

# ***U*-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog**

## **Neubauten**

Der Wärmedurchgangskoeffizient *U* – vereinfacht *U*-Wert und früher *k*-Wert genannt – ist im Zusammenhang mit dem Wärmeschutz im Hochbau eine der wichtigsten Rechengrössen. Der *U*-Wert wird vor allem verwendet, um einen Bauteil hinsichtlich seiner Wärmedämmfähigkeit beurteilen zu können. In den Normen und in kantonalen Wärmedämmvorschriften nimmt er eine zentrale Stellung ein.

**Herausgegeben von:**

Bundesamt für Energie BFE

**Ausgearbeitet durch:**

Kurt Marti, Ingenieurbüro für Energie und Umwelt, 3054 Schüpfen

**Gestaltung und Illustration:**

Sepp Steibli, Education Design, 3000 Bern

**Copyright:**

Bundesamt für Energie BFE, 2002

**Vertrieb:**

BBL, Vertrieb Publikationen, 3003 Bern, [www.bbl.admin.ch/bundespublikationen](http://www.bbl.admin.ch/bundespublikationen)

BBL, Vertrieb Publikationen, Bestellnummer: 805.150 d / 8.02 / 10 000

# ■ Einleitung

**Diese Publikation ersetzt die bisherige aus dem Jahre 1988. Aufgrund der höheren Wärmedämmdicken, vor allem im Bereich des MINERGIE-Standards, gab es Lücken im Bauteilekatalog. Zudem wurden einige Normen und Empfehlungen verändert, so dass diese Überarbeitung notwendig wurde.**

**Mit zunehmender Wärmedämmdicke wird auch der Einfluss der Wärmebrücken bedeutender. Im Kapitel 2.4 wird darauf eingegangen. Die Publikation «Wärmebrückenkatalog» gibt Hinweise zu konkreten Zuschlüssen.**

**Der Bauteilekatalog richtet sich an Fachleute der Bau- und Haustechnikbranche sowie an Vollzugsorgane der kantonalen Energiegesetze, die sich mit der Kontrolle von energietechnischen Massnahmenachweisen und von Baustellen befassen. Der hier vorliegende Bauteilekatalog bezieht sich jedoch nur auf neue Einzelbauteile. Für bestehende und sanierte Bauteile ist die ebenfalls aktualisierte Publikation «U-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog – Sanierungen» zu benutzen.**

In einem allgemeinen Teil wird der  $U$ -Wert definiert und aufgezeigt, welche Faktoren ihn beeinflussen können. Zudem wird eine Übersicht über das Vorgehen bei der  $U$ -Wert-Bestimmung von neuen Einzelbauteilen gegeben.

Im darauffolgenden Kapitel sind Grundlagen und Berechnungsvorgang dargestellt und anhand von verschiedenen Beispielen und Übungen wird dem Anwender die  $U$ -Wert-Ermittlung vorgestellt.

Das Kapitel «Bauteilekatalog» stellt ein Nachschlagewerk für die am häufigsten vorkommenden Bauteile dar und erlaubt dem Anwender, ohne Rechenaufwand den  $U$ -Wert eines Bauteils zu bestimmen oder zu kontrollieren.

Neu integriert wurden Angaben zu Fenstern und Türen. Dieses Kapitel ersetzt das bisherige Merkblatt «k-Werte und g-Werte von Fenstern» des Bundesamts für Energie.

Am Schluss der Publikation sind die folgenden Hilfsmittel abgedruckt:

- Tabelle A: Berechnung des  $U$ -Werts
- Tabelle B:  $U$ -Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog
- Tabelle A<sub>w</sub>: Berechnung des Fenster- $U$ -Werts

Sie können vervielfältigt und als Nachweis-Bestandteil für die Eingabe an die Baubehörde verwendet werden.

**Für die Erarbeitung des Bauteilekatalogs wurden folgende Publikationen verwendet:**

|                                    |                                                                                               |      |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Norm SN EN ISO 7345<br>SIA 180.051 | Wärmeschutz – Physikalische Grössen und Definitionen .....                                    | 1995 |
| Norm SN EN ISO 6946<br>SIA 180.071 | Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand ..... und Wärmedurchgangskoeffizient-Berechnungsverfahren | 1996 |
| Norm SIA 180                       | Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau .....                                                     | 1999 |
| Vornorm SIA 279                    | Wärmedämmstoffe .....                                                                         | 2000 |
| SZFF Doku 31.03                    | Wärme- und Sonnenschutz für Fenster und Fensterelemente .....                                 | 2000 |
| Norm SIA 380/1                     | Thermische Energie im Hochbau .....                                                           | 2001 |
| Dokumentation SIA D0170            | Thermische Energie im Hochbau .....                                                           | 2001 |
| Merkblatt SIA 2001                 | Wärmedämmstoffe .....                                                                         | 2001 |
| Bundesamt für Energie              | k-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog – Neubauten .....                                       | 1988 |
| Bundesamt für Energie              | k-Werte und g-Werte von Fenstern .....                                                        | 1995 |
| Bundesamt für Energie              | Berücksichtigung von Wärmebrücken im Wärmedämmnachweis .....                                  | 1995 |
| Bundesamt für Energie              | U-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog – Sanierungen .....                                     | 2002 |
| Bundesamt für Energie              | Wärmebrückenkatalog .....                                                                     | 2002 |

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Allgemeines und Vorgehen .....</b>                                        | <b>7</b>  |
| 1.1 MINERGIE-Standard .....                                                    | 8         |
| 1.2 Transparente Wärmedämmung (TWD) .....                                      | 8         |
| <b>2 U-Wert-Berechnung .....</b>                                               | <b>9</b>  |
| 2.1 Homogene Bauteile .....                                                    | 9         |
| 2.2 Inhomogene Bauteile .....                                                  | 10        |
| 2.3 Rechengrößen .....                                                         | 11        |
| 2.3.1 Wärmeübergangskoeffizienten $h$ .....                                    | 11        |
| 2.3.2 Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ von Baustoffen .....                        | 11        |
| 2.3.3 Wärmedurchlasswiderstand $R_g$ von Luftschichten .....                   | 14        |
| 2.4 Wärmebrücken .....                                                         | 14        |
| 2.5 Spezielle Hinweise .....                                                   | 15        |
| 2.6 Beispiele .....                                                            | 16        |
| 2.7 Übung .....                                                                | 19        |
| <b>3 U-Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog .....</b>                           | <b>21</b> |
| 3.1 Beispiel .....                                                             | 22        |
| 3.2 Übungen .....                                                              | 23        |
| <b>4 Bauteilekatalog .....</b>                                                 | <b>25</b> |
| 4.1 Homogene Bauteile .....                                                    | 26        |
| 4.2 Inhomogene Bauteile .....                                                  | 55        |
| <b>5 Fenster und Türen .....</b>                                               | <b>65</b> |
| 5.1 Fenster .....                                                              | 66        |
| 5.2 Türen .....                                                                | 69        |
| <b>Anhang .....</b>                                                            |           |
| Tabelle A (Formular für die U-Wert-Berechnung) .....                           | 72        |
| Tabelle B (Formular für die U-Wert-Bestimmung) .....                           | 73        |
| Tabelle A <sub>w</sub> (Formular für die U-Wert-Berechnung des Fensters) ..... | 75        |







## 8 1.1 MINERGIE-Standard

Der MINERGIE-Standard setzt sich immer mehr durch. Das bewusste Anstreben der Ziele «Komfort», «Gesundheit», «Schadenfreiheit», «Energieeffizienz» und «Wirtschaftlichkeit» führt bei den Bauten dazu, dass neben einer optimalen Haustechnik und einer dichten Gebäudehülle die

Bauteile wesentlich besser wärmedämmend werden. Die Einhaltung des MINERGIE-Standards verbessert zudem die Werterhaltung der Bauten.

Weitergehende Informationen zum Thema «MINERGIE» sind im Internet erhältlich unter: [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch).



**Bild 2**

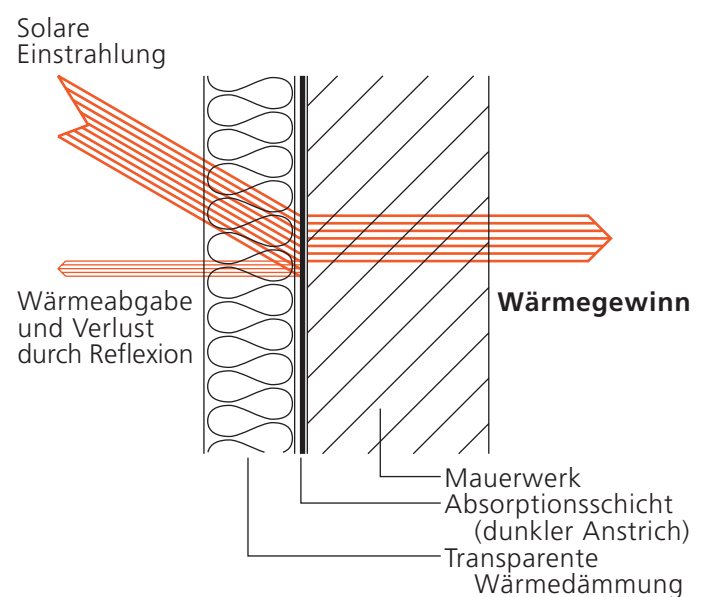
DEFH-Neubau, M. Weidauer-Weg 83+85 in Biel  
MINERGIE-Standard (BE-038)

## 1.2 Transparente Wärmedämmung (TWD)

Bauteile mit der transparenten Wärmedämmung können nicht genauso behandelt werden wie beispielsweise «normal» wärmedämmte Wände. Das Prinzip der solaren Wandheizung mit TWD verhindert nämlich nicht nur den Wärmeverlust, sondern lässt es zu, dass das Sonnenlicht die TWD durchdringt, das Mauerwerk erwärmt und die Wärme in den Raum abgegeben wird.

Weitere Unterscheidungsmerkmale gegenüber der normalen Wärmedämmung sind die Notwendigkeit eines massiven schweren Mauerwerks und eines allfälligen Überhitzungsschutzes.

Für das TWD-Material selbst lässt sich keine konstante Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  angeben, da diese geometriebedingt von der Dicke der Platten abhängt.



**Bild 3**

Funktion einer TWD



## 2 U-Wert-Berechnung

Das Kapitel **U-Wert-Berechnung** stellt die Berechnung einfacher Konstruktionen wie z.B. homogener Bauteile dar. Es enthält die notwendigen Grundlagen bzw. Rechengrößen wie Wärmeübergangskoeffizienten, Wärmedurchlasswiderstände von Luftschichten und Baustoffkennwerte. Es werden aber auch Hinweise gegeben, wie bei komplizierten Konstruktionen – z.B. inhomogenen Bauteilen, Wärmebrücken, hinterlüfteten Fassaden und Fussbodenheizungen – vorgegangen werden muss. Anhand von fünf Beispielen und einer Übung wird die Berechnung detailliert dargestellt.

### 2.1 Homogene Bauteile

Als **homogene Bauteile** bezeichnet man Konstruktionen, die aus mehreren durchgehenden, hintereinander liegenden Schichten von Baumaterialien bestehen. Treten regelmässig wiederkehrende Unterbrechungen wie z.B. Stahlstützen, Betonpfeiler oder Sparren auf, so handelt es sich um einen inhomogenen Bauteil (Kap. 2.2). Der U-Wert homogener bestehender oder sanierter Bauteile wird, sofern die einzelnen Schichten genau bekannt sind, mit folgender Grundformel berechnet:

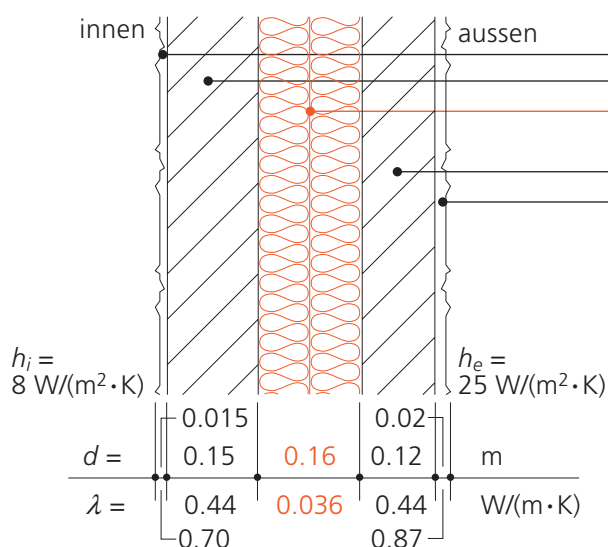
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_g + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$d_1 \dots d_n$  Dicke des jeweiligen Baumaterials in m

$h_i, h_e$  Wärmeübergangskoeffizienten in  $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  (Kap. 2.3.1)

$\lambda_1 \dots \lambda_n$  Wärmeleitfähigkeit des jeweiligen Baumaterials in  $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$  (Kap. 2.3.2)

$R_g$  Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten (Kap. 2.3.3)



$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_g + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.015}{0.44} + \frac{0.15}{0.70} + \frac{0.16}{0.036} + \frac{0.12}{0.44} + \frac{0.02}{0.87} + \frac{1}{25}}$$

$$U = \frac{1}{5.26} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} = 0.19 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Die U-Werte der **gebräuchlichsten homogenen Bauteile** mit den am häufigsten vorkommenden Wärmedämmdicken finden sich in Kapitel 4.1.

#### Bild 4

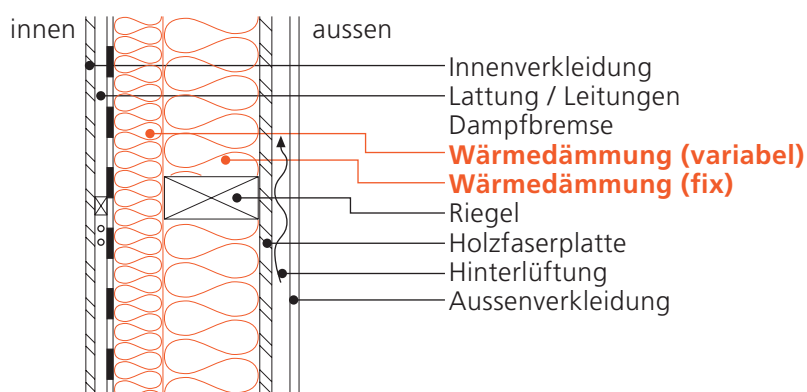
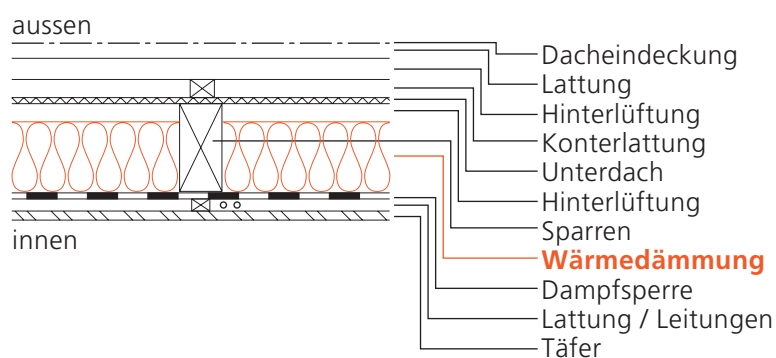
U-Wert-Berechnung am Beispiel eines Zweischalenmauerwerks.

## 10 2.2 Inhomogene Bauteile

Bei **inhomogenen Bauteilen** laufen die verschiedenen Schichten von Baumaterialien nicht über die ganze Fläche durch, sondern werden regelmässig durch andere Schichten unterbrochen (siehe Bild 5). Solche Unterbrechungen verschlechtern den  $U$ -Wert und sind deshalb zu berücksichtigen. Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung des Wärmedurchgangswiderstandes eines Bauteils aus homogenen und inhomogenen Schichten ist in der Norm SN EN ISO 6946 enthalten.

Bei komplizierten Konstruktionen und bei ausgeprägten Wärmebrücken (z. B. Aluminiumunterkonstruktion bei hinterlüfteten Fassaden) ist der  $U$ -Wert entweder durch Messungen oder Atteste, mit Hilfe von Rechenprogrammen oder mit dem Wärmebrückenkatalog zu bestimmen. Auf Seite 22 befindet sich dazu ein Beispiel.

Die  $U$ -Werte der **gebräuchlichsten inhomogenen Bauteile** mit den am häufigsten vorkommenden Wärmedämmdicken finden sich in Kap.4.2.



**Bild 5**

Beispiele inhomogener Bauteile.

## 2.3 Rechengrößen

### 2.3.1 Wärmeübergangskoeffizienten $h$

Die Wärmeübertragung von der Innenluft auf den Bauteil wird mit dem Wärmeübergangskoeffizienten  $h_i$  (früher  $\alpha_i$ ) und vom Bauteil auf die Aussenluft mit dem Wärmeübergangskoeffizienten  $h_e$  (früher  $\alpha_a$ ) angegeben.

Weitere Hinweise stehen in der Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau».

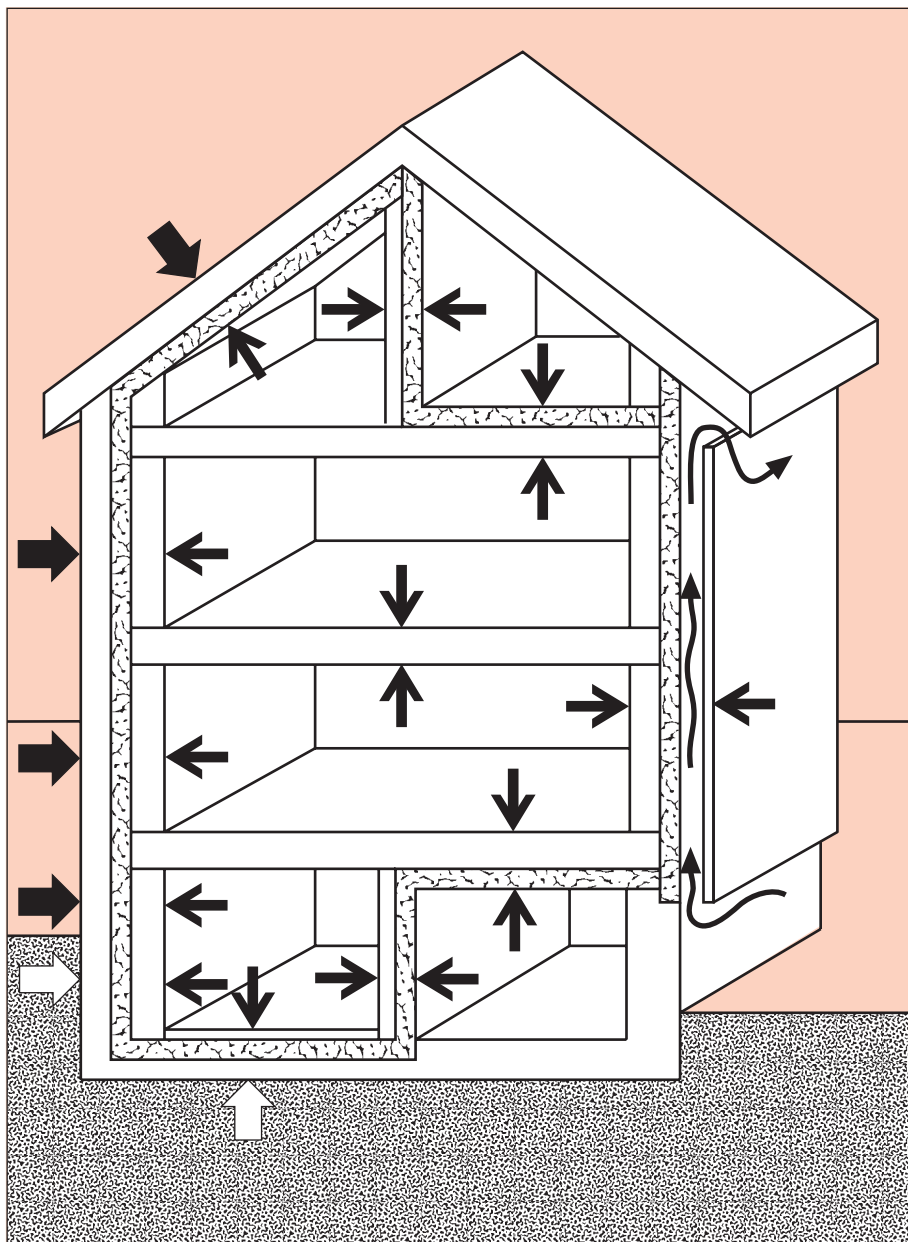
Der Wärmeübergangswiderstand  $R_s$  ist der Kehrwert des Wärmeübergangskoeffizienten  $h$ . Es gelten die folgenden Rechenwerte:

$$R_{si} = \frac{1}{h_i} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad h_i = 8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad h_e = 25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Für Bauteile im Erdreich gilt:

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$



**Bild 6**

Wärmeübergangswiderstände  
 $R_s$  in  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$

$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

$R_{si} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

$R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Luftströmung

### 2.3.2 Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ von Baustoffen

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (Lambda) ist das Mass für den Widerstand, den ein Baustoff dem Abfließen der Wärme entgegensetzt. Es entspricht der Wärmestromdichte bei einem Temperaturgefälle von 1 Kelvin pro Meter unter stationären Verhältnissen in einem homogenen Stoff.

