                                       | 1,00    | 1800       | 18,0  | 0,870        | 0,011      |
| R <sub>se</sub>                                     |         |            |       |              | 0,040      |
| d = 30,00      G = 508,4      R <sub>T</sub> = 2,26 |         |            |       |              |            |

Wärmedurchgangskoeffizient U<sub>c</sub> = 0,442 + 0,015 = **0,457 W/(m²K)**

0,015 Korrektur für Dämmstoffhalter ΔU<sub>f</sub> = 5\*λ<sub>f</sub>\*n<sub>f</sub>\*A<sub>f</sub>  
Befestigungselemente λ = 15,00 W/mK, 2,0 St/m², 100 mm²/St.

U-Wert Gesamtkorrektur = 3%

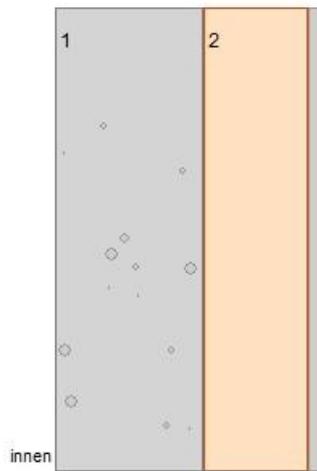
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R      2,09 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 14: Außenwand Loggia**



Außenwand Loggia

$U = 0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

- von innen  
1 Beton  $d \geq$   
2 Ytong Multipor Mineraldämmplatte 180  
3 Putzsystem



**Querschnitt**

| 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 Beton $d \geq$                    | 20,00   | 2400                        | 480,0             | 2,500                | 0,080                   |
| 02 Ytong Multipor Mineraldämmplatte  | 14,00   | 115                         | 16,1              | 0,045                | 3,111                   |
| 03 Putzsystem                        | 1,50    | 1800                        | 27,0              | 0,870                | 0,017                   |
| $R_{se}$                             |         |                             |                   |                      | 0,040                   |
| $d = 35,50$ $G = 523,1$ $R_T = 3,38$ |         |                             |                   |                      |                         |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,296 + 0,015 = \mathbf{0,311 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

0,015 Korrektur für Dämmstoffhalter  $\Delta U_f = 5 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$   
Befestigungselemente  $\lambda = 15,00 \text{ W/mK}$ ,  $2,0 \text{ St/m}^2$ ,  $100 \text{ mm}^2/\text{St}$ .

U-Wert Gesamtkorrektur = 5%

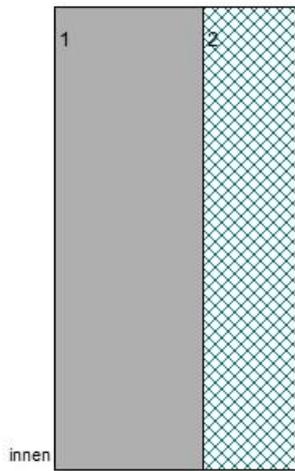
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R       $3,21 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 15: Wand gegen Keller**



Wand gegen Keller  
 $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen  
1 Beton  
2 Mehrschicht-Lbpl EPS



**Querschnitt**

| 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 Beton                             | 20,00   | 2400                        | 480,0             | 2,500                | 0,080                   |
| 02 Mehrschicht-Lbpl EPS              | 12,50   | 50                          | 6,3               | -                    | 3,700                   |
| $R_{se}$                             |         |                             |                   |                      | 0,040                   |
| $d = 32,50$ $G = 486,3$ $R_T = 3,95$ |         |                             |                   |                      |                         |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,253 + 0,015 = \mathbf{0,268 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

0,015 Korrektur für Befestigungselemente

U-Wert Gesamtkorrektur = 6%

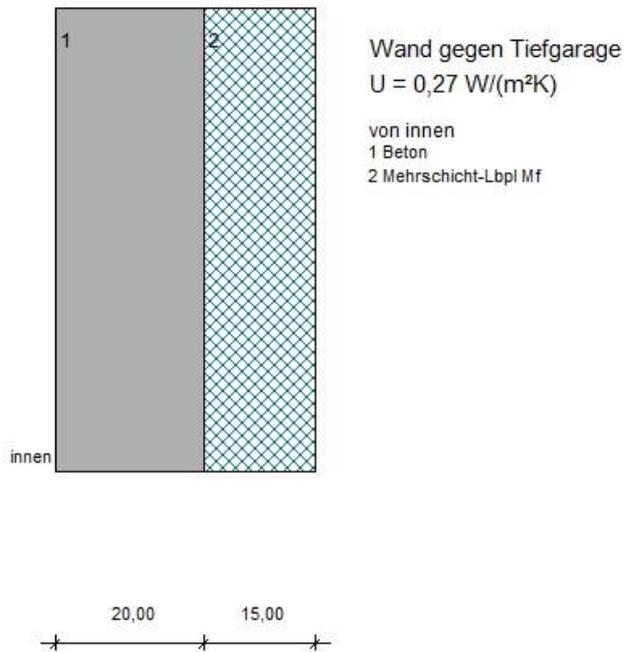
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R       $3,78 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 16: Wand gegen Tiefgarage**



**Querschnitt**

| von innen   | s<br>cm | ρ<br>kg/m³ | kg/m² | λ<br>W/ (mK) | R<br>m²K/W |
|---|---------|------------|-------|--------------|------------|
| R <sub>si</sub>                                     |         |            |       |              | 0,130      |
| 01 Beton  | 20,00   | 2400       | 480,0 | 2,500        | 0,080      |
| 02 Mehrschicht-Lbpl Mf                              | 15,00   | 50         | 7,5   | -            | 3,610      |
| R <sub>se</sub>                                     |         |            |       |              | 0,040      |
| d = 35,00      G = 487,5      R <sub>T</sub> = 3,86 |         |            |       |              |            |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,259 + 0,015 = \mathbf{0,274 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

0,015 Korrektur für Befestigungselemente

U-Wert Gesamtkorrektur = 6%

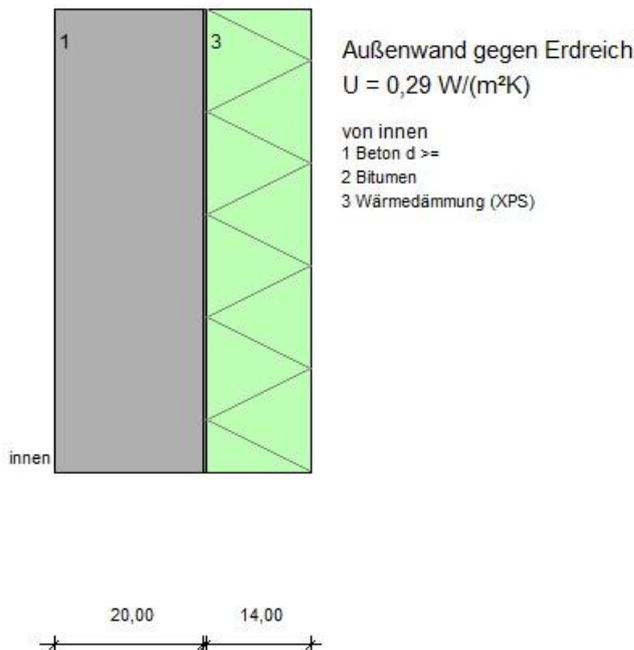
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R       $3,69 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 17: Außenwand gegen Erdreich**



**Querschnitt**

| 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 <sub>si</sub>                                     |         |                             |                   |                      | 0,130                   |
| 01 Beton d >=                                       | 20,00   | 2400                        | 480,0             | 2,500                | 0,080                   |
| 02 Bitumen  | 0,02    | 1100                        | 0,2               | 0,170                | 0,001                   |
| 03 Wärmedämmung (XPS)                               | 14,00   | 25                          | 3,5               | 0,044                | 3,182                   |
| R <sub>se</sub>                                     |         |                             |                   |                      | 0,000                   |
| d = 34,02      G = 483,7      R <sub>T</sub> = 3,39 |         |                             |                   |                      |                         |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,295 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

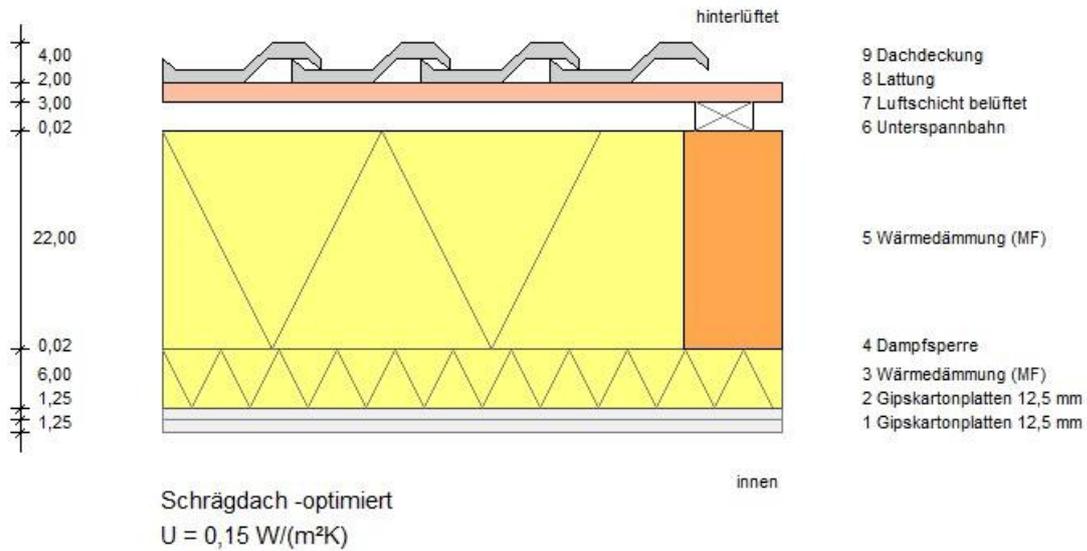
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R      3,26 ≥ 1,20 m<sup>2</sup>K/W erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 30: Schrägdach**



**Querschnitt**

| von innen  | s<br>cm | ρ<br>kg/m³ | kg/m² | λ<br>W/ (mK) | R<br>m² K/W |
|--|---------|------------|-------|--------------|-------------|
| R <sub>si</sub>                                    |         |            |       |              | 0,100       |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm                       | 1,25    | 900        | 11,3  | 0,250        | 0,050       |
| 02 Gipskartonplatten 12,5 mm                       | 1,25    | 900        | 11,3  | 0,250        | 0,050       |
| 03 Wärmedämmung (MF)                               | 6,00    | 30         | 1,8   | 0,032        | 1,875       |
| 04 Dampfsperre                                     | 0,02    | 1000       | 0,2   | -            | -           |
| 05 Wärmedämmung (MF)                               | 22,00   | 30         | 6,6   | 0,032        | 6,875       |
| 06 Unterspannbahn                                  | 0,02    | -          | -     | -            | -           |
| 07 Luftschicht belüftet                            | 3,00    | 1          | 0,0   | -            | -           |
| 08 Lattung   | 2,00    | -          | -     | -            | -           |
| 09 Dachdeckung                                     | 4,00    | -          | 40,0  | -            | -           |
| R <sub>se</sub>                                    |         |            |       |              | 0,100       |
| d = 39,54      G = 71,1      R <sub>T</sub> = 9,05 |         |            |       |              |             |

U<sub>Gefach</sub> = 0,110 W/(m²K)