Es gilt folgender Merksatz:

Je kleiner der  $\lambda$ -Wert, umso besser ist der Wärmeschutz

## 12 Auszug aus der Vornorm SIA 279 «Wärmedämmstoffe»:

Die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit gelten für den normalen Bereich des Hochbaus unter den üblichen Raumbedingungen im schweizerischen Klima und sind für Energienachweise zu verwenden.

Als Rechenwert ist der produktespezifisch festgelegte und vom SIA bestätigte Nennwert  $\lambda_D$  zu verwenden. Typische Bereiche für überwachte Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit sind in der Spalte «überwacht» von Tabelle 1 enthalten.

Wird ein überwachtes, jedoch noch nicht festgelegtes Produkt aus einer bestimmten Materialgruppe eingesetzt, ist der höchste Wert für diese Materialgruppe zu verwenden.

Für Produkte ohne Überwachungsnachweis gelten die materialspezifischen Rechenwerte gemäss Tabelle 1, Spalte «nicht überwacht».

Die meisten Hersteller geben den für ihr Produkt massgebenden  $\lambda$ -Wert auf der Verpackung an.

Werden anstelle von neutralen Materialbezeichnungen wie z. B. Glaswolle, Schaumglas, Polystyrol etc. bestimmte Produkte wie z. B. swisspor ROXON-Alu, Isover Luro 614, Flumroc Tria etc. verwendet, so können die  $\lambda$ -Werte dem Merkblatt SIA 2001 «Kennwerte der Wärmedämmstoffe – deklarierte Werte der Wärmeleitfähigkeit und weitere Angaben der Lieferanten und Hersteller» entnommen werden. Dieses Merkblatt wird periodisch erneuert und enthält nur Produkte, deren Wärmeleitfähigkeiten gemäss Anhang A der Vornorm SIA 279 deklariert wurden.

**Tabelle 1:** Rechenwerte für bauphysikalische Nachweise  
Auszug aus Dokumentation SIA D0170

| Material                                               | Nennroh-<br>dichte $\rho_a$<br><br>kg/m <sup>3</sup> | Wärmeleitfähigkeit<br>Nennwert $\lambda_D$<br>(siehe Kapitel 2) |                                 |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                                                        |                                                      | überwacht <sup>1</sup><br>W/(m · K)                             | nicht<br>überwacht<br>W/(m · K) |
| <b>Glaswolle</b>                                       |                                                      |                                                                 |                                 |
| Platten, Matten, Rollen                                | 10–120                                               | 0.031–0.048                                                     | 0.055                           |
| lose                                                   | 30–100                                               | <sup>2</sup>                                                    | 0.060                           |
| <b>Steinwolle</b>                                      |                                                      |                                                                 |                                 |
| Platten, Matten, Rollen                                | 15–200                                               | 0.034–0.048                                                     | 0.055                           |
| lose                                                   | 30–100                                               | <sup>2</sup>                                                    | 0.060                           |
| <b>Schaumglas</b>                                      |                                                      |                                                                 |                                 |
| Platten                                                | 100–150                                              | 0.040–0.055                                                     | 0.064                           |
| lose                                                   | 250–450                                              | <sup>2</sup>                                                    | 0.094                           |
| <b>Perlit, Vermiculit lose</b>                         | 50–130                                               | <sup>2</sup>                                                    | 0.084                           |
| <b>Polystyrol, expandiert (EPS)</b>                    | 30–15                                                | 0.032–0.042                                                     | 0.048                           |
| <b>Polystyrol, extrudiert (XPS)</b>                    |                                                      |                                                                 |                                 |
| Zellinhalt wärmedämmrelevant                           | 25–65                                                | 0.028–0.036                                                     | 0.043                           |
| Zellinhalt Luft                                        | 25–65                                                | 0.034–0.038                                                     | 0.046                           |
| <b>Polyurethan (PUR) und<br/>Polyisocyanurat (PIR)</b> |                                                      |                                                                 |                                 |
| Zellinhalt Pentan                                      |                                                      |                                                                 |                                 |
| diffusionsdicht                                        | 28–55                                                | 0.022–0.027                                                     | 0.032                           |
| diffusionsoffen                                        | 28–55                                                | 0.026–0.033                                                     | 0.037                           |
| Zellinhalt CO <sub>2</sub>                             | 35–60                                                | 0.032–0.038                                                     | 0.045                           |
| <b>Kork:</b> Platten, Matten                           | 90–160                                               | 0.040–0.047                                                     | 0.056                           |
| <b>Holz wolle</b>                                      |                                                      |                                                                 |                                 |
| Platten                                                | 30–150                                               | 0.067–0.089                                                     | 0.107                           |
| Leichtbauplatten                                       | 250–450                                              | <sup>2</sup>                                                    | 0.095                           |
| Deckschichten von<br>Mehrschichtplatten <sup>3</sup>   |                                                      |                                                                 |                                 |
| 5 mm                                                   | <sup>2</sup>                                         | <sup>2</sup>                                                    | 0.15                            |
| 7,5 mm                                                 | <sup>2</sup>                                         | <sup>2</sup>                                                    | 0.125                           |
| 10 mm                                                  | <sup>2</sup>                                         | <sup>2</sup>                                                    | 0.10                            |
| <b>Holzfaserdämmplatten</b>                            | 120–300<br>300–600                                   | 0.044–0.065<br><sup>2</sup>                                     | 0.080<br>0.110                  |
| <b>Zellulose</b>                                       |                                                      |                                                                 |                                 |
| Platten                                                | <sup>2</sup>                                         | <sup>2</sup>                                                    | 0.065                           |
| lose                                                   | 30–80                                                | <sup>2</sup>                                                    | 0.060                           |
| <b>Dämmstoffe pflanzl. Ursprungs</b>                   |                                                      |                                                                 |                                 |
| Flachsfaserplatten                                     | 25–35                                                | <sup>2</sup>                                                    | 0.055                           |
| Schilfrohrplatten                                      | 150–200                                              | <sup>2</sup>                                                    | 0.072                           |
| Kokosfasermatten                                       | 50–100                                               | <sup>2</sup>                                                    | 0.066                           |
| Baumwolle                                              | > 25                                                 | <sup>2</sup>                                                    | 0.055                           |
| <b>Dämmstoffe tier. Ursprungs</b>                      |                                                      | <sup>2</sup>                                                    |                                 |
| Schafwolle                                             | 20–60                                                |                                                                 | 0.055                           |

<sup>1</sup> Diese Werte sind Anhaltspunkte für am Markt vorhandene Produkte (siehe auch Merkblatt SIA 2001). Es sind auch tiefere und höhere Werte möglich. Massgebend ist der produktspezifische Nennwert (Überwachungsnachweis erforderlich).

<sup>2</sup> Wert zur Zeit noch nicht festgelegt bzw. zu wenig Daten verfügbar.

<sup>3</sup> Der Wärmedurchlasswiderstand von Mehrschicht-Holzwoledämmplatten ist als Summe der einzelnen Wärmedurchlasswiderstandswerte zu berechnen. Für die Deckschichten sind dabei die Werte aus der Spalte «nicht überwacht» einzusetzen.

| Stoffgruppe oder Anwendung          | Rohdichte $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | Bemessungs-<br>wärmeleit-<br>fähigkeit $\lambda$<br>W/(m·K) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Mauerwerk unverputzt</b>         |                                       |                                                             |
| Modulbackstein Einstein             | 1100                                  | 0.44                                                        |
| Modulbackstein Verband              | 1100                                  | 0.37                                                        |
| Isolierbackstein                    | 1200                                  | 0.47                                                        |
| Sichtbackstein                      | 1400                                  | 0.52                                                        |
| Kaminstein                          | 1800                                  | 0.80                                                        |
| Kalksandstein                       | 1600                                  | 0.80                                                        |
|                                     | 1800                                  | 1.00                                                        |
|                                     | 2000                                  | 1.10                                                        |
| Zementstein                         | 2000                                  | 1.10                                                        |
| Zementblockstein                    | 1200                                  | 0.70                                                        |
| Porenbetonstein                     | 300                                   | 0.10                                                        |
|                                     | 400                                   | 0.13                                                        |
|                                     | 500                                   | 0.16                                                        |
|                                     | 600                                   | 0.19                                                        |
| <b>Gestein</b>                      |                                       |                                                             |
| Kristalliner Naturstein             | 2800                                  | 3.5                                                         |
| Sediment-Naturstein                 | 2600                                  | 2.3                                                         |
| Basalt                              | 2700 - 3000                           | 3.5                                                         |
| Granit                              | 2500 - 2700                           | 2.8                                                         |
| Marmor                              | 2800                                  | 3.5                                                         |
| Schiefer                            | 2000 - 2800                           | 2.2                                                         |
| Sandstein (Quarzit)                 | 2600                                  | 2.3                                                         |
| <b>Erdreich</b>                     |                                       |                                                             |
| Ton, Schlick oder Schlamm           | 1200 - 1800                           | 1.5                                                         |
| Sand und Kies                       | 1700 - 2200                           | 2.0                                                         |
| <b>Beton <sup>1</sup></b>           |                                       |                                                             |
| Mittlere Rohdichte                  | 1800                                  | 1.15                                                        |
|                                     | 2000                                  | 1.35                                                        |
|                                     | 2200                                  | 1.65                                                        |
| Hohe Rohdichte                      | 2400                                  | 2.00                                                        |
| Armirt (mit 1% Stahl)               | 2300                                  | 2.3                                                         |
| Armirt (mit 2% Stahl)               | 2400                                  | 2.5                                                         |
| <b>Putze, Mörtelschichten</b>       |                                       |                                                             |
| Innenputz für normale Berechnungen  | 1400                                  | 0.70                                                        |
| Aussenputz für normale Berechnungen | 1800                                  | 0.87                                                        |
| Wärmedämmputz aussen                | 300                                   | 0.08                                                        |
|                                     | 450                                   | 0.14                                                        |
| Kalkmörtel                          | 1800                                  | 0.87                                                        |
| Kalkzementmörtel                    | 1900                                  | 1.00                                                        |
| Zementmörtel                        | 2200                                  | 1.40                                                        |
| Gipsdämmputz                        | 600                                   | 0.18                                                        |
| Gipsputz                            | 1000                                  | 0.40                                                        |
|                                     | 1300                                  | 0.57                                                        |

**Tabelle 2**

Rohdichte  $\rho$  und Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  der wichtigsten allgemeinen Baustoffe

Auszug aus Dokumentation SIA D0170

| Stoffgruppe oder Anwendung                   | Rohdichte $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | Bemessungs-<br>wärmeleit-<br>fähigkeit $\lambda$<br>W/(m·K) |
|----------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Gips</b>                                  |                                       |                                                             |
| Gips                                         | 600                                   | 0.18                                                        |
|                                              | 900                                   | 0.30                                                        |
|                                              | 1200                                  | 0.43                                                        |
|                                              | 1500                                  | 0.56                                                        |
| Gipskartonplatten <sup>2</sup>               | 900                                   | 0.25                                                        |
| <b>Holz <sup>3</sup></b>                     |                                       |                                                             |
| Nutzholz                                     | 500                                   | 0.13                                                        |
|                                              | 700                                   | 0.18                                                        |
| Holzfaserplatte                              | 250                                   | 0.07                                                        |
|                                              | 400                                   | 0.10                                                        |
|                                              | 600                                   | 0.14                                                        |
|                                              | 800                                   | 0.18                                                        |
| Spanplatte                                   | 300                                   | 0.10                                                        |
|                                              | 600                                   | 0.14                                                        |
|                                              | 900                                   | 0.18                                                        |
| Zementgebundene Spanplatte                   | 1200                                  | 0.23                                                        |
| <b>Verschiedene Stoffe</b>                   |                                       |                                                             |
| Metalle                                      |                                       |                                                             |
| Aluminiumlegierungen                         | 2800                                  | 160                                                         |
| Stahl                                        | 7800                                  | 50                                                          |
| Nichtrostender Stahl                         | 7900                                  | 17                                                          |
| Glas (Natronglas, einschliesslich Floatglas) | 2500                                  | 1.00                                                        |
| Quarzglas                                    | 2200                                  | 1.40                                                        |
| Wasser +10°C                                 | 1000                                  | 0.60                                                        |
| Wasser +40°C                                 | 990                                   | 0.63                                                        |
| Eis bei -10°C                                | 920                                   | 2.30                                                        |
| Eis bei 0°C                                  | 900                                   | 2.20                                                        |
| Schnee, frisch gefallen (< 30 mm)            | 100                                   | 0.05                                                        |
| Polyvinylchlorid (PVC)                       | 1390                                  | 0.17                                                        |
| <b>Platten</b>                               |                                       |                                                             |
| Keramik / Porzellan                          | 2300                                  | 1.3                                                         |
| Kunststoff                                   | 1000                                  | 0.20                                                        |
| <b>Gummi</b>                                 |                                       |                                                             |
| Naturkautschuk                               | 910                                   | 0.13                                                        |
| Neopren (Polychloropren)                     | 1240                                  | 0.23                                                        |
| Butylkautschuk                               | 1200                                  | 0.24                                                        |

<sup>1</sup> Die Rohdichte von Beton ist als Trockenrohddichte angegeben.

<sup>2</sup> Die Wärmeleitfähigkeit schliesst den Einfluss der Papierdeckschichten ein.

<sup>3</sup> Die Rohdichte von Nutzholz und Holzfaserplattenprodukten ist die Gleichgewichtsdichte bei 20°C und 65% relativer Luftfeuchte.

14 2.3.3 Wärmedurchlasswiderstand  $R_g$  von Luftschichten

Einen Sonderfall bei der Berechnung des  $U$ -Werts stellen **ruhende Luftschichten** dar. Eine Luftschicht gilt als ruhend, wenn der Luftraum von der Umgebung abgeschlossen ist.

In der Praxis werden die Dämmeigenschaften mit Hilfe des Wärmedurchlasswiderstands  $R_g$  in  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$  angegeben (Tab. 3). In der Formel zur Berechnung des  $U$ -Werts kann dann anstelle von  $d/\lambda$  der Luftschicht direkt der entsprechende  $R_g$ -Wert eingesetzt werden (siehe auch Kap. 2.5).

| Dicke der Luftschicht in mm | Richtung des Wärmestroms |            |         |
|-----------------------------|--------------------------|------------|---------|
|                             | aufwärts                 | horizontal | abwärts |
| 5                           | 0.11                     | 0.11       | 0.11    |
| 10                          | 0.15                     | 0.15       | 0.15    |
| 25                          | 0.16                     | 0.18       | 0.19    |
| 50                          | 0.16                     | 0.18       | 0.21    |
| 100                         | 0.16                     | 0.18       | 0.22    |

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

**Tabelle 3**  
Wärmedurchlasswiderstand  $R_g$  in  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$  von ruhenden Luftschichten in Decken, Wänden und Böden

Ergänzende Angaben zum Wärmedurchlasswiderstand  $R_g$  von Luftschichten finden sich in der Norm SN EN ISO 6946.

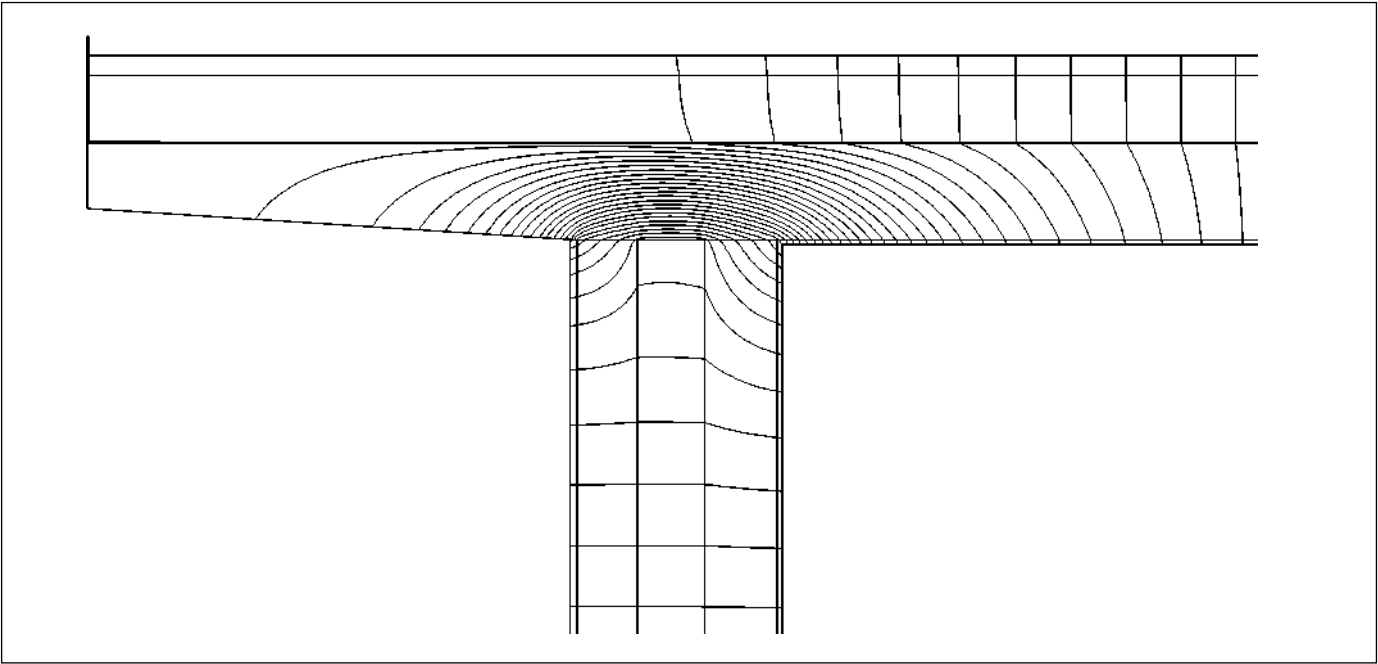
2.4 Wärmebrücken

Wärmebrücken (Bild 7) sind thermische Schwachstellen der Gebäudehülle, bei denen örtlich mehr Wärme als bei den benachbarten Bauteilen abfließt. Materialwechsel, Geometrieänderungen, Durchdringungen und Bauteilübergänge bewirken oft Wärmebrücken.

Sie führen zu erhöhten Wärmeverlusten und beinhalten bauphysikalische und hygienische Risiken. Wärmebrücken sollten durch konstruktive Massnahmen möglichst vermieden werden.