**Nicht transparente Bauteile**

.....  
**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite                 | Achsabstand |                        | zusammengesetztes Bauteil |                  |                         |  |
|------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|--|
| 10,0 cm                      | 66,7 cm     | 15,0 %                 | 89,9 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>              |             |                        |                           |                  | 0,100                   |  |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25        | 900                    | 11,3                      | 0,250            | 0,050                   |  |
| 02 Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25        | 900                    | 11,3                      | 0,250            | 0,050                   |  |
| 03 Wärmedämmung (MF)/Lattung | 6,00        | 30                     | 1,8                       | 0,032            | 1,875                   |  |
| 04 Dampfsperre               | 0,02        | 1000                   | 0,2                       | -                | -                       |  |
| 05 Holzkonstruktion          | 22,00       | 600                    | 132,0                     | 0,130            | 1,692                   |  |
| 06 Unterspannbahn            | 0,02        | -                      | -                         | -                | -                       |  |
| 07 Konterlattung             | 3,00        | -                      | -                         | -                | -                       |  |
| 08 Lattung                   | 2,00        | -                      | -                         | -                | -                       |  |
| 09 Dachdeckung               | 4,00        | -                      | 40,0                      | -                | -                       |  |
| R <sub>se</sub>              |             |                        |                           |                  | 0,100                   |  |
|                              | 39,54       |                        | 196,5                     | R <sub>T</sub> = | 3,87                    |  |

$U_{(R)} = 0,259 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Weitere Bauteilschicht mit Rahmenanteilen

| Bauteilschicht       | Rahmenmaterial     | λ           | b      | Achsabstand |
|----------------------|--------------------|-------------|--------|-------------|
| 03 Wärmedämmung (MF) | Holzschalung 24 mm | 0,13 W/(mK) | 8,0 cm | 80,0 cm     |

$U_m = 76,5\% * 0,110 + 13,5\% * 0,259 + 8,5\% * 0,131 + 1,5\% * 0,408 = 0,137 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$R'_T = 1 / U_m = 7,32 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R''_T = 0,10+0,05+0,05+1,44+0,00+4,71+0,00+0,00+0,00+0,10 = 6,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 6,88 \text{ m}^2\text{K/W}$  (maximaler Fehler =  $R'_T - R''_T / 2 * R_T = 6\%$ )

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,145 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

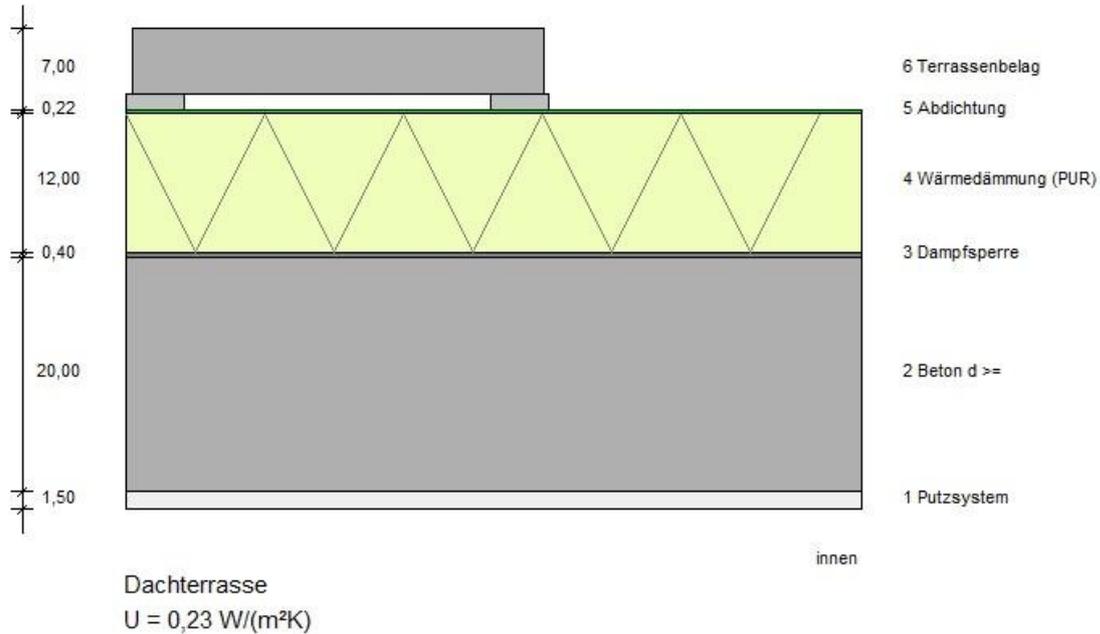
.....  
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse < 100 kg/m<sup>2</sup>

|                  |             |                    |                           |
|------------------|-------------|--------------------|---------------------------|
| R <sub>(G)</sub> | 8,85 ≥ 1,75 | m <sup>2</sup> K/W | erfüllt die Anforderungen |
| R                | 6,68 ≥ 1,00 | m <sup>2</sup> K/W | erfüllt die Anforderungen |

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 31: Dachterrasse**



**Querschnitt**

| von innen   | s<br>cm | ρ<br>kg/m³ | kg/m² | λ<br>W/ (mK) | R<br>m²K/W |
|---|---------|------------|-------|--------------|------------|
| R <sub>si</sub>                                     |         |            |       |              | 0,100      |
| 01 Putzsystem                                       | 1,50    | 1200       | 18,0  | 0,350        | 0,043      |
| 02 Beton d >=                                       | 20,00   | 2400       | 480,0 | 2,500        | 0,080      |
| 03 Dampfsperre                                      | 0,40    | 1350       | 5,4   | 0,170        | 0,024      |
| 04 Wärmedämmung (PUR)                               | 12,00   | 30         | 3,6   | 0,030        | 4,000      |
| 05 Abdichtung                                       | 0,22    | -          | 1,5   | -            | -          |
| 06 Terrassenbelag                                   | 7,00    | 1550       | 108,5 | -            | -          |
| R <sub>se</sub>                                     |         |            |       |              | 0,040      |
| d = 41,12      G = 617,0      R <sub>T</sub> = 4,29 |         |            |       |              |            |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,233 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

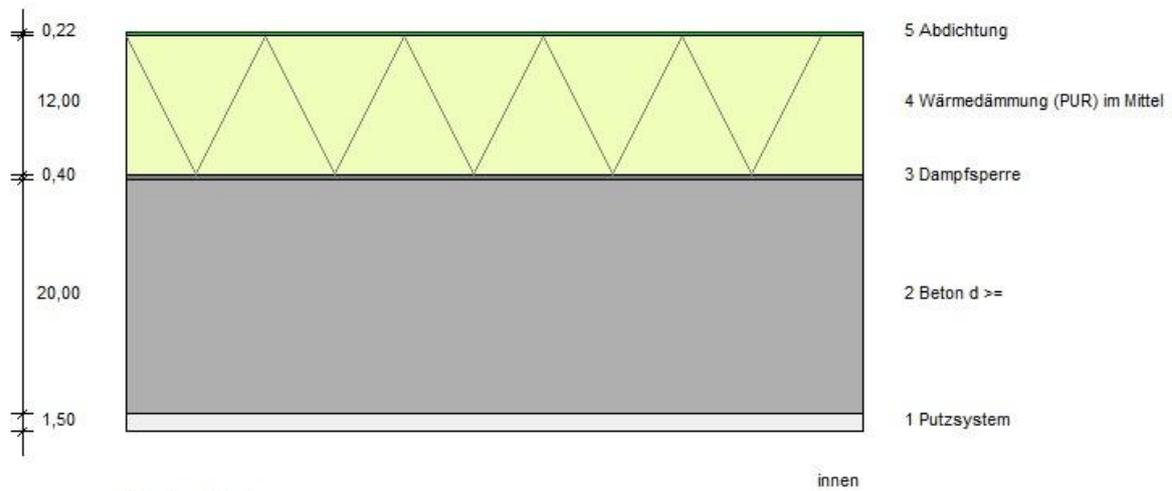
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

R      4,15 ≥ 1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

**Nicht transparente Bauteile**

**Bauteil 32: Gaubendach**



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

**Querschnitt**

| 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 <sub>si</sub>                                     |         |                             |                   |                      | 0,100                   |
| 01 Putzsystem                                       | 1,50    | 1200                        | 18,0              | 0,350                | 0,043                   |
| 02 Beton d >=                                       | 20,00   | 2400                        | 480,0             | 2,500                | 0,080                   |
| 03 Dampfsperre                                      | 0,40    | 1350                        | 5,4               | 0,170                | 0,024                   |
| 04 Wärmedämmung (PUR) im Mittel                     | 12,00   | 30                          | 3,6               | 0,030                | 4,000                   |
| 05 Abdichtung                                       | 0,22    | -                           | 1,5               | -                    | -                       |
| R <sub>se</sub>                                     |         |                             |                   |                      | 0,040                   |
| d = 34,12      G = 508,5      R <sub>T</sub> = 4,29 |         |                             |                   |                      |                         |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,233 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

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

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

R       $4,15 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

**Transparente Bauteile und Türen****Bauteil 40: Tür zur Tiefgarage**

Für die Tür wird ein Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 2,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

**Bauteil 41: Tür zu unbeheizten Räumen**

Für die Tür wird ein Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 2,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

**Bauteil 50: Fenster (g = 0.55)**

Fenster:  $U_g = 0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$  (DIN EN 673),  $g = 55 \%$  (DIN EN 410)  
Kunststoffrahmen:  $U_f = 1.20 \text{ W/m}^2\text{K}$  (DIN EN ISO 10077)

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

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

$U_W = 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  wird für die weiteren Berechnungen angenommen

**Bauteil 51: Eingangsverglasung**

Fenster:  $U_g = 0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$  (DIN EN 673),  $g = 50 \%$  (DIN EN 410),  $t_{D65} = 0,78$   
Kunststoffrahmen:  $U_f = 1.20 \text{ W/m}^2\text{K}$  (DIN EN ISO 10077)

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

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

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

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

**Bauteil 52: Dachfenster**

Fenster:  $U_g = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$  (DIN EN 673),  $g = 50 \%$  (DIN EN 410),  $t_{D65} = 0,78$   
Kunststoffrahmen:  $U_f = 1.20 \text{ W/m}^2\text{K}$  (DIN EN ISO 10077)

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

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

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

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

**Flächenberechnung****Übersicht**

| <b>Fußbodenkonstruktionen</b>       |                       |        |
|-------------------------------------|-----------------------|--------|
| Fußboden über Erdreich - UG         | 98,70 m <sup>2</sup>  |        |
| Fußboden über Erdreich - EG         | 0,00 m <sup>2</sup>   |        |
| Fußboden über unbeheizten Räumen    | 180,78 m <sup>2</sup> |        |
| Fußboden über Tiefgarage/TG-Zufahrt | 241,24 m <sup>2</sup> |        |
| Fußboden über Außenluft             | 1,67 m <sup>2</sup>   |        |
|                                     |                       | 522,39 |

| <b>Wandkonstruktionen</b>    |                      |        |
|------------------------------|----------------------|--------|
| Außenwand gegen Erdreich     | 41,22 m <sup>2</sup> |        |
| Wand gegen unbeheizte Räume  | 18,67 m <sup>2</sup> |        |
| Türen gegen unbeheizte Räume | 2,03 m <sup>2</sup>  |        |
| Wand zur Tiefgarage          | 59,89 m <sup>2</sup> |        |
| Tür zur Tiefgarage           | 2,03 m <sup>2</sup>  |        |
|                              |                      | 123,83 |

| <b>Südostfassade</b> |                       |        |
|----------------------|-----------------------|--------|
| Außenwand OG         | 145,76 m <sup>2</sup> |        |
| Fenster              | 31,86 m <sup>2</sup>  |        |
| Außenwand Loggia     | 9,58 m <sup>2</sup>   |        |
| Außenwand EG         | 27,55 m <sup>2</sup>  |        |
| Fenster              | 17,79 m <sup>2</sup>  |        |
|                      |                       | 49,65  |
|                      |                       | 232,53 |

| <b>Südwestfassade</b>             |                       |        |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|
| Außenwand OG                      | 250,28 m <sup>2</sup> |        |
| Fenster                           | 95,68 m <sup>2</sup>  |        |
| Außenwand reduzierte Wärmedämmung | 8,04 m <sup>2</sup>   |        |
| Außenwand Loggia                  | 46,17 m <sup>2</sup>  |        |
| Fenster                           | 17,34 m <sup>2</sup>  |        |
| Außenwand EG                      | 61,68 m <sup>2</sup>  |        |
| Fenster                           | 47,44 m <sup>2</sup>  |        |
| Eingangsverglasung                | 15,25 m <sup>2</sup>  |        |
|                                   |                       | 160,47 |
|                                   |                       | 541,88 |