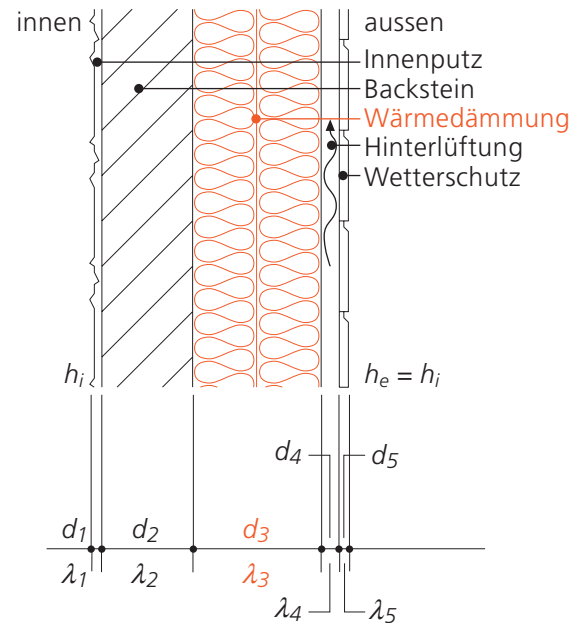
Die Berücksichtigung von Wärmebrücken wird in den Normen und in den kantonalen Wärmedämmvorschriften verbindlich verlangt. Die Materie der Wärmebrücken wird im «Wärmebrückenkatalog» in vereinfachter Weise dargestellt und behandelt. Neben den Zuschlägen für Wärmebrücken bei Bauteilübergängen (z.B. Flachdach – Aussenwand) sind dort auch  $U$ -Wertkorrekturen für regelmässig auftretende Störungen wie z.B. Aufhängungen bei der hinterlüfteten Fassade aufgeführt.

**Bild 7**  
Wärmestromlinienbild der Schnittstelle Zweischalen-Mauerwerk und Flachdach. Bei der Wärmebrücke sind die Abstände benachbarter Wärmestromlinien kleiner als beim ungestörten Bauteil, d.h. es fliesst dort lokal mehr Wärme aus dem Innern ab als bei den benachbarten Flächen



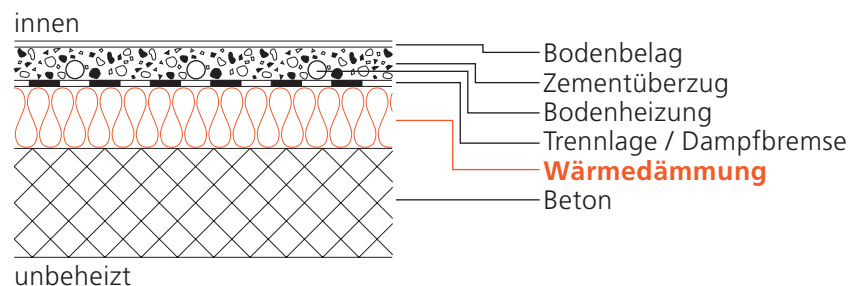
Bei Dampfsperren, hinterlüfteten Gebäudeteilen, Fussbodenheizungen und Umkehrdächern muss bei der Berechnung des  $U$ -Werts folgendes beachtet werden:

- **Dampfsperren und -bremsen, Feuchtigkeitsisolationen etc.** werden in der Berechnung des  $U$ -Werts weggelassen, da deren Einfluss unbedeutend ist.
- **Bei hinterlüfteten Fassaden (Bild 8) und Dächern** kann zwischen Wärmedämmung und Wetterschutz der Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht und aller anderen Schichten zwischen Luftschicht und Aussenumgebung vernachlässigt werden. Der äussere Wärmeübergangswiderstand  $h_e$  wird gleich dem inneren Wärmeübergangswiderstand  $h_i$  des selben Bauteils gleichgesetzt.



**Bild 8**  
Hinterlüftete Fassade

- **Bei Fussbodenheizungen** werden die Schichten oberhalb der Wärmedämmung und der innere Wärmeübergangskoeffizient  $h_i$  nicht miteingerechnet (Bild 9).



**Bild 9**  
Fussbodenheizung

- Die Wärmedämmschicht eines **Umkehrdachs** muss mit einem Zuschlag von 20% versehen werden, damit der errechnete  $U$ -Wert erreicht wird. Wird beispielsweise der  $U$ -Wert eines Umkehrdachs mit einer 20 cm dicken Dämmschicht mit  $0.18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  berechnet, so muss die effektive Wärmedämmschicht am Bau 20% mehr, also 24 cm betragen, damit der  $U$ -Wert von  $0.18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  eingehalten werden kann.

Weitere Hinweise zur Planung und Bemessung von Umkehrdächern sind in der Empfehlung SIA 271 «Flachdächer» enthalten.



## 16 2.6 Beispiele

Nachfolgend ist die  $U$ -Wert-Berechnung an **fünf** Beispielen dargestellt. Es ist sinnvoll, die Berechnung in einzelne Teilabschnitte aufzuteilen. Als Hilfsmittel dazu dient Tabelle A. Für die Berechnung eigener Beispiele oder als Nachweis für die Eingabe an die Baubehörde kann Tabelle A am Schluss dieser Publikation vervielfältigt werden.

**Aufgrund der komplexen Berechnung der inhomogenen Bauteile sind hier nur Berechnungsbeispiele von homogenen Bauteilen aufgeführt.**

### Beispiel 1

| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) |     | Bezeichnung des Bauteils <u>Aussenwand</u> |                                 |          | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$                         |
|---------------------------------------|-----|--------------------------------------------|---------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------|
| innen                                 | aus | Schicht Nr.                                | Material, Baustoff              | $d$<br>m | $\frac{h}{\lambda}$<br>$\frac{W/(m^2 \cdot K)}{W/(m \cdot K)}$ |
|                                       |     |                                            |                                 |          | $m^2 \cdot K/W$                                                |
|                                       |     | ②                                          | Wärmeübergang innen ( $h_i$ ) ③ | — ④      | 8 ⑤                                                            |
|                                       |     | 1                                          | Innenputz                       | 0.015    | 0.70                                                           |
|                                       |     | 2                                          | Backstein                       | 0.15     | 0.44                                                           |
|                                       |     | 3                                          | Saglan SB 22                    | 0.16     | 0.036                                                          |
|                                       |     | 4                                          | Backstein                       | 0.12     | 0.44                                                           |
|                                       |     | 5                                          | Aussenputz                      | 0.02     | 0.87                                                           |
|                                       |     |                                            |                                 |          |                                                                |
|                                       |     |                                            |                                 |          |                                                                |
|                                       |     |                                            |                                 |          |                                                                |
|                                       |     |                                            |                                 |          |                                                                |
|                                       |     |                                            |                                 |          |                                                                |
|                                       |     | —                                          | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )  | —        | 25                                                             |
|                                       |     |                                            |                                 |          | 0.04                                                           |

|               |                                                                                      |                             |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Tab. A</b> | $U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0.19 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ⑧ | $R_{\text{total}} = 5.26$ ⑦ |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|

- ① Skizze des Bauteils
- ② Nummerierung der Schichten
- ③ Bezeichnung der Baustoffe von innen nach aussen
- ④  $d$  = Schichtdicke des Bauteils in m
- ⑤  $h$  = Wärmeübergangskoeffizient in  $W/(m^2 \cdot K)$  (Kap. 2.3.1)  
 $\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs in  $W/(m \cdot K)$  (Kap. 2.3.2)
- ⑥ Berechnung von  $\frac{1}{h} = \frac{1}{h}$  bzw.  $\frac{d}{\lambda} = \frac{d}{\lambda}$  in  $m^2 \cdot K/W$ , so genannter  $R$ -Wert (Wärmedurchlasswiderstand)
- ⑦ Summe  $R_{\text{total}}$  der  $R$ -Werte aus Spalte ⑥
- ⑧ Berechnung des  $U$ -Werts:  $U = \frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_{\text{total}}}$  in  $W/(m^2 \cdot K)$

**$U$ -Werte mit mehr als zwei Kommastellen sind nicht sinnvoll!**



## Beispiel 2

| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) |                                              | Bezeichnung des Bauteils <i>Estrichboden</i> |                                                  |                                                | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Schicht Nr.                           | Material, Baustoff                           | $d$<br>m                                     | $\frac{h}{\lambda}$<br>$\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W}$<br>$\frac{m^2 \cdot K}{W}$ | $m^2 \cdot K/W$                        |
| —                                     | Wärmeübergang innen ( $h_i$ )                | —                                            | —                                                | —                                              | <b>0.13</b>                            |
| 1                                     | <b>Betondecke</b>                            | <b>0.18</b>                                  | <b>2.3</b>                                       | —                                              | <b>0.08</b>                            |
| 2                                     | <b>Dampfbremse</b>                           | —                                            | —                                                | —                                              | —                                      |
| 3                                     | <b>Isover Luro 414 (2x8 cm)</b> <sup>1</sup> | <b>0.16</b>                                  | <b>0.037</b>                                     | —                                              | <b>4.32</b>                            |
| 4                                     | <b>Spanplatte</b>                            | <b>0.016</b>                                 | <b>0.14</b>                                      | —                                              | <b>0.11</b>                            |
| —                                     | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ ) <sup>2</sup>  | —                                            | —                                                | —                                              | <b>0.13</b>                            |

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0.21 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$R_{\text{total}} = 4.77$$

- <sup>1</sup> Der  $\lambda$ -Wert wurde dem Merkblatt SIA 2001 «Wärmedämmstoffe» (Ausgabe 2001) entnommen.
- <sup>2</sup> Gegen unbeheizt ist  $R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (Kap. 2.3.1).

## Beispiel 3

| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) |                                            | Bezeichnung des Bauteils <i>Decke mit Fussbodenheizung</i> |                                                  |                                                | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Schicht Nr.                           | Material, Baustoff                         | $d$<br>m                                                   | $\frac{h}{\lambda}$<br>$\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W}$<br>$\frac{m^2 \cdot K}{W}$ | $m^2 \cdot K/W$                        |
| —                                     | Wärmeübergang innen ( $h_i$ ) <sup>1</sup> | —                                                          | —                                                | —                                              | —                                      |
| 1                                     | <b>Bodenplatten</b> <sup>1</sup>           | —                                                          | —                                                | —                                              | —                                      |
| 2                                     | <b>Unterlagsboden</b> <sup>1</sup>         | —                                                          | —                                                | —                                              | —                                      |
| 3                                     | <b>PE-Folie</b>                            | —                                                          | —                                                | —                                              | —                                      |
| 4                                     | <b>Polyurethan (PUR)</b> <sup>2</sup>      | <b>0.10</b>                                                | <b>0.033</b>                                     | —                                              | <b>3.03</b>                            |
| 5                                     | <b>Beton</b>                               | <b>0.20</b>                                                | <b>2.3</b>                                       | —                                              | <b>0.09</b>                            |
| —                                     | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )             | —                                                          | —                                                | —                                              | <b>0.13</b>                            |

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0.31 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$R_{\text{total}} = 3.25$$

- <sup>1</sup> Bei Fussbodenheizungen dürfen Schichten oberhalb der Wärmedämmung in der  $U$ -Wert-Berechnung nicht berücksichtigt werden. Der Wärmeübergang innen, die Bodenplatten sowie der Unterlagsboden sind deshalb zu vernachlässigen (Kap. 2.5).
- <sup>2</sup> Wird ein überwacht, jedoch noch nicht festgelegtes Dämmmaterial eingesetzt, ist der höchste  $\lambda$ -Wert dieser Materialgruppe einzusetzen. Bei einer genauen Produkteangabe wie z.B. swisspor ROXON-Alu mit einem  $\lambda$ -Wert von  $0.026 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$  anstelle «Polyurethan (PUR)» würde sich ein  $U$ -Wert von  $0.25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  ergeben.

## 18 Beispiel 4

| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) |                                             | Bezeichnung des Bauteils <b>Kellerwand</b> |                                                  |                                                | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Schicht Nr.                           | Material, Baustoff                          | $d$<br>m                                   | $\frac{h}{\lambda}$<br>$\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W}$<br>$\frac{m^2 \cdot K}{W}$ | $m^2 \cdot K/W$                        |
| —                                     | Wärmeübergang innen ( $h_i$ )               | —                                          | <b>B</b>                                         |                                                | <b>0.13</b>                            |
| 1                                     | Kalksandstein                               | 0.075                                      | 1.0                                              |                                                | 0.08                                   |
| 2                                     | Dampfbremse <sup>1</sup>                    | —                                          | —                                                |                                                | —                                      |
| 3                                     | swisspor LUXIT 20                           | 0.16                                       | 0.037                                            |                                                | 4.32                                   |
| 4                                     | Beton                                       | 0.20                                       | 2.3                                              |                                                | 0.09                                   |
| 5                                     | Feuchtsperre <sup>1</sup>                   | —                                          | —                                                |                                                | —                                      |
| 6                                     | evtl. Filterplatte                          | —                                          | —                                                |                                                | —                                      |
| 7                                     | Erdreich                                    | —                                          | —                                                |                                                | —                                      |
| —                                     | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ ) <sup>2</sup> | —                                          | $\infty$                                         |                                                | 0                                      |

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0.22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$R_{\text{total}} = 4.62$$

- <sup>1</sup> Dampfbremse und Feuchtsperre werden nicht berücksichtigt (Kap.2.5).  
<sup>2</sup> Gegen Erdreich ist  $h_e = \infty$  (unendlich) und somit  $\frac{1}{h_e} = R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (Kap. 2.3.1).

## Beispiel 5

| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) |                                         | Bezeichnung des Bauteils <b>Flachdach (Umkehrdach)</b> |                                                  |                                                | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Schicht Nr.                           | Material, Baustoff                      | $d$<br>m                                               | $\frac{h}{\lambda}$<br>$\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W}$<br>$\frac{m^2 \cdot K}{W}$ | $m^2 \cdot K/W$                        |
| —                                     | Wärmeübergang innen ( $h_i$ )           | —                                                      | <b>B</b>                                         |                                                | <b>0.13</b>                            |
| 1                                     | Beton                                   | 0.20                                                   | 2.3                                              |                                                | 0.09                                   |
| 2                                     | Dachabdichtung                          | —                                                      | —                                                |                                                | —                                      |
| 3                                     | Roofmate SL-X (18 cm) <sup>1</sup>      | 0.15                                                   | 0.030                                            |                                                | 5.00                                   |
| 4                                     | Trennlage/Vlies                         | —                                                      | —                                                |                                                | —                                      |
| 5                                     | Schutzschicht (Sand, Kies) <sup>2</sup> | 0.10                                                   | 2.0                                              |                                                | 0.05                                   |
| —                                     | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )          | —                                                      | 25                                               |                                                | 0.04                                   |

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0.19 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$R_{\text{total}} = 5.31$$

- <sup>1</sup> Vorgesehen ist eine 18 cm dicke Wärmedämmung. Beim Umkehrdach ist gemäss Empfehlung SIA 271 eine Zuschlag von 20% für die Wärmedämmdicke einzuberechnen. Deshalb werden nur 15 cm (18 cm / 1.2) in der U-Wert-Berechnung berücksichtigt.  
<sup>2</sup> Der  $\lambda$ -Wert wurde der Tabelle 2 (Kap. 2.3.2) entnommen.

Die Übung zeigt das Vorgehen bei der Kontrolle einer  $U$ -Wert-Berechnung.

Einer Baueingabe liegt untenstehende  $U$ -Wert-Berechnung bei, in welche sich drei Fehler eingeschlichen haben. Versuchen Sie, diese herauszufinden!

| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) |                                | Bezeichnung des Bauteils <u>Zweischalenmauerwerk</u> |                                          |                                                           | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Schicht Nr.                           | Material, Baustoff             | $d$<br>m                                             | $\frac{h}{\lambda}$<br>$W/(m^2 \cdot K)$ | $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$<br>$m^2 \cdot K/W$ |                                        |
|                                       |                                |                                                      | $\frac{\lambda}{h}$<br>$W/(m \cdot K)$   |                                                           |                                        |
| –                                     | Wärmeübergang innen ( $h_i$ )  | –                                                    | 8                                        | 0.13                                                      |                                        |
| 1                                     | Sichtbackstein                 | 0.15                                                 | 0.44                                     | 0.34                                                      |                                        |
| 2                                     | Flumroc Dämmplatte 1           | 0.16                                                 | 0.034                                    | 4.71                                                      |                                        |
| 3                                     | Backstein                      | 0.12                                                 | 0.44                                     | 0.27                                                      |                                        |
| 4                                     | Aussenputz                     | 0.02                                                 | 0.87                                     | 0.02                                                      |                                        |
| –                                     | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ ) | –                                                    | 20                                       | 0.05                                                      |                                        |

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0.18 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$R_{\text{total}} = 5.52$$

Ermitteln Sie den **richtigen**  $U$ -Wert des obigen Beispiels, indem Sie in der untenstehenden Tabelle die Berechnung selbst vornehmen. Die Lösung finden Sie auf der folgenden Seite.

| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) |                                | Bezeichnung des Bauteils <u>Zweischalenmauerwerk</u> |                                          |                                                           | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Schicht Nr.                           | Material, Baustoff             | $d$<br>m                                             | $\frac{h}{\lambda}$<br>$W/(m^2 \cdot K)$ | $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$<br>$m^2 \cdot K/W$ |                                        |
|                                       |                                |                                                      | $\frac{\lambda}{h}$<br>$W/(m \cdot K)$   |                                                           |                                        |
| –                                     | Wärmeübergang innen ( $h_i$ )  | –                                                    |                                          |                                                           |                                        |
| 1                                     | Sichtbackstein                 | 0.15                                                 |                                          |                                                           |                                        |
| 2                                     | Flumroc Dämmplatte 1           | 0.16                                                 |                                          |                                                           |                                        |
| 3                                     | Backstein                      | 0.12                                                 |                                          |                                                           |                                        |
| 4                                     | Aussenputz                     | 0.02                                                 |                                          |                                                           |                                        |
| –                                     | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ ) | –                                                    |                                          |                                                           |                                        |

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = \text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$R_{\text{total}} =$$

## 20 Lösung der Übung von Seite 19

Richtige Berechnung des  $U$ -Werts:

| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) |             | Bezeichnung des Bauteils <b>Zweischalenmauerwerk</b> |        |                              | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$                        |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------|--------|------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                       | Schicht Nr. | Material, Baustoff                                   | d<br>m | $h$<br>W/(m <sup>2</sup> ·K) | $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$<br>m <sup>2</sup> ·K/W |
|                                       |             |                                                      |        | $\lambda$<br>W/(m·K)         |                                                               |
|                                       | —           | Wärmeübergang innen ( $h_i$ )                        | —      | 8                            | 0.13                                                          |
|                                       | 1           | Sichtbackstein                                       | 0.15   | 0.52 <sup>1</sup>            | 0.29                                                          |
|                                       | 2           | Flumroc Dämmplatte 1                                 | 0.16   | 0.036 <sup>2</sup>           | 4.44                                                          |
|                                       | 3           | Backstein                                            | 0.12   | 0.44                         | 0.27                                                          |
|                                       | 4           | Aussenputz                                           | 0.02   | 0.87                         | 0.02                                                          |
|                                       |             |                                                      |        |                              |                                                               |
|                                       | —           | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )                       | —      | 25 <sup>3</sup>              | 0.04                                                          |

**Tab. A**

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} = 0.19 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$R_{\text{total}} = 5.19$$

- <sup>1</sup> Falscher  $\lambda$ -Wert. Sichtbackstein hat einen schlechteren  $\lambda$ -Wert als Backstein.
- <sup>2</sup> Falscher  $\lambda$ -Wert. Eine Produktespezifikation ist vorhanden, aber der  $\lambda$ -Wert entspricht nicht diesem Produkt, sondern z.B. «Flumroc Dämmplatte 3». Der  $\lambda$ -Wert beträgt gemäss Merkblatt SIA 2001 «Wärmedämmstoffe» (Ausgabe 2001) 0.036 W/(m·K).
- <sup>3</sup> Der Wärmeübergangskoeffizient  $h_e$  ist falsch.  
Bei Bauteilen gegen Aussenklima ist  $h_e = 25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  und nicht 20 W/(m<sup>2</sup>·K).