| <b>Nordwestfassade</b> |                       |        |
|------------------------|-----------------------|--------|
| Außenwand EG           | 33,53 m <sup>2</sup>  |        |
| Fenster                | 11,81 m <sup>2</sup>  |        |
| Außenwand Loggia       | 9,58 m <sup>2</sup>   |        |
| Außenwand OG           | 145,76 m <sup>2</sup> |        |
| Fenster                | 31,86 m <sup>2</sup>  |        |
|                        |                       | 43,67  |
|                        |                       | 232,53 |

| <b>Nordostfassade</b> |                       |        |
|-----------------------|-----------------------|--------|
| Außenwand EG          | 86,90 m <sup>2</sup>  |        |
| Fenster               | 37,47 m <sup>2</sup>  |        |
| Außenwand OG          | 312,33 m <sup>2</sup> |        |
| Fenster               | 82,82 m <sup>2</sup>  |        |
|                       |                       | 120,30 |
|                       |                       | 519,53 |

**Flächenberechnung**

| <b>Dachkonstruktionen</b> |                       |        |
|---------------------------|-----------------------|--------|
| Schrägdach                | 563,80 m <sup>2</sup> |        |
| Dachfenster NO            | 21,44 m <sup>2</sup>  |        |
| Dachfenster SW            | 12,86 m <sup>2</sup>  |        |
| Dachterrassen             | 49,65 m <sup>2</sup>  |        |
| Dach Gaube                | 38,36 m <sup>2</sup>  |        |
|                           |                       | 686,12 |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Flächensumme</b> | <b>2858,81</b> |
|---------------------|----------------|

| <b>Volumen</b>           |                |
|--------------------------|----------------|
| beheiztes Gebäudevolumen | <b>8550,09</b> |

| <b>Bodenplattenmaß</b> |              |
|------------------------|--------------|
| Fußboden über Erdreich | <b>98,70</b> |
| Umfang                 | <b>42,12</b> |

Raum: **Schlafzimmer 1.OG**

---

**Anforderung an den Sonneneintragskennwert  $S_{zul}$ :**

Es handelt sich um ein Wohngebäude, das in einer sommerheißen Region liegt.

Der Raum wird in mittlerer Bauart erstellt.

Es ist eine erhöhte Nachtlüftung mit einem Luftwechsel von  $n \geq 2$  1/h vorgesehen.

$$S_1 = 0,092$$

Der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil beträgt etwa 20 %.

$$S_2 = 0,014$$

Die Fensterfläche mit einer Gesamtenergiedurchlässigkeit der Verglasungen einschließlich feststehendem Sonnenschutz von  $g \leq 0.40$  beträgt etwa 0 % an der gesamten Fensterfläche.

$$S_3 = 0,000$$

In dem Raum sind keine Fensterflächen in einem Winkelbereich von 0 bis 60° gegenüber der Horizontalen vorhanden.

$$S_4 = 0,000$$

Die Fassadenflächen sind West-, Südwest-, Süd-, Südost- bzw. Ostorientiert.

$$S_5 = 0,000$$

Eine passive Kühlung ist nicht vorhanden.

$$S_6 = 0,000$$

**Anforderung:** maximaler Sonneneintragskennwert

---


$$S_{zul} = 0,106$$

**Berechnung des Sonneneintragskennwertes S:**

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

$$A_G = 16,0 \text{ m}^2$$

Der Raum ist an einer Fassadenseite verglast.

Nachfolgend werden die jeweiligen Fensterflächen  $A_w$  sowie die erforderlichen g-Werte und Abminderungsfaktoren  $F_c$  der variablen und  $F_k$  der konstanten Verschattungseinrichtungen angegeben. Genauere Angaben zum Sonnenschutz sind im Nachweis-dokument enthalten.

| Ausrichtung | $A_w$ | g    | $F_c$ | $F_k$ | $A_w \times g \times F_c \times F_k$ |
|-------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------|
| SW          | 3,19  | 0,55 | 0,30  | 1,00  | 0,53                                 |

**Ergebnis:** Sonneneintragskennwert vorh.  $(A_w \times g \times F_c \times F_k)/A_G$  **S = 0,033**

**Beurteilung:** **AUSREICHEND**

nach DIN 4108, Teil 2, Ausgabe 2/2013

$$0,033 \leq 0,106$$

$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$


---

Raum: Rollstuhlabbstellplatz 1.OG

---

Anforderung an den Sonneneintragskennwert  $S_{zul}$ :

Es handelt sich um ein Wohngebäude, das in einer sommerheißen Region liegt.

Der Raum wird in mittlerer Bauart erstellt.

Es ist eine erhöhte Nachtlüftung mit einem Luftwechsel von  $n \geq 2$  1/h vorgesehen.

$$S_1 = 0,092$$

Der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil beträgt etwa 31 %.

$$S_2 = -0,011$$

Die Fensterfläche mit einer Gesamtenergiedurchlässigkeit der Verglasungen einschließlich feststehendem Sonnenschutz von  $g \leq 0.40$  beträgt etwa 0 % an der gesamten Fensterfläche.

$$S_3 = 0,000$$

In dem Raum sind keine Fensterflächen in einem Winkelbereich von 0 bis 60° gegenüber der Horizontalen vorhanden.

$$S_4 = 0,000$$

Die Fassadenflächen sind zu ca. 100 % Nord-, Nordost- bzw. Nordwestorientiert.

$$S_5 = 0,100$$

Eine passive Kühlung ist nicht vorhanden.

$$S_6 = 0,000$$

**Anforderung:** maximaler Sonneneintragskennwert

---


$$S_{zul} = 0,181$$

Berechnung des Sonneneintragskennwertes S:

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

$$A_G = 10,4 \text{ m}^2$$

Der Raum ist an einer Fassadenseite verglast.

Nachfolgend werden die jeweiligen Fensterflächen  $A_w$  sowie die erforderlichen g-Werte und Abminderungsfaktoren  $F_c$  der variablen und  $F_k$  der konstanten Verschattungseinrichtungen angegeben. Genauere Angaben zum Sonnenschutz sind im Nachweis-dokument enthalten.

| Ausrichtung | $A_w$ | g    | $F_c$ | $F_k$ | $A_w \times g \times F_c \times F_k$ |
|-------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------|
| NO          | 3,19  | 0,55 | 1,00  | 1,00  | 1,75                                 |

**Ergebnis:** Sonneneintragskennwert vorh.  $(A_w \times g \times F_c \times F_k)/A_G$  **S = 0,169**

**Beurteilung:** AUSREICHEND

nach DIN 4108, Teil 2, Ausgabe 2/2013

$$0,169 \leq 0,181$$

$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$


---

Raum: TH + Vorraum

Anforderung an den Sonneneintragskennwert  $S_{zul}$ :

Es handelt sich um ein Wohngebäude, das in einer sommerheißen Region liegt.

Der Raum wird in schwerer Bauart erstellt.

Es ist eine erhöhte Nachtlüftung mit einem Luftwechsel von  $n \geq 2$  1/h vorgesehen.

$$S_1 = 0,101$$

Der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil beträgt etwa 31 %.

$$S_2 = -0,012$$

Die Fensterfläche mit einer Gesamtenergiedurchlässigkeit der Verglasungen einschließlich feststehendem Sonnenschutz von  $g \leq 0.40$  beträgt etwa 0 % an der gesamten Fensterfläche.

$$S_3 = 0,000$$

In dem Raum sind keine Fensterflächen in einem Winkelbereich von 0 bis 60° gegenüber der Horizontalen vorhanden.

$$S_4 = 0,000$$

Die Fassadenflächen sind zu ca. 100 % Nord-, Nordost- bzw. Nordwestorientiert.

$$S_5 = 0,100$$

Eine passive Kühlung ist nicht vorhanden.

$$S_6 = 0,000$$

**Anforderung:** maximaler Sonneneintragskennwert

$$S_{zul} = 0,189$$

Berechnung des Sonneneintragskennwertes S:

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

$$A_G = 20,4 \text{ m}^2$$

Der Raum ist an einer Fassadenseite verglast.

Nachfolgend werden die jeweiligen Fensterflächen  $A_w$  sowie die erforderlichen g-Werte und Abminderungsfaktoren  $F_c$  der variablen und  $F_k$  der konstanten Verschattungseinrichtungen angegeben. Genauere Angaben zum Sonnenschutz sind im Nachweis-dokument enthalten.

| Ausrichtung | $A_w$ | g    | $F_c$ | $F_k$ | $A_w \times g \times F_c \times F_k$ |
|-------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------|
| NO          | 6,38  | 0,55 | 1,00  | 1,00  | 3,51                                 |

**Ergebnis:** Sonneneintragskennwert vorh.  $(A_w \times g \times F_c \times F_k)/A_G$  **S = 0,172**

**Beurteilung:** AUSREICHEND

nach DIN 4108, Teil 2, Ausgabe 2/2013

$$0,172 \leq 0,189$$

$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$

Raum: Lager EG

---

Anforderung an den Sonneneintragskennwert  $S_{zul}$ :

Es handelt sich um ein Wohngebäude, das in einer sommerheißen Region liegt.

Der Raum wird in mittlerer Bauart erstellt.

Es ist keine Nachtlüftung vorgesehen.

$$S_1 = 0,054$$

Der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil beträgt etwa 39 %.

$$S_2 = -0,029$$

Die Fensterfläche mit einer Gesamtenergiedurchlässigkeit der Verglasungen einschließlich feststehendem Sonnenschutz von  $g \leq 0.40$  beträgt etwa 0 % an der gesamten Fensterfläche.

$$S_3 = 0,000$$

In dem Raum sind keine Fensterflächen in einem Winkelbereich von 0 bis 60° gegenüber der Horizontalen vorhanden.

$$S_4 = 0,000$$

Die Fassadenflächen sind zu ca. 100 % Nord-, Nordost- bzw. Nordwestorientiert.

$$S_5 = 0,100$$

Eine passive Kühlung ist nicht vorhanden.

$$S_6 = 0,000$$

**Anforderung:** maximaler Sonneneintragskennwert

---


$$S_{zul} = 0,125$$

Berechnung des Sonneneintragskennwertes S:

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

$$A_G = 10,2 \text{ m}^2$$

Der Raum ist an einer Fassadenseite verglast.

Nachfolgend werden die jeweiligen Fensterflächen  $A_w$  sowie die erforderlichen g-Werte und Abminderungsfaktoren  $F_c$  der variablen und  $F_k$  der konstanten Verschattungseinrichtungen angegeben. Genauere Angaben zum Sonnenschutz sind im Nachweis-dokument enthalten.

| Ausrichtung | $A_w$ | g    | $F_c$ | $F_k$ | $A_w \times g \times F_c \times F_k$ |
|-------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------|
| NO          | 3,94  | 0,55 | 0,30  | 1,00  | 0,65                                 |

**Ergebnis:** Sonneneintragskennwert vorh.  $(A_w \times g \times F_c \times F_k)/A_G$  **S = 0,064**

**Beurteilung:** AUSREICHEND

nach DIN 4108, Teil 2, Ausgabe 2/2013

$$0,064 \leq 0,125$$

$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$


---

Raum: Bibliothek EG

Anforderung an den Sonneneintragskennwert  $S_{zul}$ :

Es handelt sich um ein Wohngebäude, das in einer sommerheißen Region liegt.

Der Raum wird in leichter Bauart erstellt.