## 3 U-Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog

**Der Bauteilekatalog ist ein Nachschlagewerk über  $U$ -Werte der in der Praxis am häufigsten vorkommenden Bauteile. Er gibt dem Anwender die Möglichkeit, ohne Rechenaufwand einen  $U$ -Wert zu bestimmen oder zu kontrollieren. Als Hilfsmittel dazu dient Tabelle B auf Seite 73. Für die Berechnung eigener Beispiele oder als Nachweis für die Eingabe an die Baubehörde kann diese Tabelle vervielfältigt werden.**

Weniger gebräuchliche Konstruktionsdetails, die in diesem Katalog nicht enthalten sind, können gemäss Kap. 2 mit Hilfe der Tabelle A berechnet werden. Bestehen überprüfte Herstellerangaben, so können auch diese verwendet werden.

---

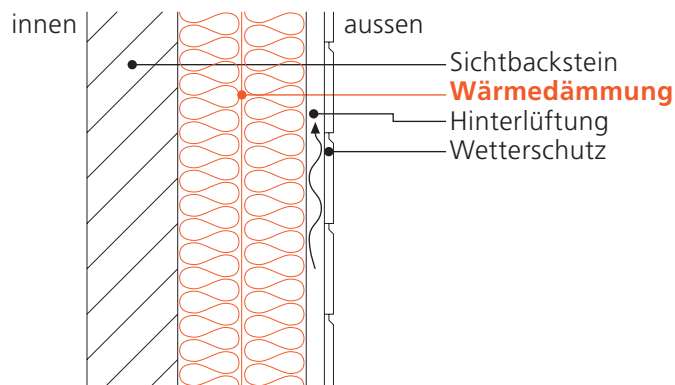
Die Publikation erlaubt eine schnelle Bestimmung der  $U$ -Werte bei Neubauten. Es gilt aber zu beachten, dass neben dem Wärmeschutz weitere bauphysikalische Aspekte wie Feuchtigkeitsschutz und Schallschutz für die jeweiligen Anwendungsfälle zu berücksichtigen sind.

---

## 22 3.1 Beispiel

Hinterlüftete Fassade mit Aluminium-Unterkonstruktion (Vollmetallsystem).

- Als Wärmedämmmaterial wird 2 x 10 cm Isover PBF.
- Die Konsolen werden mit thermischer Trennung montiert.
- Der Wärmebrückenzuschlag beträgt bei 2 Konsolen/ $\text{m}^2$ :  $\Delta U = 0.05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$   
Dieser Zuschlag wird dem Wärmebrückenkatalog entnommen.



| ①<br>Nummer<br>des<br>Bauteils | Angaben zum Wärmedämmstoff |                    |               |                                                        | ⑥<br><b>U-Wert</b><br>in<br>$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                | ②<br>Material              | ③<br>Produkt       | ④<br>$d$<br>m | ⑤<br>$\lambda$<br>$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ |                                                                    |
| <b>W6</b>                      | <b>Glaswolle</b>           | <b>Isover PB F</b> | <b>0.20</b>   | <b>0.032</b>                                           | <b>0.20</b>                                                        |
|                                |                            |                    |               |                                                        |                                                                    |
|                                |                            |                    |               |                                                        |                                                                    |

**Tab. B**

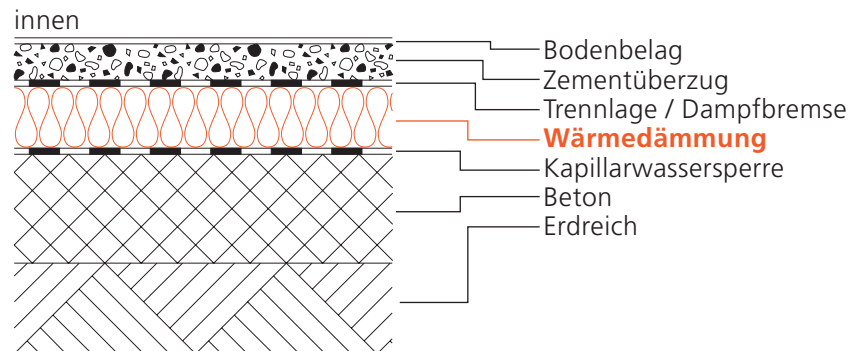
- ① Nummer des Bauteils gemäss Bauteilekatalog aus Kap. 4.1.2
- ② Materialbezeichnung gemäss Tabelle 1 aus Kap. 2.3.2
- ③ Spezifische Produktebezeichnung des Wärmedämmstoffs
- ④ Schichtdicke  $d$  des Wärmedämmstoffs in m
- ⑤ Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  gemäss Tabelle 1, Kap. 2.3.2 oder spezifischer Produktebezeichnung  
Bei spezifischen Produktebezeichnungen können die  $\lambda$ -Werte dem Merkblatt SIA 2001 «Wärmedämmstoffe» entnommen werden.
- ⑥ Der  $U$ -Wert aus der Tabelle des Bauteils W6 (Kap. 4.1.2) beträgt  $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Hinzu kommt aus dem Wärmebrückenkatalog der Wärmebrückenzuschlag von  $0.05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Der  $U$ -Wert des Bauteils beträgt somit  $0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .  
Dieses Verfahren erfolgt jeweils bei hinterlüfteten Fassaden mit Vollmetallsystemen. Der spezifische Wärmebrückenzuschlag muss dem Wärmebrückenkatalog entnommen werden.

Bei hinterlüfteten Fassaden mit Kreuzlattung zwischen der Wärmedämmung kann der  $U$ -Wert des Bauteils direkt Kap. 4.1.2 entnommen werden. Wird das obige Beispiel so ausgeführt, kann der  $U$ -Wert bei Bauteil W6i entnommen werden:  $U = 0.18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Anhand von zwei Beispielen kann die Anwendung des Bauteilekatalogs geübt werden. Die Lösungen sind auf der nächsten Seite dargestellt.

### Übung 1

Bestimmen Sie den  $U$ -Wert des Bodens eines beheizten Raums im Keller. (10 cm Styrodur 2500 C).

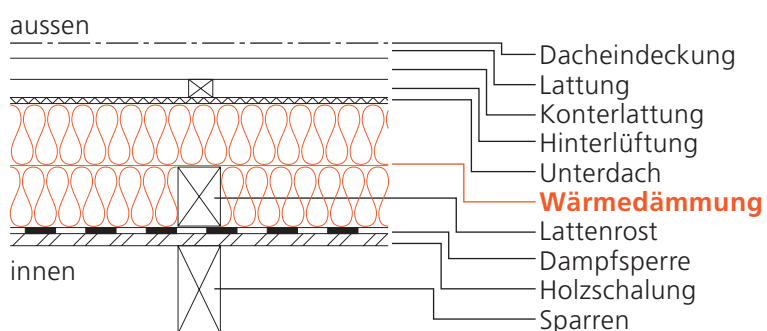


| Nummer des Bauteils | Angaben zum Wärmedämmstoff |         |       |                           | $U$ -Wert in $W/(m^2 \cdot K)$ |
|---------------------|----------------------------|---------|-------|---------------------------|--------------------------------|
|                     | Material                   | Produkt | $d$ m | $\lambda$ $W/(m \cdot K)$ |                                |
|                     |                            |         |       |                           |                                |
|                     |                            |         |       |                           |                                |
|                     |                            |         |       |                           |                                |

Tab. B

### Übung 2

Das Schrägdach wird wärmegeklämt; es handelt sich um einen inhomogenen Bauteil. Insgesamt werden 24 cm Steinwolle (Produkt nicht bekannt) eingesetzt.



| Nummer des Bauteils | Angaben zum Wärmedämmstoff |         |       |                           | $U$ -Wert in $W/(m^2 \cdot K)$ |
|---------------------|----------------------------|---------|-------|---------------------------|--------------------------------|
|                     | Material                   | Produkt | $d$ m | $\lambda$ $W/(m \cdot K)$ |                                |
|                     |                            |         |       |                           |                                |
|                     |                            |         |       |                           |                                |
|                     |                            |         |       |                           |                                |

Tab. B

**Lösung zu  
Übung 1**

| Nummer<br>des<br>Bauteils | Angaben zum Wärmedämmstoff |                 |        |                    | U-Wert<br>in<br>W/(m <sup>2</sup> ·K) |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|--------|--------------------|---------------------------------------|
|                           | Material                   | Produkt         | d<br>m | λ<br>W/(m·K)       |                                       |
| B14                       | Polystyrol extrudiert      | Styrodur 2500 C | 0.10   | 0.037 <sup>1</sup> | 0.34 <sup>2</sup>                     |
|                           |                            |                 |        |                    |                                       |
|                           |                            |                 |        |                    |                                       |

**Tab. B**

- <sup>1</sup> Der λ-Wert beträgt gemäss Merkblatt SIA 2001 bzw. den deklarierten Hersteller-Angaben 0.037 W/(m·K) für die vorgesehene Wärmedämmdicke.
- <sup>2</sup> Der Bauteil ist homogen und kann somit dem Kapitel 4.1 entnommen werden.  
Es gibt nur U-Werte 0.32 und 0.36 W/(m<sup>2</sup>·K) zu den λ-Werten 0.035 und 0.040 W/(m·K). Der U-Wert kann interpoliert werden:  $U = 0.34 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .

**Lösung zu  
Übung 2**

| Nummer<br>des<br>Bauteils | Angaben zum Wärmedämmstoff |                     |        |                    | U-Wert<br>in<br>W/(m <sup>2</sup> ·K) |
|---------------------------|----------------------------|---------------------|--------|--------------------|---------------------------------------|
|                           | Material                   | Produkt             | d<br>m | λ<br>W/(m·K)       |                                       |
| Di 4 <sup>1</sup>         | Steinwolle                 | überwachtes Produkt | 0.24   | 0.048 <sup>2</sup> | 0.21 <sup>2</sup>                     |
|                           |                            |                     |        |                    |                                       |
|                           |                            |                     |        |                    |                                       |

**Tab. B**

- <sup>1</sup> Der Bauteil ist inhomogen und kann dem Kapitel 4.2 entnommen werden.
- <sup>2</sup> Falls keine Produktebezeichnung angegeben wird, es sich aber um ein überwachtes Produkt handelt, muss nach Tabelle 1 (Kap. 2.3.2) für Steinwolle-Platten ein λ-Wert von 0.048 W/(m<sup>2</sup>·K) eingesetzt werden, was einen U-Wert von 0.21 W/(m<sup>2</sup>·K) ergibt.  
Mit einer Produktespezifikation wie z. B. Rockwool Schrägdachplatte 243 mit einem λ-Wert gemäss Merkblatt SIA 2001 von 0.035 W/(m·K) ergibt sich ein U-Wert von 0.17 W/(m<sup>2</sup>·K).



# 4 Bauteilekatalog

**Die *U*-Wert-Angaben von neuen Bauteilen sind für die am häufigsten vorkommenden Wärmedämmdicken aufgeführt. Bei Abweichungen von diesen Dämmdicken ist eine *U*-Wert-Berechnung für den Bauteil gemäss Kapitel 2 durchzuführen.**

**In den Tabellen sind nur diejenigen *U*-Werte aufgeführt, welche die Anforderungen der Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau» erfüllen.**

In den Skizzen des Bauteilekatalogs werden die Schichtdicken der einzelnen Baustoffe nicht angegeben, da kleinere Abweichungen von den gebräuchlichen Dicken auf den *U*-Wert einen vernachlässigbaren Einfluss haben.

Gegenüber der ersten Ausgabe des Bauteilekatalogs «Neubauten» aus dem Jahre 1988 werden einige Bauteile ergänzt, welche bisher nicht aufgeführt sind. Gleichzeitig werden einige Bauteile entfernt, bei denen sich gezeigt hat, dass sie in der Praxis selten vorkommen. Die Nummerierung der Bauteile wird nicht verändert. Somit ergeben sich einzelne Lücken in der Nummerierung der Bauteile. Die neu aufgeführten Bauteile werden in den einzelnen Kapiteln hinten angestellt. Dadurch gibt es keine Widersprüche gegenüber der ersten Ausgabe des Bauteilekatalogs «Neubauten».

Bei den hinterlüfteten Fassaden werden die *U*-Werte zuerst für die Variante «mit metallischer Unterkonstruktion» mit einer homogenen Wärmedämmschicht angegeben. Hinzu kommt der Wärmebrückenzuschlag, welcher aus dem Wärmebrückenkatalog entnommen wird. Danach folgt die Variante «mit Lattenrost».

Bei den Spezialmauerwerken wird nur noch ein Beispiel aufgeführt, da es immer wieder veränderte Aufbauten in der Praxis gibt.

Bei den inhomogenen Bauteilen hängt der *U*-Wert auch vom Verhältnis Holzrost/Riegel zu Wärmedämmung ab. Bei allen Bauteilen wurden praxisübliche Verhältnisse eingesetzt.

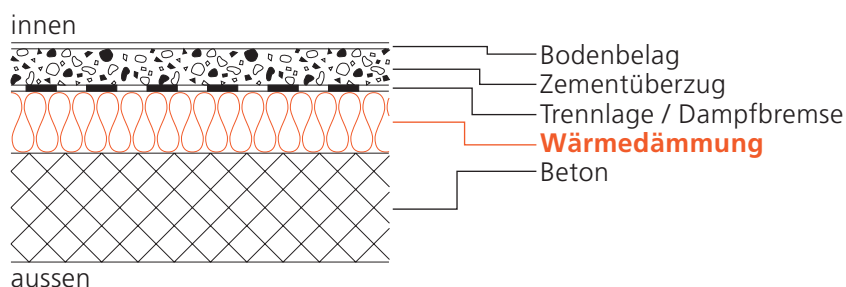
|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>4.1 Homogene Bauteile .....</b>            | <b>26</b> |
| 4.1.1 Böden .....                             | 26        |
| – gegen Aussenluft .....                      | 26        |
| – gegen unbeheizte Räume .....                | 27        |
| – gegen Erdreich .....                        | 29        |
| – mit Fussbodenheizung .....                  | 30        |
| – Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988 .... | 33        |
| 4.1.2 Wände .....                             | 34        |
| – gegen Aussenluft, mit Aussendämmung .....   | 34        |
| – gegen Aussenluft, mit Kerndämmung .....     | 40        |
| – gegen unbeheizte Räume .....                | 42        |
| – gegen Erdreich .....                        | 47        |
| – mit Spezialmauerwerk .....                  | 49        |
| 4.1.3 Dächer und Decken .....                 | 50        |
| – Dächer gegen Aussenluft .....               | 50        |
| – Decken gegen unbeheizte Räume .....         | 53        |
| <b>4.2 Inhomogene Bauteile .....</b>          | <b>55</b> |
| 4.2.1 Böden .....                             | 55        |
| Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988 .....  | 55        |
| 4.2.2 Wände .....                             | 58        |
| Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988 .....  | 58        |
| 4.2.3 Dächer und Decken .....                 | 60        |
| – Dächer gegen Aussenluft .....               | 60        |
| – Decken gegen unbeheizte Räume               |           |
| Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988 ....   | 62        |

## 4.1 Homogene Bauteile

### 4.1.1 Böden

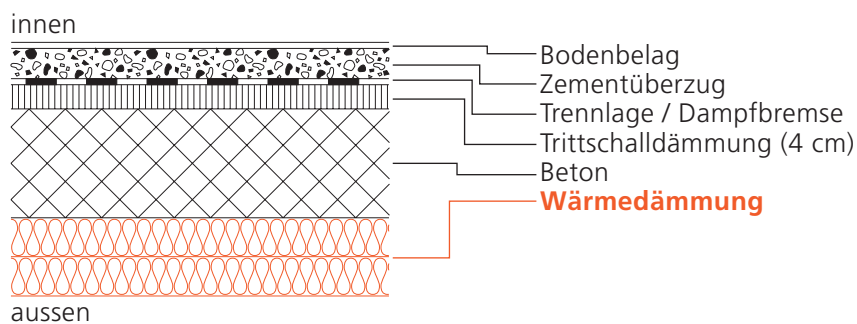
gegen Aussenluft

#### B 1

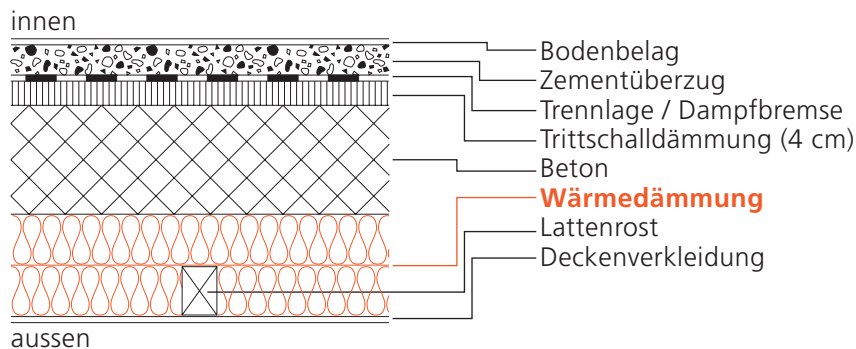


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                      | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                |                        |      |      | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19               |
| 0.045                |                        |      | 0.39 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18               |
| 0.040                |                        |      | 0.35 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16               |
| 0.035                |                        | 0.38 | 0.31 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14               |
| 0.030                |                        | 0.33 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12               |
| 0.025                | 0.36                   | 0.28 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10               |
| 0.020                | 0.30                   | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08               |

#### B 3

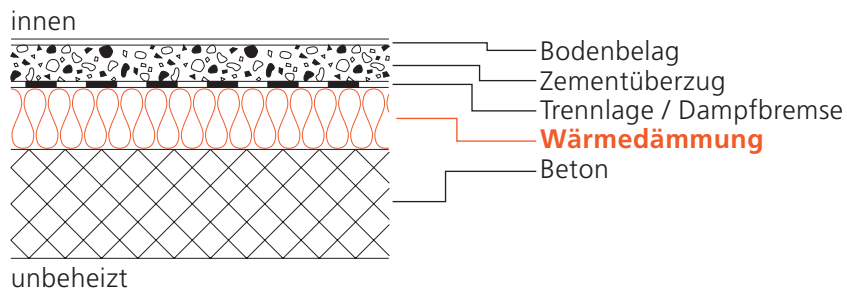


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                         | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                | 0.39                                      | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16               |
| 0.045                | 0.38                                      | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15               |
| 0.040                | 0.35                                      | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14               |
| 0.035                | 0.33                                      | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12               |
| 0.030                | 0.30                                      | 0.25 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               |
| 0.025                | 0.27                                      | 0.22 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               |
| 0.020                | 0.23                                      | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.08               |

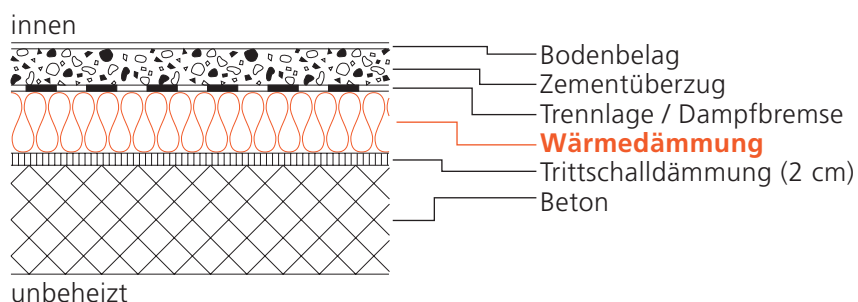
**B 5**

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 6                                         | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   |
| 0.050                | 0.40                                      | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.20 | 0.19               | 0.18 |
| 0.045                | 0.38                                      | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18               | 0.16 |
| 0.040                | 0.36                                      | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16               | 0.15 |
| 0.035                | 0.35                                      | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15               | 0.14 |
| 0.030                | 0.32                                      | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14               | 0.13 |
| 0.025                | 0.30                                      | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12               | 0.11 |
| 0.020                | 0.27                                      | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |

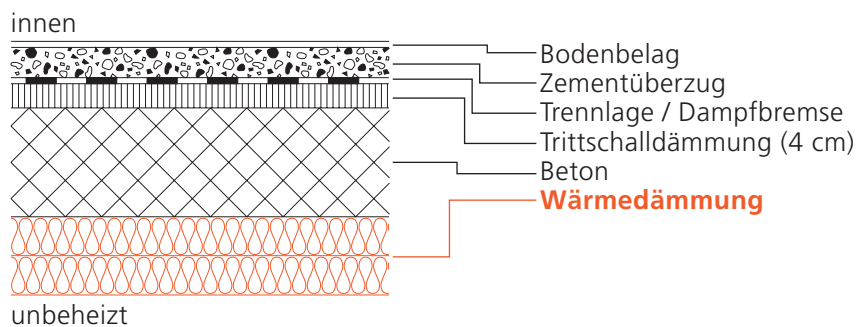
gegen unbeheizte Räume

**B 8**

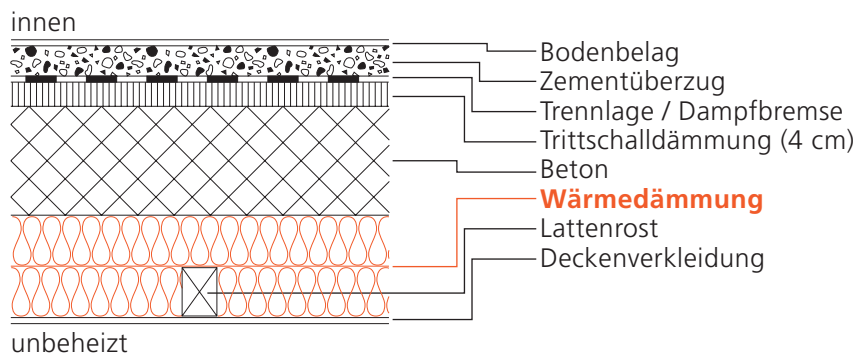
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 6                      | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   |
| 0.050                |                        | 0.49 | 0.41 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21               | 0.19 |
| 0.045                | 0.57                   | 0.45 | 0.38 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.17 |
| 0.040                | 0.52                   | 0.41 | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17               | 0.16 |
| 0.035                | 0.47                   | 0.37 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15               | 0.14 |
| 0.030                | 0.41                   | 0.32 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13               | 0.12 |
| 0.025                | 0.35                   | 0.28 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |
| 0.020                | 0.29                   | 0.23 | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.08 |

**B 9**

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                         | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                | 0.47                                      | 0.40 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17               |
| 0.045                | 0.44                                      | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16               |
| 0.040                | 0.41                                      | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.14               |
| 0.035                | 0.38                                      | 0.31 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13               |
| 0.030                | 0.34                                      | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               |
| 0.025                | 0.30                                      | 0.24 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.10               |
| 0.020                | 0.25                                      | 0.20 | 0.17 | 0.14 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.08               |

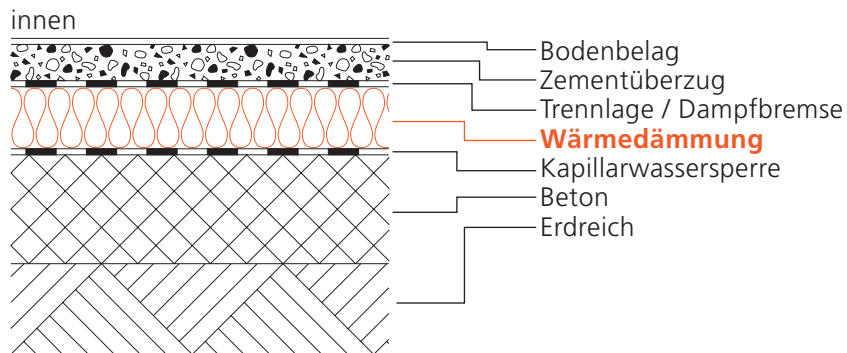
**B 10**

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                         | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                | 0.38                                      | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16               |
| 0.045                | 0.36                                      | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15               |
| 0.040                | 0.34                                      | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13               |
| 0.035                | 0.32                                      | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12               |
| 0.030                | 0.29                                      | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.11               |
| 0.025                | 0.26                                      | 0.22 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               |
| 0.020                | 0.23                                      | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07               |

**B 12**

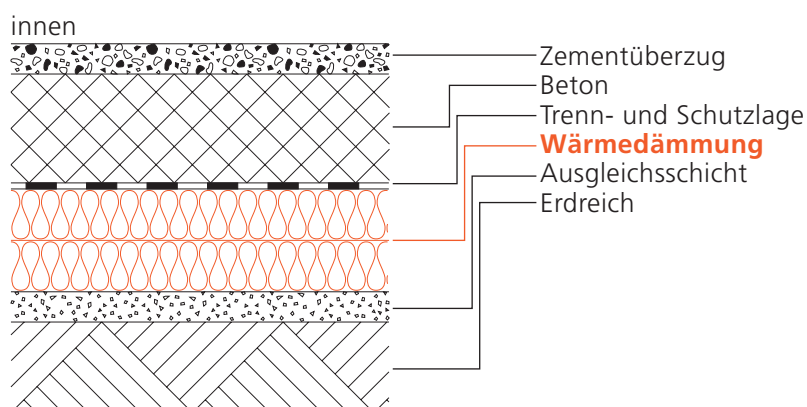
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung) |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |
|----------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|
|                      | 6                                         | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20                 | 22   | 24   |
| 0.050                | 0.39                                      | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.20               | 0.19 | 0.18 |
| 0.045                | 0.37                                      | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19               | 0.18 | 0.17 |
| 0.040                | 0.36                                      | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18               | 0.16 | 0.15 |
| 0.035                | 0.34                                      | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16               | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                | 0.32                                      | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15               | 0.14 | 0.13 |
| 0.025                | 0.29                                      | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13               | 0.12 | 0.12 |
| 0.020                | 0.27                                      | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12               | 0.11 | 0.10 |

gegen Erdreich

**B 14**

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|
|                      | 6                      | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20                 | 22   | 24   |
| 0.050                |                        | 0.53 | 0.44 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.23               | 0.21 | 0.20 |
| 0.045                |                        | 0.48 | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21               | 0.19 | 0.18 |
| 0.040                | 0.56                   | 0.44 | 0.36 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.17 | 0.16 |
| 0.035                | 0.50                   | 0.39 | 0.32 | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.18 | 0.17               | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                | 0.44                   | 0.34 | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14               | 0.13 | 0.12 |
| 0.025                | 0.37                   | 0.29 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12               | 0.11 | 0.10 |
| 0.020                | 0.30                   | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10               | 0.09 | 0.08 |

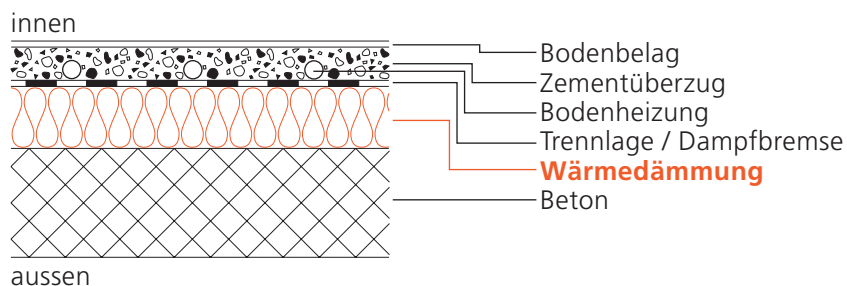
## B 15



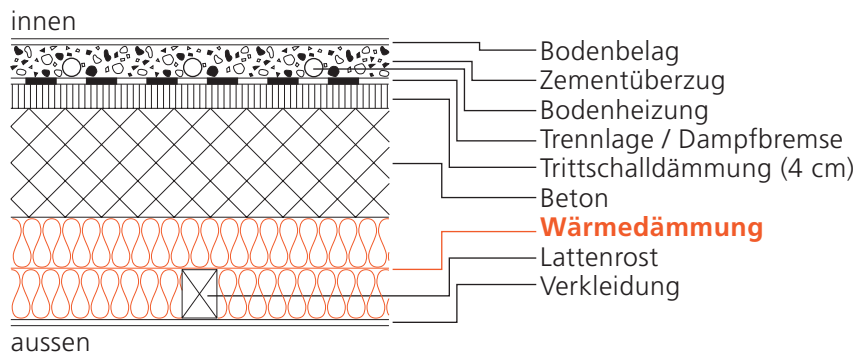
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m² · K) |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
|                      | 6                      | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                   |
| 0.050                |                        | 0.53 | 0.44 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20                 |
| 0.045                |                        | 0.49 | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18                 |
| 0.040                | 0.56                   | 0.44 | 0.36 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16                 |
| 0.035                | 0.50                   | 0.39 | 0.32 | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14                 |
| 0.030                | 0.44                   | 0.34 | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12                 |
| 0.025                | 0.37                   | 0.29 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10                 |
| 0.020                | 0.30                   | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08                 |

mit Fussbodenheizung

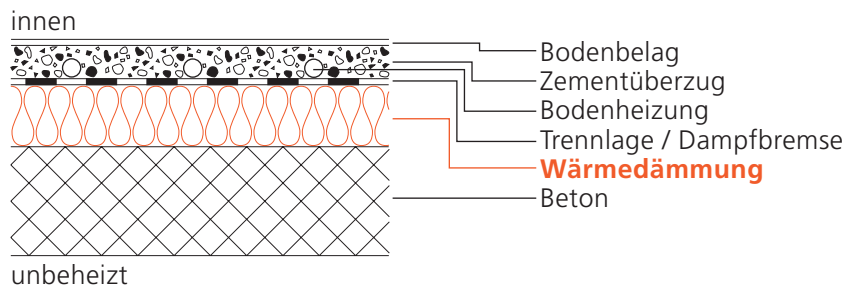
## B 16



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m² · K) |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
|                      | 6                      | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                   |
| 0.050                |                        |      |      | 0.40 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20                 |
| 0.045                |                        |      |      | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18                 |
| 0.040                |                        |      | 0.38 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16                 |
| 0.035                |                        |      | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14                 |
| 0.030                |                        | 0.36 | 0.29 | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12                 |
| 0.025                | 0.40                   | 0.30 | 0.24 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10                 |
| 0.020                | 0.32                   | 0.24 | 0.20 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08                 |

**B 17**

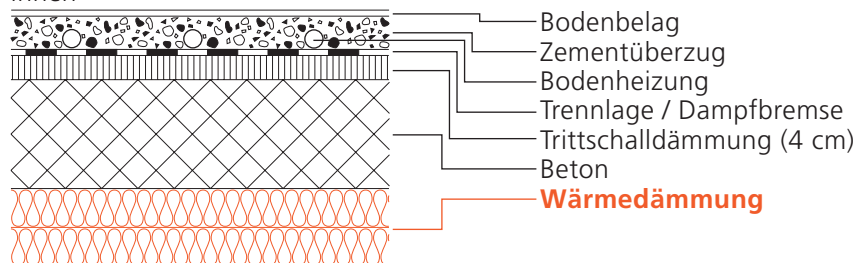
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 6                                         | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   |
| 0.050                |                                           | 0.38 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.20               | 0.19 |
| 0.045                |                                           | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19               | 0.17 |
| 0.040                | 0.40                                      | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17               | 0.16 |
| 0.035                | 0.38                                      | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16               | 0.15 |
| 0.030                | 0.35                                      | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14               | 0.13 |
| 0.025                | 0.32                                      | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13               | 0.12 |
| 0.020                | 0.29                                      | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |

**B 18**

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 6                      | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   |
| 0.050                |                        | 0.55 | 0.45 | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22               | 0.20 |
| 0.045                |                        | 0.50 | 0.41 | 0.35 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.20               | 0.18 |
| 0.040                | 0.58                   | 0.45 | 0.37 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17               | 0.16 |
| 0.035                | 0.52                   | 0.40 | 0.33 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15               | 0.14 |
| 0.030                | 0.45                   | 0.35 | 0.28 | 0.24 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13               | 0.12 |
| 0.025                | 0.38                   | 0.29 | 0.24 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |
| 0.020                | 0.31                   | 0.24 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.08 |

## B 19

innen

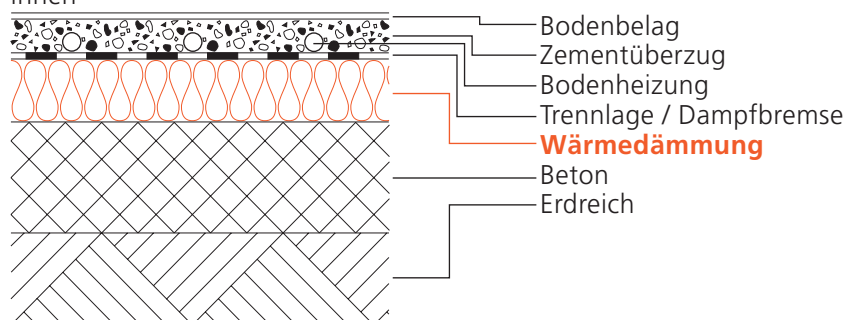


unbeheizt

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |  |
|----------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|--|
|                      | 6                                         | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |  |
| 0.050                | 0.41                                      | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17               |  |
| 0.045                | 0.39                                      | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15               |  |
| 0.040                | 0.37                                      | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14               |  |
| 0.035                | 0.34                                      | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12               |  |
| 0.030                | 0.31                                      | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               |  |
| 0.025                | 0.28                                      | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               |  |
| 0.020                | 0.24                                      | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.08               |  |

## B 20

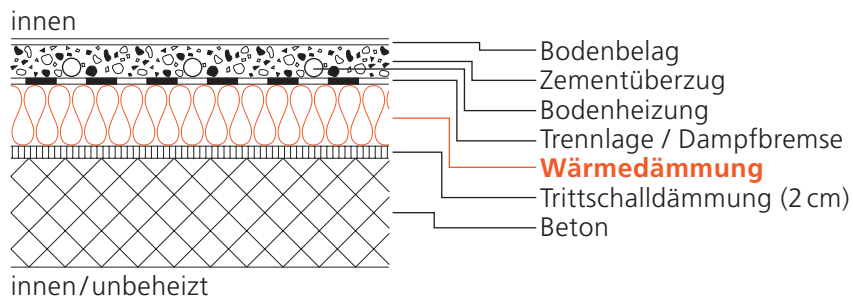
innen



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |  |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|--|
|                      | 6                      | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |  |
| 0.050                |                        | 0.59 | 0.48 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20               |  |
| 0.045                |                        | 0.54 | 0.43 | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18               |  |
| 0.040                |                        | 0.48 | 0.39 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16               |  |
| 0.035                | 0.55                   | 0.42 | 0.34 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14               |  |
| 0.030                | 0.48                   | 0.36 | 0.29 | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12               |  |
| 0.025                | 0.40                   | 0.30 | 0.24 | 0.20 | 0.18 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10               |  |
| 0.020                | 0.32                   | 0.24 | 0.20 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08               |  |



## Ergänzung gegenüber der Ausgabe 1988

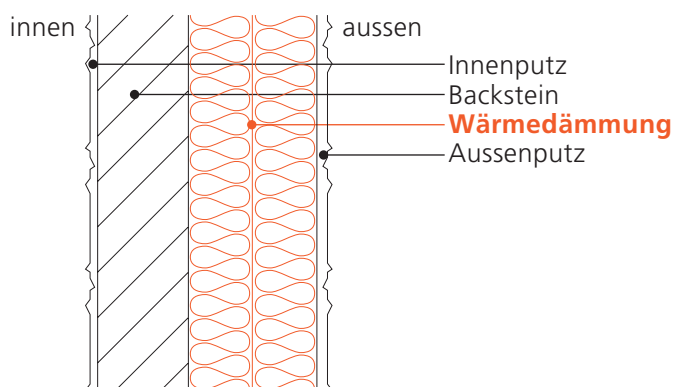
**B 21**

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 6                                         | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   |
| <b>0.050</b>         | 0.52                                      | 0.43 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20               | 0.18 |
| <b>0.045</b>         | 0.49                                      | 0.40 | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18               | 0.17 |
| <b>0.040</b>         | 0.45                                      | 0.37 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16               | 0.15 |
| <b>0.035</b>         | 0.41                                      | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14               | 0.13 |
| <b>0.030</b>         | 0.37                                      | 0.30 | 0.25 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.12               | 0.11 |
| <b>0.025</b>         | 0.32                                      | 0.26 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.11 | 0.11               | 0.10 |
| <b>0.020</b>         | 0.27                                      | 0.21 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09               | 0.08 |

## 4.1.2 Wände

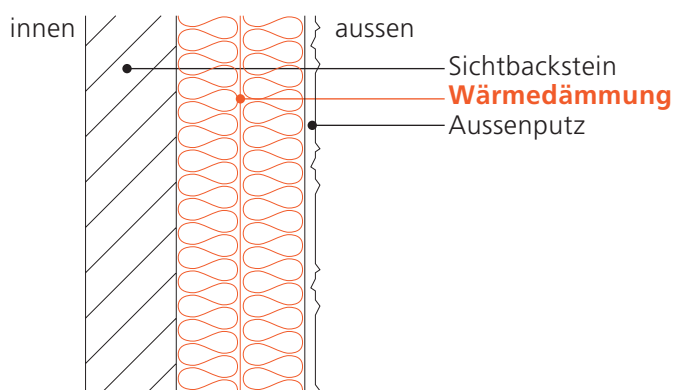
gegen Aussenluft, mit Aussendämmung

## W 1



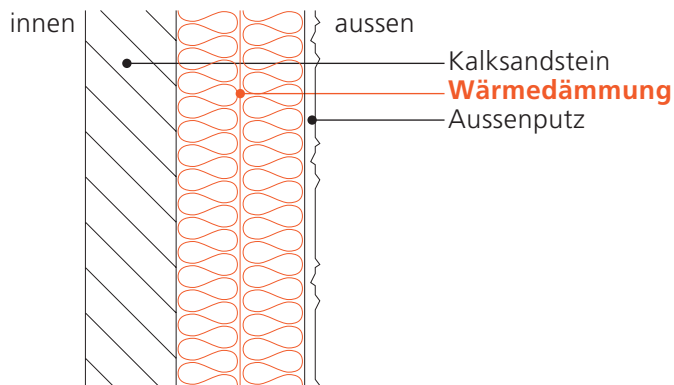
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26                 | 28   |
| 0.050                | 0.39                               | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17               | 0.16 |
| 0.045                | 0.36                               | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16               | 0.15 |
| 0.040                | 0.33                               | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14               | 0.13 |
| 0.035                | 0.29                               | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.13               | 0.12 |
| 0.030                | 0.26                               | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |
| 0.025                | 0.22                               | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.09 |
| 0.020                | 0.18                               | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.07               | 0.07 |

## W 2



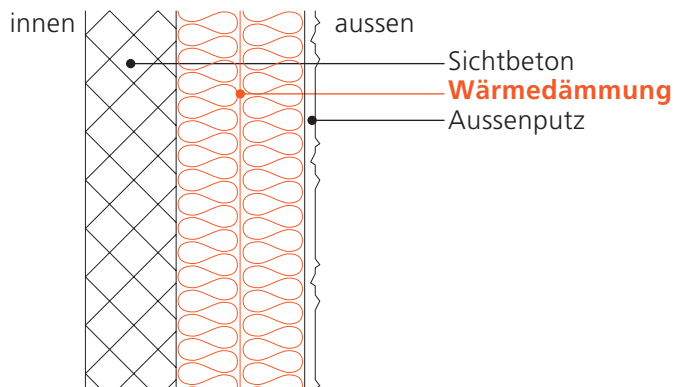
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26                 | 28   |
| 0.050                | 0.40                               | 0.35 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18               | 0.16 |
| 0.045                | 0.37                               | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16               | 0.15 |
| 0.040                | 0.34                               | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14               | 0.13 |
| 0.035                | 0.30                               | 0.26 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13               | 0.12 |
| 0.030                | 0.26                               | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |
| 0.025                | 0.22                               | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.09 |
| 0.020                | 0.18                               | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07               | 0.07 |

### W 3



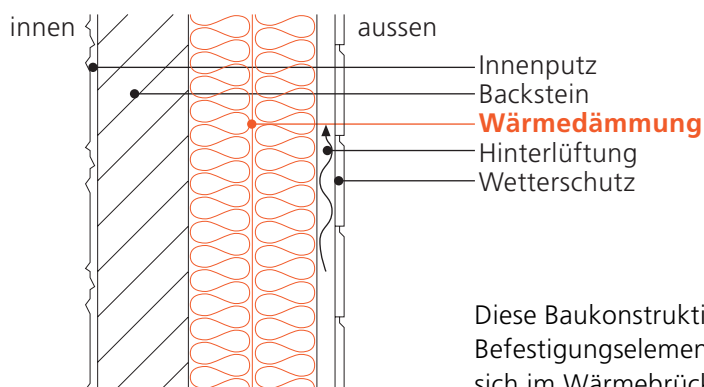
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21               | 0.19 | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.39                               | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.18 | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.35                               | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17               | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.31                               | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15               | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.08 | 0.07 | 0.07 |

### W 4



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.37 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21               | 0.20 | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.40                               | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.18 | 0.17 | 0.15 |
| 0.040                | 0.36                               | 0.31 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17               | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.32                               | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15               | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.28                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.08 | 0.08 | 0.07 |

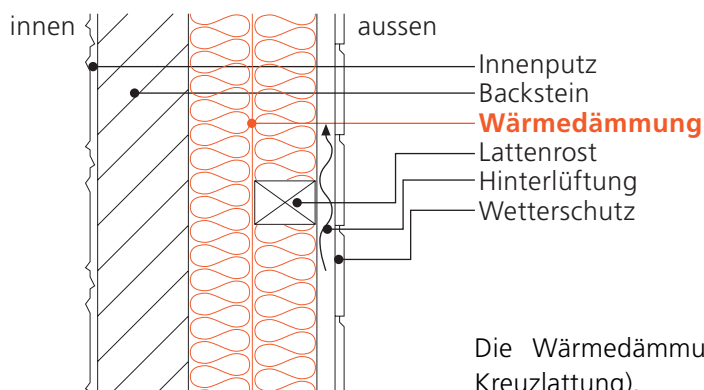
## W 5



Diese Baukonstruktion ist homogen und weist metallische Befestigungselemente auf. Der U-Wert-Zuschlag befindet sich im Wärmebrückenkatalog.

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |                    |
| 0.050                | 0.38                               | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 |                    |
| 0.045                | 0.35                               | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                    |
| 0.040                | 0.32                               | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                    |
| 0.035                | 0.29                               | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.12 |                    |
| 0.030                | 0.25                               | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                    |
| 0.025                | 0.22                               | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 |                    |
| 0.020                | 0.18                               | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.07 |                    |

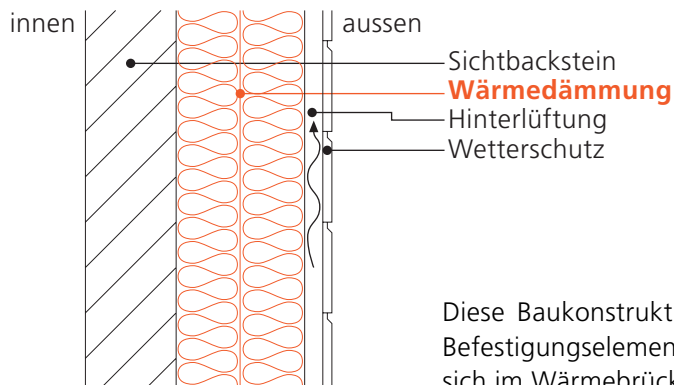
## W 5i



Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |                    |
| 0.050                |                                    | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                    |
| 0.045                | 0.39                               | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |                    |
| 0.040                | 0.36                               | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 |                    |
| 0.035                | 0.33                               | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |                    |
| 0.030                | 0.30                               | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |                    |
| 0.025                | 0.27                               | 0.23 | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |                    |
| 0.020                | 0.24                               | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.10 |                    |

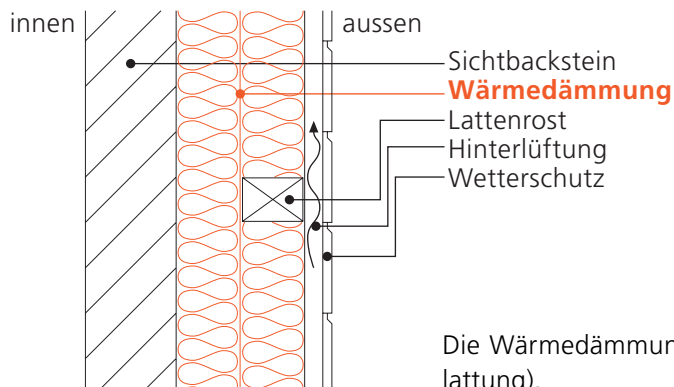
## W 6



Diese Baukonstruktion ist homogen und weist metallische Befestigungselemente auf. Der U-Wert-Zuschlag befindet sich im Wärmebrückenkatalog.

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|---------------------------------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                              | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                | 0.39                               | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20                            | 0.19 | 0.17 | 0.16 |
| 0.045                | 0.36                               | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18                            | 0.17 | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.33                               | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17                            | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| 0.035                | 0.29                               | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15                            | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.26                               | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13                            | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.22                               | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11                            | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.18                               | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.09                            | 0.08 | 0.07 | 0.07 |

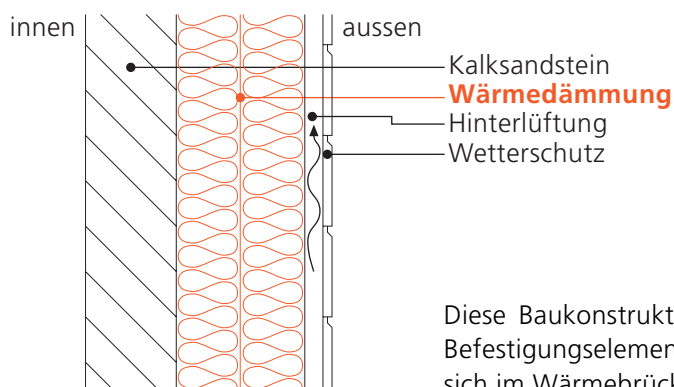
## W 6i



Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|---------------------------------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                              | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.37 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23                            | 0.21 | 0.20 | 0.18 |
| 0.045                | 0.40                               | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21                            | 0.19 | 0.18 | 0.17 |
| 0.040                | 0.37                               | 0.32 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19                            | 0.18 | 0.17 | 0.16 |
| 0.035                | 0.34                               | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18                            | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                | 0.31                               | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16                            | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| 0.025                | 0.28                               | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14                            | 0.13 | 0.12 | 0.11 |
| 0.020                | 0.24                               | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12                            | 0.11 | 0.11 | 0.10 |

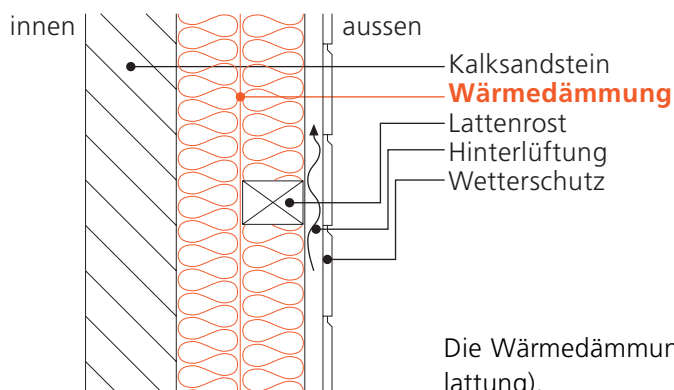
# W 7



Diese Baukonstruktion ist homogen und weist metallische Befestigungselemente auf. Der U-Wert-Zuschlag befindet sich im Wärmebrückenkatalog.

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |                    |
| 0.050                |                                    | 0.36 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |                    |
| 0.045                | 0.38                               | 0.33 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                    |
| 0.040                | 0.34                               | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.14 |                    |
| 0.035                | 0.31                               | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                    |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                    |
| 0.025                | 0.23                               | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 |                    |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.07 |                    |

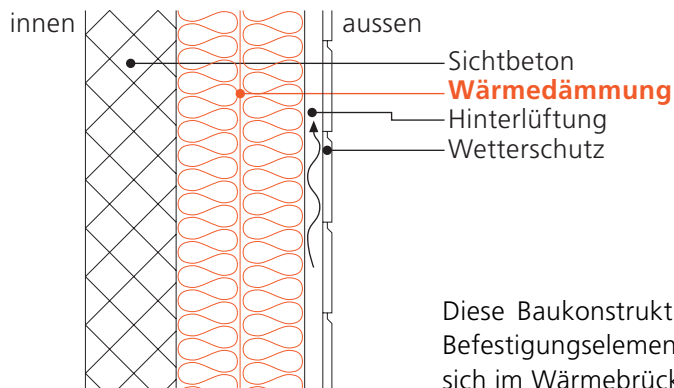
# W 7i



Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |                    |
| 0.050                |                                    |      | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 |                    |
| 0.045                |                                    | 0.38 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                    |
| 0.040                |                                    | 0.35 | 0.31 | 0.27 | 0.25 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 |                    |
| 0.035                | 0.37                               | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                    |
| 0.030                | 0.34                               | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                    |
| 0.025                | 0.30                               | 0.26 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                    |
| 0.020                | 0.26                               | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                    |

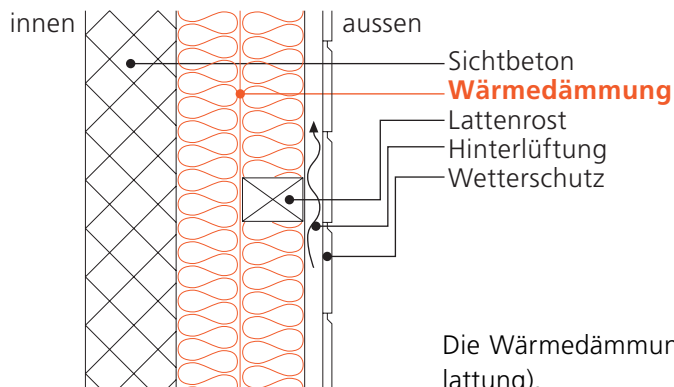
# W 8



Diese Baukonstruktion ist homogen und weist metallische Befestigungselemente auf. Der U-Wert-Zuschlag befindet sich im Wärmebrückenkatalog.

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |  |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------|--|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |                                 |  |
| 0.050                |                                    | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |                                 |  |
| 0.045                | 0.39                               | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 |                                 |  |
| 0.040                | 0.35                               | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |                                 |  |
| 0.035                | 0.31                               | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                                 |  |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                                 |  |
| 0.025                | 0.23                               | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 |                                 |  |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.07 |                                 |  |

# W 8i

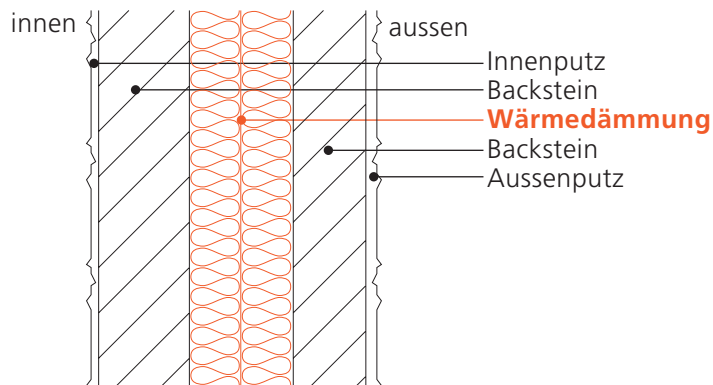


Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |  |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------|--|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |                                 |  |
| 0.050                |                                    |      | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 |                                 |  |
| 0.045                |                                    | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18 |                                 |  |
| 0.040                |                                    | 0.35 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |                                 |  |
| 0.035                | 0.37                               | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                                 |  |
| 0.030                | 0.34                               | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                                 |  |
| 0.025                | 0.30                               | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.13 | 0.12 |                                 |  |
| 0.020                | 0.26                               | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                                 |  |

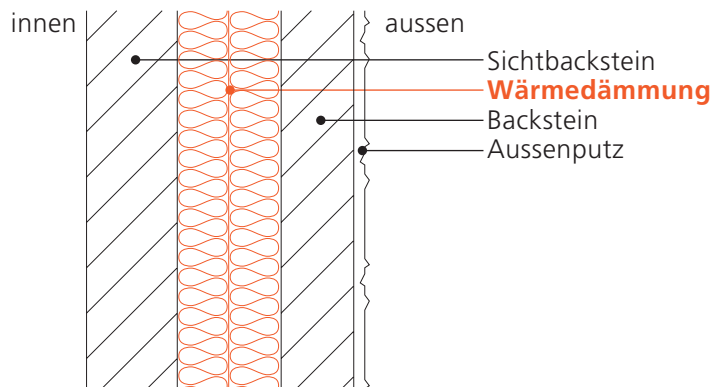
gegen Aussenluft, mit Kerndämmung

## W 9



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                |                                    |      | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18               |
| 0.045                |                                    | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16               |
| 0.040                |                                    | 0.35 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15               |
| 0.035                | 0.39                               | 0.32 | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13               |
| 0.030                | 0.35                               | 0.29 | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               |
| 0.025                | 0.31                               | 0.25 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.10               |
| 0.020                | 0.26                               | 0.21 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.08               |

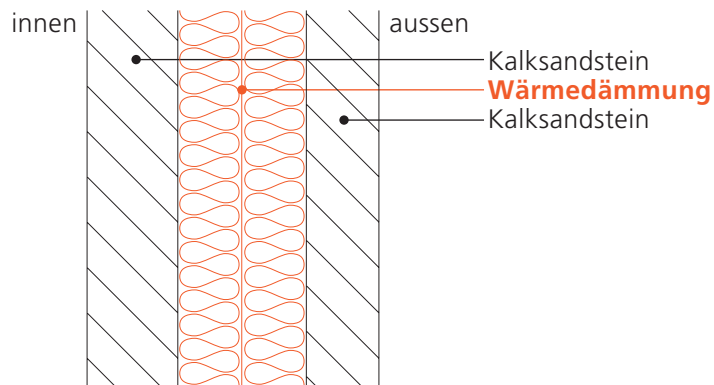
## W 10



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                |                                    |      | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18               |
| 0.045                |                                    | 0.39 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16               |
| 0.040                |                                    | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15               |
| 0.035                |                                    | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13               |
| 0.030                | 0.36                               | 0.29 | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               |
| 0.025                | 0.32                               | 0.25 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.10               |
| 0.020                | 0.27                               | 0.21 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08               |

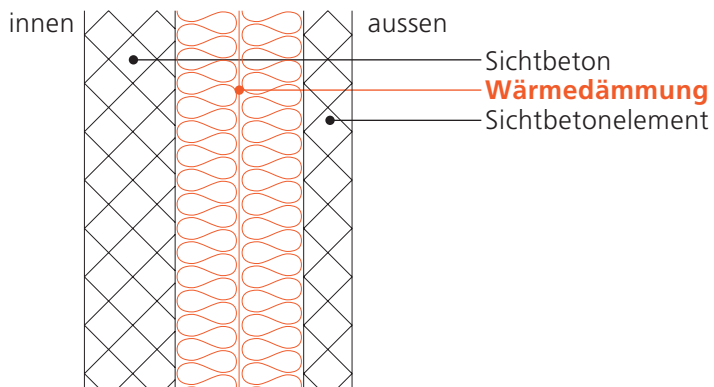


## W 11



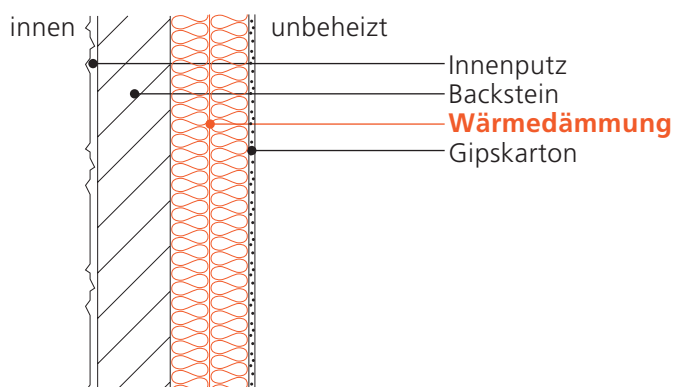
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18                 | 20   | 22   | 24   |
| 0.050                |                                    |      |      | 0.35 | 0.31 | 0.27 | 0.25               | 0.23 | 0.21 | 0.19 |
| 0.045                |                                    |      | 0.38 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23               | 0.20 | 0.19 | 0.17 |
| 0.040                |                                    |      | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.20               | 0.18 | 0.17 | 0.16 |
| 0.035                |                                    | 0.37 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.18               | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                |                                    | 0.32 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.16               | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.025                | 0.35                               | 0.27 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.020                | 0.29                               | 0.23 | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 | 0.09 | 0.08 |

## W 12

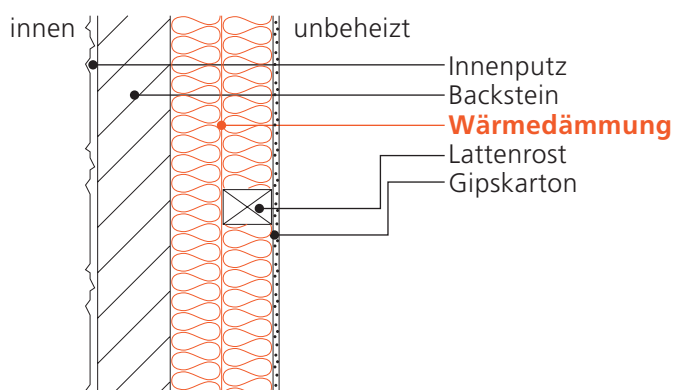


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18                 | 20   | 22   | 24   |
| 0.050                |                                    |      |      | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.26               | 0.23 | 0.21 | 0.20 |
| 0.045                |                                    |      | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.23               | 0.21 | 0.19 | 0.18 |
| 0.040                |                                    |      | 0.36 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21               | 0.19 | 0.17 | 0.16 |
| 0.035                |                                    | 0.39 | 0.32 | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.18               | 0.17 | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                |                                    | 0.34 | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16               | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.025                | 0.37                               | 0.29 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.020                | 0.30                               | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11               | 0.10 | 0.09 | 0.08 |

gegen unbeheizte Räume

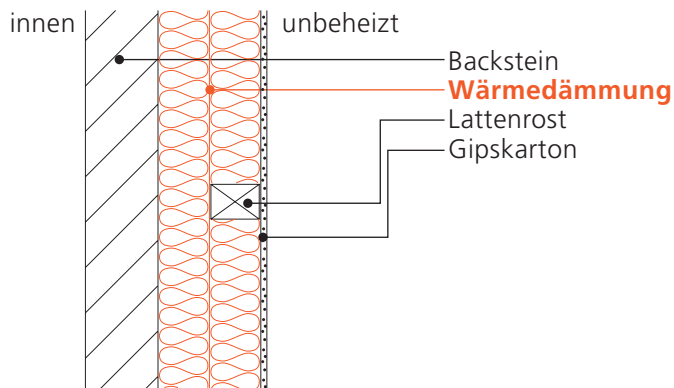
**W 25**

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                | 0.55                               | 0.45 | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18               |
| 0.045                | 0.51                               | 0.42 | 0.35 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17               |
| 0.040                | 0.47                               | 0.38 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15               |
| 0.035                | 0.43                               | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13               |
| 0.030                | 0.38                               | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12               |
| 0.025                | 0.33                               | 0.26 | 0.22 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10               |
| 0.020                | 0.28                               | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08               |