Es ist keine Nachtlüftung vorgesehen.

$$S_1 = 0,041$$

Der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil beträgt etwa 24 %.

$$S_2 = 0,005$$

Die Fensterfläche mit einer Gesamtenergiedurchlässigkeit der Verglasungen einschließlich feststehendem Sonnenschutz von  $g \leq 0.40$  beträgt etwa 0 % an der gesamten Fensterfläche.

$$S_3 = 0,000$$

In dem Raum sind keine Fensterflächen in einem Winkelbereich von 0 bis 60° gegenüber der Horizontalen vorhanden.

$$S_4 = 0,000$$

Die Fassadenflächen sind West-, Südwest-, Süd-, Südost- bzw. Ostorientiert.

$$S_5 = 0,000$$

Eine passive Kühlung ist nicht vorhanden.

$$S_6 = 0,000$$

**Anforderung:** maximaler Sonneneintragskennwert

$$S_{zul} = 0,046$$

## Berechnung des Sonneneintragskennwertes S:

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

$$A_G = 49,9 \text{ m}^2$$

Der Raum ist an einer Fassadenseite verglast.

Nachfolgend werden die jeweiligen Fensterflächen  $A_w$  sowie die erforderlichen g-Werte und Abminderungsfaktoren  $F_c$  der variablen und  $F_k$  der konstanten Verschattungseinrichtungen angegeben. Genauere Angaben zum Sonnenschutz sind im Nachweis-dokument enthalten.

| Ausrichtung | $A_w$ | g    | $F_c$ | $F_k$ | $A_w \times g \times F_c \times F_k$ |
|-------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------|
| SW          | 11,86 | 0,55 | 0,30  | 1,00  | 1,96                                 |

**Ergebnis:** Sonneneintragskennwert vorh.  $(A_w \times g \times F_c \times F_k)/A_G$  **S = 0,039**

**Beurteilung:** AUSREICHEND

nach DIN 4108, Teil 2, Ausgabe 2/2013

$$0,039 \leq 0,046$$

$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$

Raum: Cafe/Gruppenraum EG

Anforderung an den Sonneneintragskennwert  $S_{zul}$ :

Es handelt sich um ein Wohngebäude, das in einer sommerheißen Region liegt.

Der Raum wird in leichter Bauart erstellt.

Es ist keine Nachtlüftung vorgesehen.

$$S_1 = 0,041$$

Der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil beträgt etwa 21 %.

$$S_2 = 0,011$$

Die Fensterfläche mit einer Gesamtenergiedurchlässigkeit der Verglasungen einschließlich feststehendem Sonnenschutz von  $g \leq 0.40$  beträgt etwa 0 % an der gesamten Fensterfläche.

$$S_3 = 0,000$$

In dem Raum sind keine Fensterflächen in einem Winkelbereich von 0 bis 60° gegenüber der Horizontalen vorhanden.

$$S_4 = 0,000$$

Die Fassadenflächen sind West-, Südwest-, Süd-, Südost- bzw. Ostorientiert.

$$S_5 = 0,000$$

Eine passive Kühlung ist nicht vorhanden.

$$S_6 = 0,000$$

**Anforderung:** maximaler Sonneneintragskennwert

$$S_{zul} = 0,052$$

## Berechnung des Sonneneintragskennwertes S:

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

$$A_G = 141,1 \text{ m}^2$$

Der Raum ist an zwei Fassadenseiten verglast.

Nachfolgend werden die jeweiligen Fensterflächen  $A_w$  sowie die erforderlichen g-Werte und Abminderungsfaktoren  $F_c$  der variablen und  $F_k$  der konstanten Verschattungseinrichtungen angegeben. Genauere Angaben zum Sonnenschutz sind im Nachweis-dokument enthalten.

| Ausrichtung | $A_w$ | g    | $F_c$ | $F_k$ | $A_w \times g \times F_c \times F_k$ |
|-------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------|
| SW          | 17,79 | 0,55 | 0,30  | 1,00  | 2,94                                 |
| SO          | 11,86 | 0,55 | 0,30  | 1,00  | 1,96                                 |

**Ergebnis:** Sonneneintragskennwert vorh.  $(A_w \times g \times F_c \times F_k)/A_G$  **S = 0,035**

**Beurteilung:** AUSREICHEND

nach DIN 4108, Teil 2, Ausgabe 2/2013

$$0,035 \leq 0,052$$

$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$

Raum: HWR DG

Anforderung an den Sonneneintragskennwert  $S_{zul}$ :

Es handelt sich um ein Wohngebäude, das in einer sommerheißen Region liegt.

Der Raum wird in leichter Bauart erstellt.

Es ist eine erhöhte Nachtlüftung mit einem Luftwechsel von  $n \geq 2$  1/h vorgesehen.

$$S_1 = 0,078$$

Der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil beträgt etwa 26 %.

$$S_2 = 0,001$$

Die Fensterfläche mit einer Gesamtenergiedurchlässigkeit der Verglasungen einschließlich feststehendem Sonnenschutz von  $g \leq 0.40$  beträgt etwa 0 % an der gesamten Fensterfläche.

$$S_3 = 0,000$$

Der Anteil geneigter Fensterflächen in einem Winkelbereich zwischen  $0^\circ$  und  $60^\circ$  gegenüber der Horizontalen beträgt etwa 100 %.

$$S_4 = -0,035$$

Die Fassadenflächen sind West-, Südwest-, Süd-, Südost- bzw. Ostorientiert.

$$S_5 = 0,000$$

Eine passive Kühlung ist nicht vorhanden.

$$S_6 = 0,000$$

**Anforderung:** maximaler Sonneneintragskennwert

$$S_{zul} = 0,044$$

Berechnung des Sonneneintragskennwertes S:

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

$$A_G = 8,4 \text{ m}^2$$

Der Raum enthält Dachverglasungen.

Nachfolgend werden die jeweiligen Fensterflächen  $A_w$  sowie die erforderlichen g-Werte und Abminderungsfaktoren  $F_c$  der variablen und  $F_k$  der konstanten Verschattungseinrichtungen angegeben. Genauere Angaben zum Sonnenschutz sind im Nachweis-dokument enthalten.

| Ausrichtung | $A_w$ | g    | $F_c$ | $F_k$ | $A_w \times g \times F_c \times F_k$ |
|-------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------|
| Dachfläche: | 2,14  | 0,50 | 0,30  | 1,00  | 0,32                                 |

**Ergebnis:** Sonneneintragskennwert vorh.  $(A_w \times g \times F_c \times F_k)/A_G$  **S = 0,038**

**Beurteilung:** AUSREICHEND

nach DIN 4108, Teil 2, Ausgabe 2/2013

$$0,038 \leq 0,044$$

$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$

Gleichwertigkeitsnachweis nach DIN 4108, Beiblatt 2

| Regeldetail nach DIN 4108, Beiblatt 2 |             |                              | Detail des Bauvorhabens |                     |  |              |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|--|--------------|
| Nr.                                   | Darstellung | Referenzwert $\psi$ [W/(mK)] | Anlagen-Nr.             | Detail/Beschreibung | Ergebnis/ Begründung                               | Beurteilung  |
| Gründung Untergeschoss (Treppenhaus)  |             |                              |                         |                     |  |              |
| 8                                     |             | $\leq 0.50$                  |                         |                     | Die Außenwanddämmung wird bis OK Fundament geführt | gleichwertig |
| Kellerdecke                           |             |                              |                         |                     |  |              |

| Regeldetail nach DIN 4108, Beiblatt 2 |             |                              | Detail des Bauvorhabens |                     |   |              |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|---|--------------|
| Nr.                                   | Darstellung | Referenzwert $\psi$ [W/(mK)] | Anlagen-Nr.             | Detail/Beschreibung | Ergebnis/ Begründung  | Beurteilung  |
| 30                                    |             | $\leq 0.30$                  |                         |                     | <p>Kellerdecke wird ober- und unterseitig gedämmt, Perimeterdämmung wird <math>\geq 500</math> mm ab OK RFB heruntergeführt</p> | gleichwertig |





| Regeldetail nach DIN 4108, Beiblatt 2  |             |                              | Detail des Bauvorhabens |                     |   |              |
|--|-------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|---|--------------|
| Nr.                                    | Darstellung | Referenzwert $\psi$ [W/(mK)] | Anlagen-Nr.             | Detail/Beschreibung | Ergebnis/ Begründung  | Beurteilung  |
| <b>Fenstersturz</b>                    |             |                              |                         |                     |   |              |
| 55                                     |             | $\leq 0.05$                  |                         |                     | Fensterrahmen im Sturzbereich mit $\geq 30$ mm überdämmt            | gleichwertig |
| <b>Fenstersturz mit Rolladenkasten</b> |             |                              |                         |                     |   |              |
| 62                                     |             | $\leq 0.23$                  |                         |                     | gedämmter Rolladenkasten nach den Mindestanforderungen der DIN 4108 | gleichwertig |

| Regeldetail nach DIN 4108, Beiblatt 2 |             |                                   | Detail des Bauvorhabens |                     |  |                    |
|---------------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------|--|--------------------|
| Nr.                                   | Darstellung | Referenzwert $\psi$ [W/(mK)]      | Anlagen-Nr.             | Detail/Beschreibung | Ergebnis/ Begründung   | Beurteilung        |
| Terrasse                              |             |                                   |                         |                     |  |                    |
| 68                                    |             | k.A. mit einbind. Tiefgaragendach |                         |                     | <p>Stirndämmung mit <math>\geq 60</math> mm ist vorhanden.</p> <p>Die Überdämmung des Fensterrahmen beträgt 20 mm statt 50 mm. Die Abweichung vom <math>\psi</math>-Wert führt zu einer vernachlässigbaren Verschlechterung des Wärmebrücken-zuschlags</p> | nicht gleichwertig |

| Regeldetail nach DIN 4108, Beiblatt 2 |             | Detail des Bauvorhabens      |             |  |  |              |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|--|--|--------------|
| Nr.                                   | Darstellung | Referenzwert $\psi$ [W/(mK)] | Anlagen-Nr. | Detail/Beschreibung  | Ergebnis/ Begründung   | Beurteilung  |
| <b>Geschossdecke</b>                  |             |                              |             |  |  |              |
| 72                                    |             | -                            |             | Es ist eine durchlaufende Wärmedämmung, die nicht durch die Decke durchstoßen wird, vorhanden. |  | gleichwertig |
| <b>Ortgang</b>                        |             |                              |             |  |  |              |
| 82                                    |             | $\leq 0.06$                  |             |  | <p>Betongurt wird umlaufend gedämmt.</p> <p>Oberseitig beträgt die Dicke der Dämmung <math>\geq 60</math> mm</p> | gleichwertig |

| Regeldetail nach DIN 4108, Beiblatt 2 |             | Detail des Bauvorhabens      |             |                     |  |              |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|---------------------|--|--------------|
| Nr.                                   | Darstellung | Referenzwert $\psi$ [W/(mK)] | Anlagen-Nr. | Detail/Beschreibung | Ergebnis/ Begründung                                 | Beurteilung  |
| <b>Pfettendach</b>                    |             |                              |             |                     |  |              |
| 84                                    |             | -                            |             |                     | Nachweis der Gleichwertigkeit entfällt.              |              |
| <b>Flachdach</b>                      |             |                              |             |                     |  |              |
| 88                                    |             | $\leq 0.16$                  |             |                     | Attika wird vollständig mit $d \geq 60$ mm überdämmt | gleichwertig |

| Regeldetail nach DIN 4108, Beiblatt 2 |             | Detail des Bauvorhabens      |             |                     |   |              |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|---------------------|---|--------------|
| Nr.                                   | Darstellung | Referenzwert $\psi$ [W/(mK)] | Anlagen-Nr. | Detail/Beschreibung | Ergebnis/ Begründung                                    | Beurteilung  |
| <b>Dachflächenfenster</b>             |             |                              |             |                     |   |              |
| 90                                    |             | $\leq 0.16$                  |             |                     | Rahmen wird mit $d \geq 30$ mm überdämmt                | gleichwertig |
| <b>Dach</b>                           |             |                              |             |                     |   |              |
| 93                                    |             | $\leq 0.17$                  |             |                     | einkragende Innenwand wird mit $d \geq 60$ mm überdämmt | gleichwertig |