**W 26**

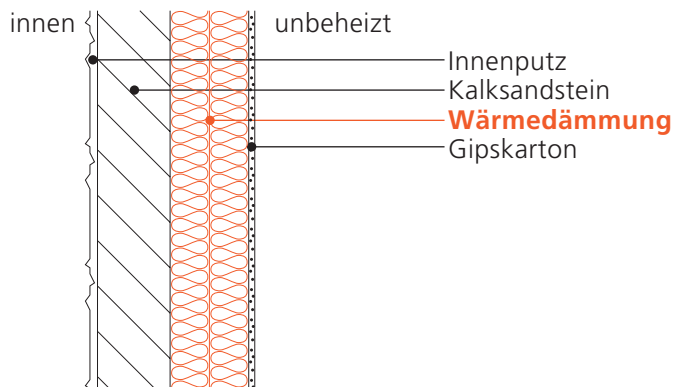
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                | 0.59                               | 0.49 | 0.42 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21               |
| 0.045                | 0.56                               | 0.46 | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19               |
| 0.040                | 0.52                               | 0.43 | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18               |
| 0.035                | 0.49                               | 0.40 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16               |
| 0.030                | 0.44                               | 0.36 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14               |
| 0.025                | 0.40                               | 0.32 | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13               |
| 0.020                | 0.35                               | 0.28 | 0.24 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               |

## W 27



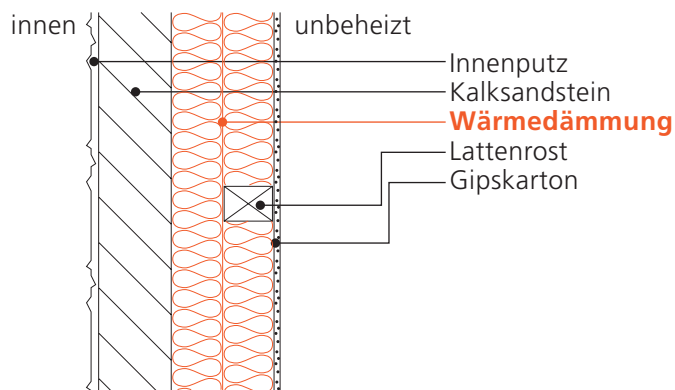
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |                    |
| 0.050                | 0.60                               | 0.49 | 0.42 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21 |                    |
| 0.045                | 0.56                               | 0.46 | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 |                    |
| 0.040                | 0.53                               | 0.43 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                    |
| 0.035                | 0.49                               | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |                    |
| 0.030                | 0.45                               | 0.36 | 0.31 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                    |
| 0.025                | 0.41                               | 0.33 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                    |
| 0.020                | 0.36                               | 0.29 | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |                    |

## W 28



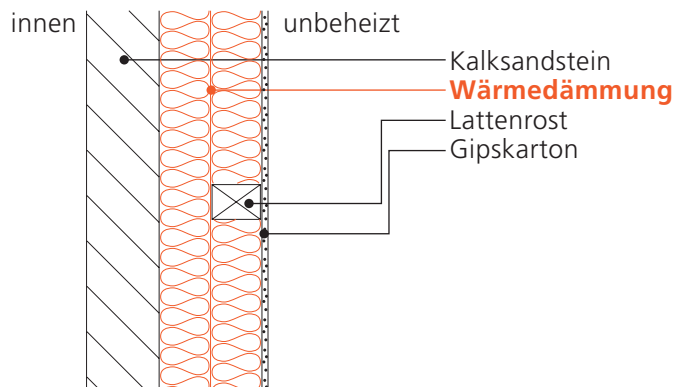
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |                    |
| 0.050                | 0.60                               | 0.48 | 0.40 | 0.35 | 0.31 | 0.27 | 0.25 | 0.22 | 0.21 | 0.19 |                    |
| 0.045                | 0.55                               | 0.44 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 |                    |
| 0.040                | 0.51                               | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 |                    |
| 0.035                | 0.46                               | 0.36 | 0.30 | 0.26 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |                    |
| 0.030                | 0.40                               | 0.32 | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                    |
| 0.025                | 0.35                               | 0.27 | 0.22 | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                    |
| 0.020                | 0.29                               | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 |                    |

## W 29



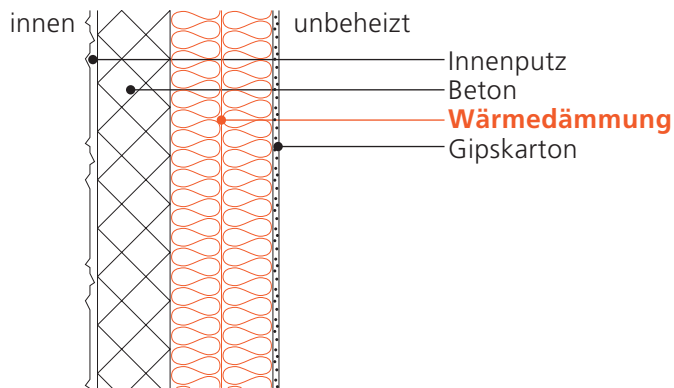
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                |                                    | 0.53 | 0.45 | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.21               |
| 0.045                |                                    | 0.50 | 0.42 | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20               |
| 0.040                | 0.57                               | 0.46 | 0.39 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.18               |
| 0.035                | 0.53                               | 0.42 | 0.35 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17               |
| 0.030                | 0.48                               | 0.38 | 0.32 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15               |
| 0.025                | 0.43                               | 0.34 | 0.29 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13               |
| 0.020                | 0.38                               | 0.30 | 0.25 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11               |

## W 30



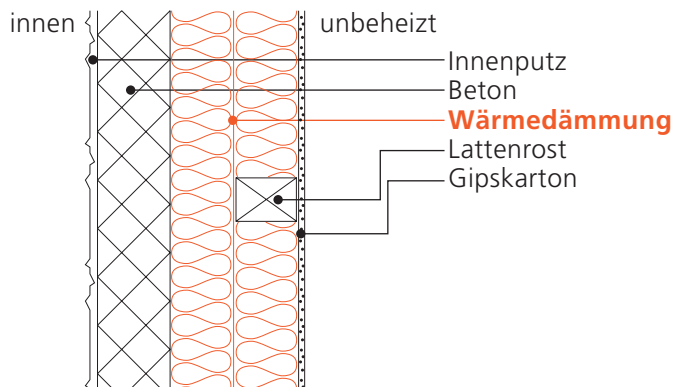
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                |                                    | 0.54 | 0.45 | 0.39 | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21               |
| 0.045                |                                    | 0.50 | 0.42 | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20               |
| 0.040                | 0.58                               | 0.46 | 0.39 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18               |
| 0.035                | 0.53                               | 0.43 | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17               |
| 0.030                | 0.49                               | 0.39 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15               |
| 0.025                | 0.44                               | 0.35 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13               |
| 0.020                | 0.38                               | 0.30 | 0.25 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11               |

## W 31



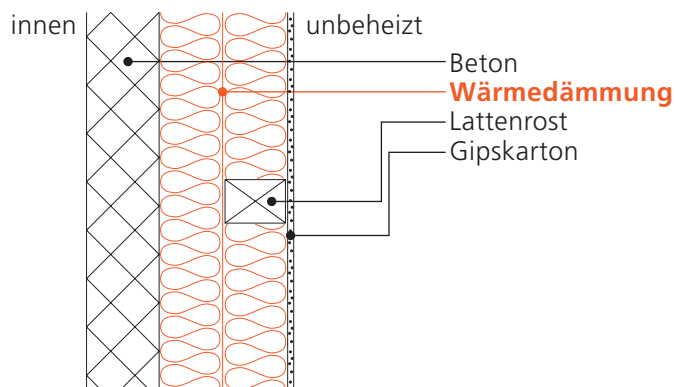
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |                    |
| 0.050                |                                    | 0.49 | 0.41 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 |                    |
| 0.045                | 0.57                               | 0.45 | 0.38 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.19 | 0.17 |                    |
| 0.040                | 0.52                               | 0.41 | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 |                    |
| 0.035                | 0.47                               | 0.37 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |                    |
| 0.030                | 0.41                               | 0.32 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                    |
| 0.025                | 0.35                               | 0.28 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                    |
| 0.020                | 0.29                               | 0.23 | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 |                    |

## W 32



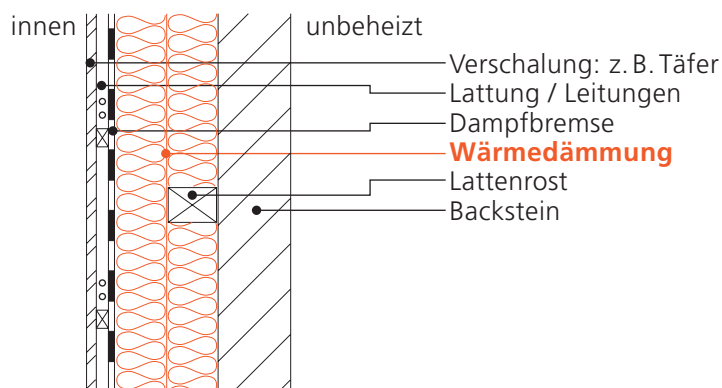
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |                    |
| 0.050                |                                    | 0.54 | 0.45 | 0.39 | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.22 |                    |
| 0.045                |                                    | 0.50 | 0.42 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.22 | 0.20 |                    |
| 0.040                | 0.58                               | 0.47 | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 |                    |
| 0.035                | 0.54                               | 0.43 | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 |                    |
| 0.030                | 0.49                               | 0.39 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 |                    |
| 0.025                | 0.44                               | 0.35 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 |                    |
| 0.020                | 0.38                               | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.12 |                    |

## W 33



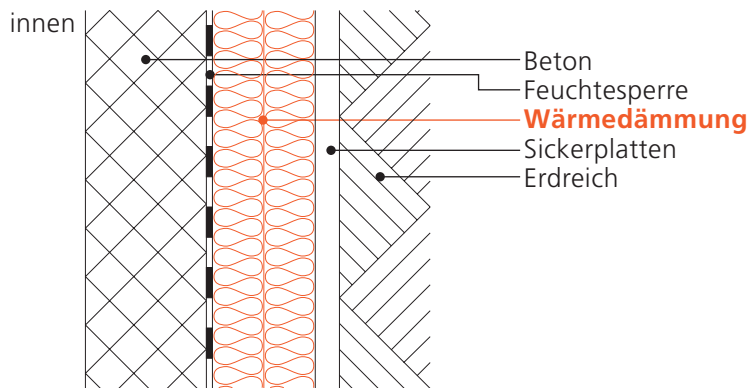
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                |                                    | 0.55 | 0.46 | 0.40 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.22               |
| 0.045                |                                    | 0.51 | 0.43 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20               |
| 0.040                | 0.59                               | 0.47 | 0.40 | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18               |
| 0.035                | 0.54                               | 0.43 | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17               |
| 0.030                | 0.50                               | 0.39 | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15               |
| 0.025                | 0.44                               | 0.35 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13               |
| 0.020                | 0.39                               | 0.31 | 0.25 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12               |

## W 34

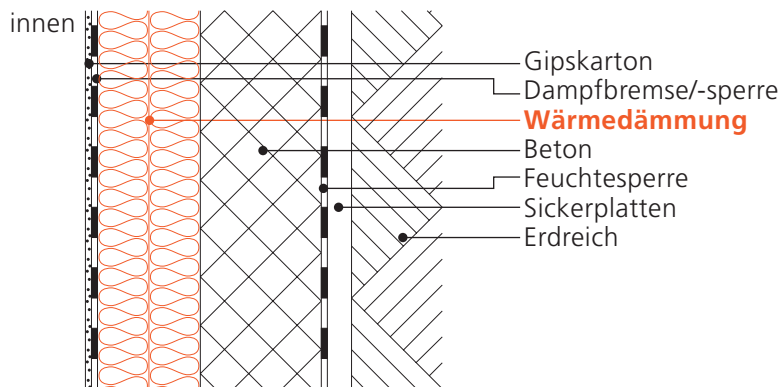


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                | 0.53                               | 0.45 | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.20               |
| 0.045                | 0.51                               | 0.42 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.18               |
| 0.040                | 0.48                               | 0.40 | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17               |
| 0.035                | 0.45                               | 0.37 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16               |
| 0.030                | 0.41                               | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14               |
| 0.025                | 0.37                               | 0.30 | 0.26 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12               |
| 0.020                | 0.33                               | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               |

gegen Erdreich

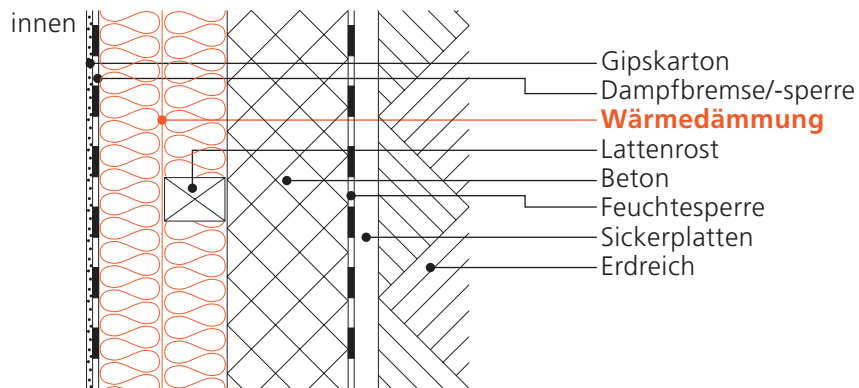
**W 37**

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |  |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------|--|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |                                 |  |
| 0.050                |                                    | 0.54 | 0.45 | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 |                                 |  |
| 0.045                |                                    | 0.50 | 0.41 | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                                 |  |
| 0.040                | 0.57                               | 0.45 | 0.36 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |                                 |  |
| 0.035                | 0.51                               | 0.40 | 0.32 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 |                                 |  |
| 0.030                | 0.45                               | 0.34 | 0.28 | 0.24 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                                 |  |
| 0.025                | 0.38                               | 0.29 | 0.24 | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                                 |  |
| 0.020                | 0.31                               | 0.24 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 |                                 |  |

**W 38**

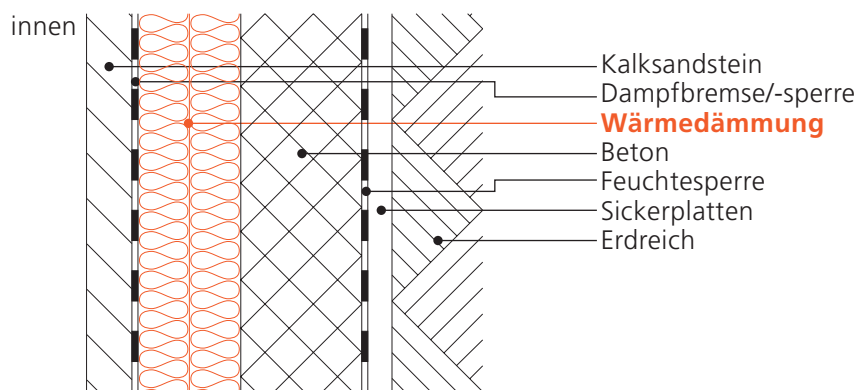
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |  |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------|--|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |                                 |  |
| 0.050                |                                    | 0.52 | 0.43 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 |                                 |  |
| 0.045                | 0.60                               | 0.47 | 0.39 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                                 |  |
| 0.040                | 0.54                               | 0.43 | 0.35 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |                                 |  |
| 0.035                | 0.49                               | 0.38 | 0.31 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 |                                 |  |
| 0.030                | 0.43                               | 0.33 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                                 |  |
| 0.025                | 0.37                               | 0.28 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                                 |  |
| 0.020                | 0.30                               | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08 |                                 |  |

## W 39



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                |                                    | 0.57 | 0.48 | 0.41 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22               |
| 0.045                |                                    | 0.53 | 0.44 | 0.38 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20               |
| 0.040                |                                    | 0.49 | 0.41 | 0.35 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19               |
| 0.035                | 0.57                               | 0.45 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17               |
| 0.030                | 0.52                               | 0.41 | 0.34 | 0.29 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15               |
| 0.025                | 0.46                               | 0.36 | 0.30 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13               |
| 0.020                | 0.40                               | 0.32 | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12               |

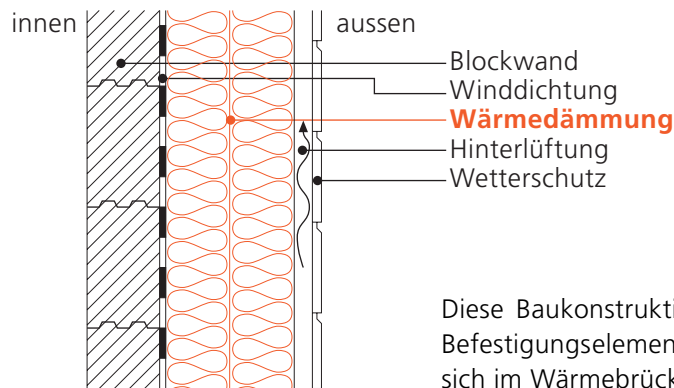
## W 40



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                  | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 |
| 0.050                |                                    | 0.51 | 0.43 | 0.36 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19               |
| 0.045                | 0.60                               | 0.47 | 0.39 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18               |
| 0.040                | 0.54                               | 0.43 | 0.35 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16               |
| 0.035                | 0.49                               | 0.38 | 0.31 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14               |
| 0.030                | 0.43                               | 0.33 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12               |
| 0.025                | 0.36                               | 0.28 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10               |
| 0.020                | 0.30                               | 0.23 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08               |



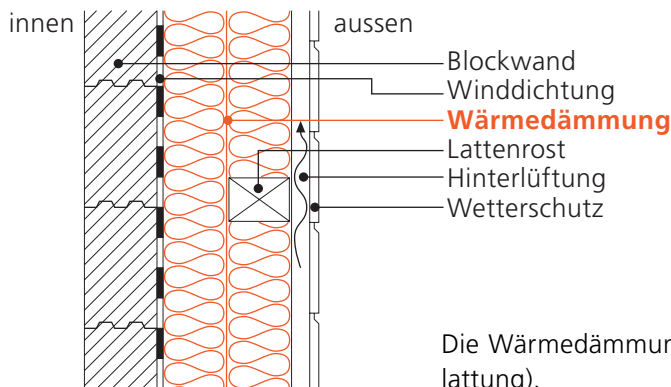
## W 47



Diese Baukonstruktion ist homogen und weist metallische Befestigungselemente auf. Der U-Wert-Zuschlag befindet sich im Wärmebrückenkatalog.

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|---------------------------------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                              | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                | 0.32                               | 0.28 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.18                            | 0.17 | 0.16 | 0.15 |
| 0.045                | 0.30                               | 0.26 | 0.24 | 0.21 | 0.20 | 0.18 | 0.17                            | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.040                | 0.28                               | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15                            | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.035                | 0.25                               | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14                            | 0.13 | 0.12 | 0.11 |
| 0.030                | 0.22                               | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12                            | 0.11 | 0.10 | 0.10 |
| 0.025                | 0.20                               | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10                            | 0.09 | 0.09 | 0.08 |
| 0.020                | 0.16                               | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08                            | 0.08 | 0.07 | 0.07 |

## W 47i



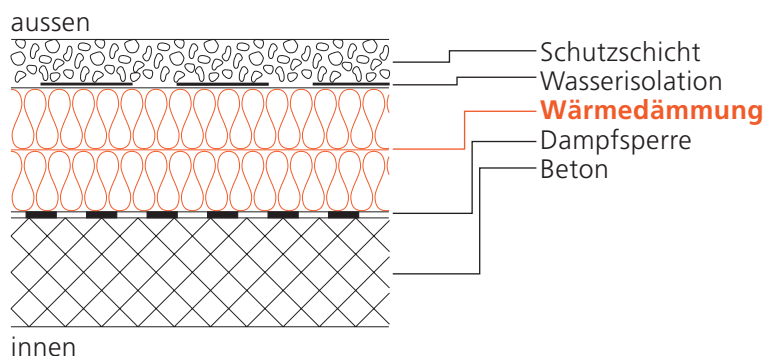
Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|---------------------------------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                              | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                | 0.34                               | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.20                            | 0.19 | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.33                               | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19                            | 0.17 | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.31                               | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17                            | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.28                               | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16                            | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| 0.030                | 0.26                               | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14                            | 0.13 | 0.13 | 0.12 |
| 0.025                | 0.24                               | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13                            | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.020                | 0.21                               | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11                            | 0.10 | 0.10 | 0.09 |

### 4.1.3 Dächer und Decken

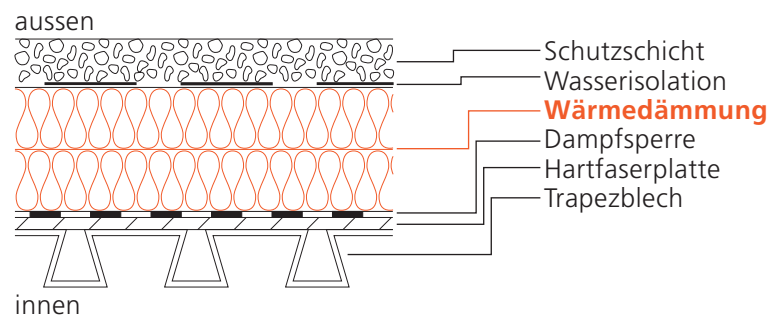
#### Dächer gegen Aussenluft

## D 1



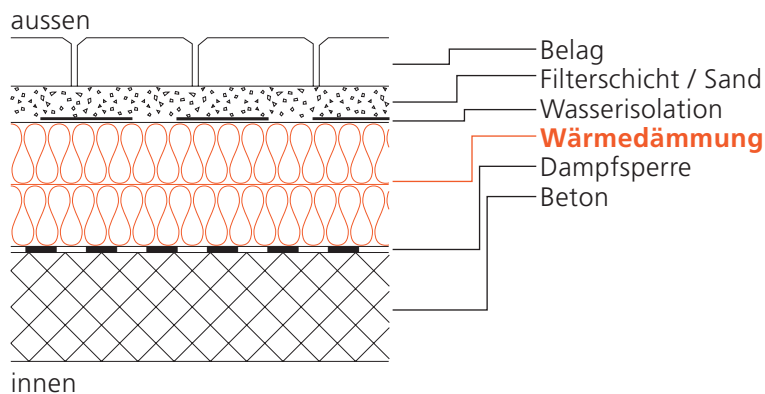
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20                 | 22   | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23               | 0.21 | 0.20 | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.39                               | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21               | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.35                               | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.31                               | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17               | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14               | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12               | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10               | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 |

## D 4



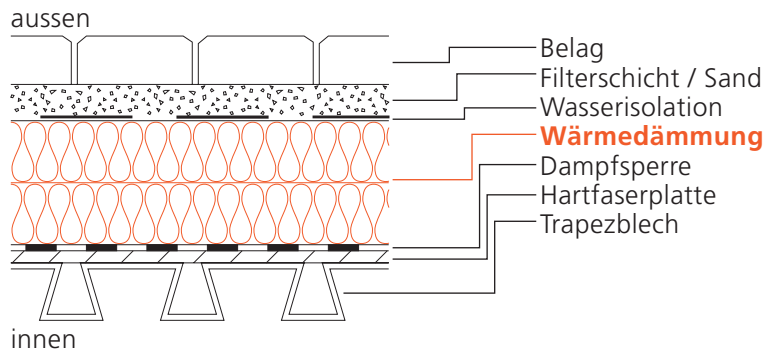
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20                 | 22   | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23               | 0.21 | 0.20 | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.39                               | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21               | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.35                               | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.31                               | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17               | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14               | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12               | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10               | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.07 |

## D 7



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.26 | 0.23 | 0.21               | 0.20 | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.39                               | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.18 | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.35                               | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17               | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.31                               | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15               | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.08 | 0.08 | 0.07 |

## D 8

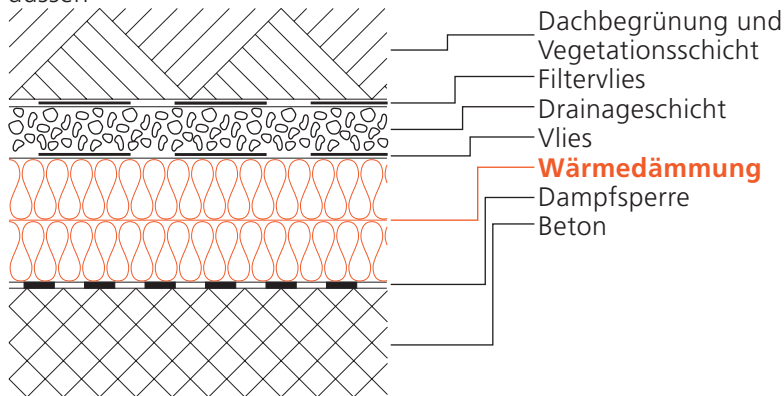


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21               | 0.20 | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.40                               | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.18 | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.36                               | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17               | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.32                               | 0.27 | 0.23 | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15               | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.28                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.08 | 0.08 | 0.07 |

## D 9

### Umkehrdach

aussen

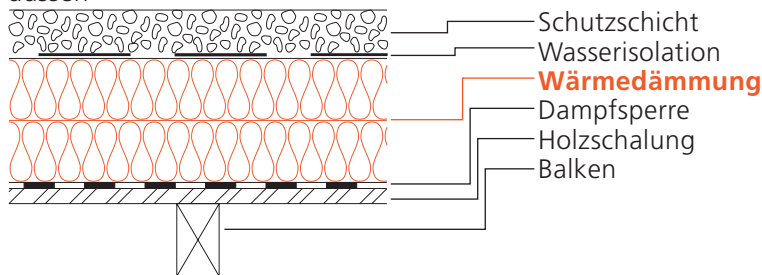


\* Zuschlag von 20% berücksichtigt (Kap. 2.5)

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K)* |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                  | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    |      | 0.38 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23                | 0.21 | 0.20 |
| 0.045                |                                    | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.21                | 0.19 | 0.18 |
| 0.040                |                                    | 0.35 | 0.31 | 0.27 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19                | 0.17 | 0.16 |
| 0.035                | 0.37                               | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17                | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                | 0.32                               | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14                | 0.13 | 0.12 |
| 0.025                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12                | 0.11 | 0.10 |
| 0.020                | 0.22                               | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10                | 0.09 | 0.08 |

## D 10

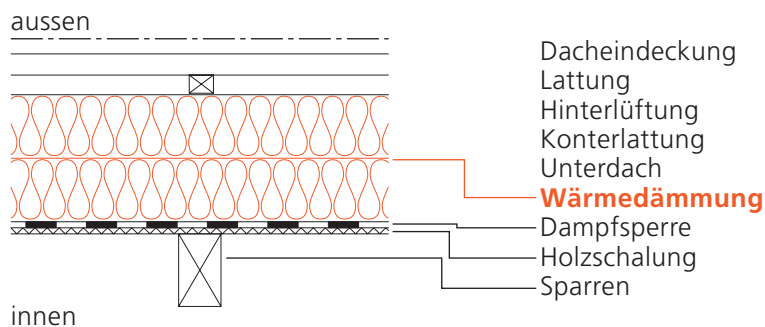
aussen



innen

| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.38                               | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17               | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.34                               | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16               | 0.14 | 0.13 |
| 0.035                | 0.30                               | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14               | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12               | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10               | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.18                               | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08               | 0.07 | 0.07 |

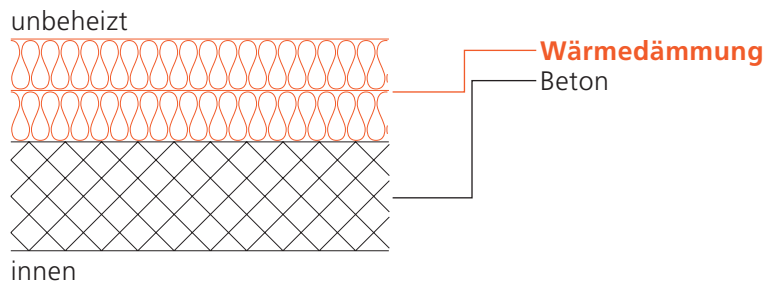
## D 11



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.36 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.38                               | 0.33 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17               | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.34                               | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16               | 0.14 | 0.14 |
| 0.035                | 0.31                               | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14               | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12               | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10               | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08               | 0.07 | 0.07 |

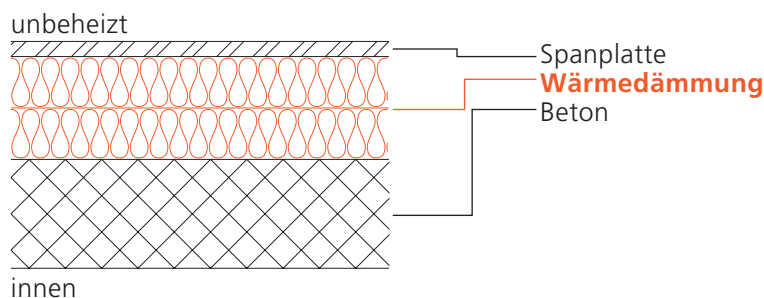
### Decke gegen unbeheizte Räume

## D 12



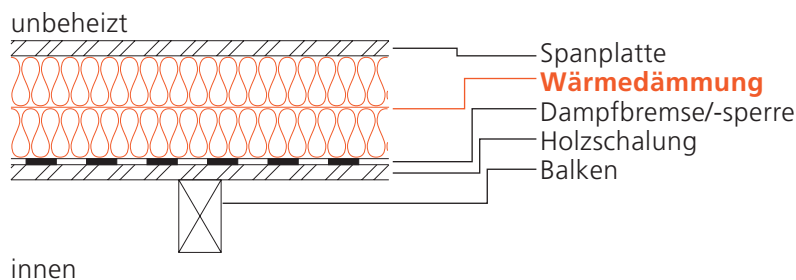
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 | 26   | 28   |
| 0.050                |                                    | 0.36 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.18 | 0.17 |
| 0.045                | 0.38                               | 0.33 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18               | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.35                               | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16               | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.31                               | 0.26 | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14               | 0.13 | 0.12 |
| 0.030                | 0.27                               | 0.23 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12               | 0.11 | 0.10 |
| 0.025                | 0.23                               | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10               | 0.09 | 0.09 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.08               | 0.07 | 0.07 |

## D 13



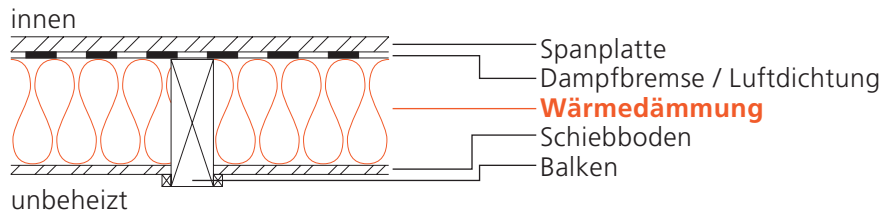
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26                 | 28   |
| 0.050                | 0.39                               | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17               | 0.16 |
| 0.045                | 0.36                               | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16               | 0.15 |
| 0.040                | 0.33                               | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14               | 0.13 |
| 0.035                | 0.30                               | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13               | 0.12 |
| 0.030                | 0.26                               | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |
| 0.025                | 0.22                               | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.09 |
| 0.020                | 0.18                               | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.07               | 0.07 |

## D 15



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 10                                 | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26                 | 28   |
| 0.050                | 0.39                               | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17               | 0.16 |
| 0.045                | 0.36                               | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16               | 0.15 |
| 0.040                | 0.33                               | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14               | 0.13 |
| 0.035                | 0.29                               | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.13               | 0.12 |
| 0.030                | 0.26                               | 0.22 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |
| 0.025                | 0.22                               | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.09               | 0.09 |
| 0.020                | 0.18                               | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.07               | 0.07 |

## Bi 2



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 6                      | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   |
| 0.050                |                        | 0.56 | 0.47 | 0.41 | 0.37 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.25               | 0.23 |
| 0.045                |                        | 0.53 | 0.45 | 0.39 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.26 | 0.24               | 0.22 |
| 0.040                |                        | 0.50 | 0.42 | 0.37 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22               | 0.21 |
| 0.035                | 0.57                   | 0.47 | 0.40 | 0.34 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.22 | 0.21               | 0.19 |
| 0.030                | 0.53                   | 0.43 | 0.37 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19               | 0.18 |
| 0.025                | 0.49                   | 0.40 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17               | 0.16 |
| 0.020                | 0.45                   | 0.36 | 0.31 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16               | 0.15 |

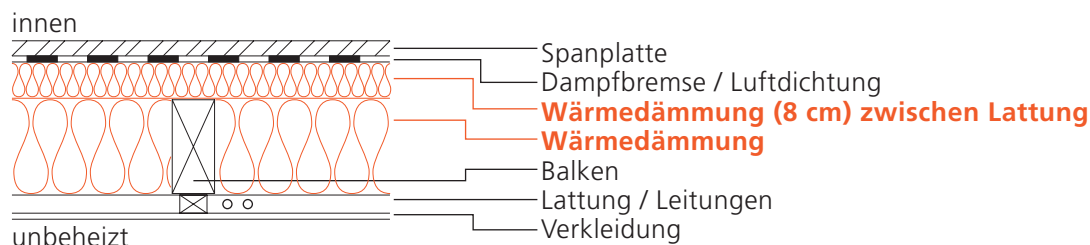
## Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988

## Bi 3



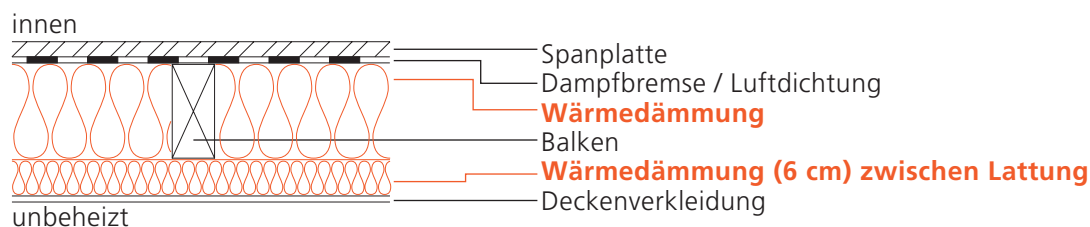
| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 6                                             | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   |
| 0.050                | 0.40                                          | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19               | 0.18 |
| 0.045                | 0.37                                          | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18               | 0.17 |
| 0.040                | 0.35                                          | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.16               | 0.15 |
| 0.035                | 0.32                                          | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15               | 0.14 |
| 0.030                | 0.30                                          | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14               | 0.13 |
| 0.025                | 0.27                                          | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12               | 0.12 |
| 0.020                | 0.24                                          | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |

## Bi 4



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                             | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |                    |
| 0.050                | 0.35                                          | 0.32 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |                    |
| 0.045                | 0.33                                          | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 |                    |
| 0.040                | 0.31                                          | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.15 |                    |
| 0.035                | 0.29                                          | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                    |
| 0.030                | 0.27                                          | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                    |
| 0.025                | 0.24                                          | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |                    |
| 0.020                | 0.22                                          | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.10 |                    |

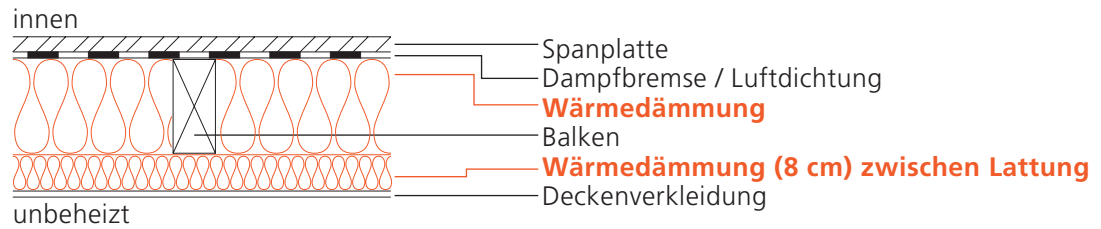
## Bi 5



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 6                                             | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |                    |
| 0.050                |                                               | 0.37 | 0.34 | 0.30 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 |                    |
| 0.045                | 0.40                                          | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                    |
| 0.040                | 0.37                                          | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |                    |
| 0.035                | 0.34                                          | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                    |
| 0.030                | 0.31                                          | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |                    |
| 0.025                | 0.27                                          | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |                    |
| 0.020                | 0.24                                          | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |                    |

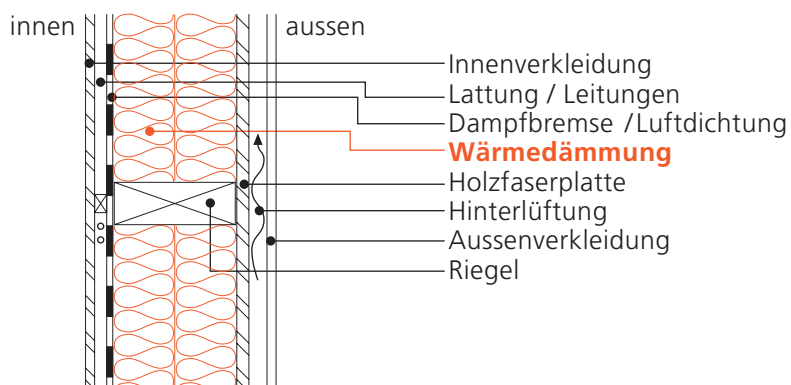


## Bi 6



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|
|                      | 6                                             | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22                 | 24   |
| <b>0.050</b>         | 0.37                                          | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.20 | 0.19               | 0.18 |
| <b>0.045</b>         | 0.34                                          | 0.31 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18               | 0.17 |
| <b>0.040</b>         | 0.32                                          | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17               | 0.16 |
| <b>0.035</b>         | 0.29                                          | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15               | 0.14 |
| <b>0.030</b>         | 0.26                                          | 0.24 | 0.21 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14               | 0.13 |
| <b>0.025</b>         | 0.24                                          | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12               | 0.12 |
| <b>0.020</b>         | 0.21                                          | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11               | 0.10 |

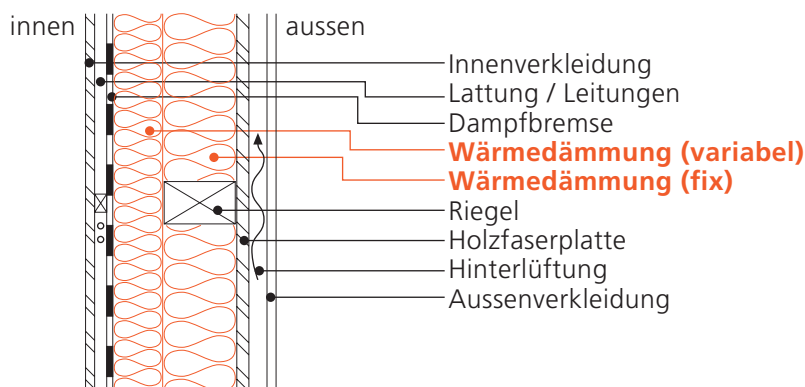
## Wi 1



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m² · K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
|                      | 12                                 | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   | 30   |                      |
| 0.050                | 0.37                               | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 |                      |
| 0.045                | 0.35                               | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |                      |
| 0.040                | 0.33                               | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                      |
| 0.035                | 0.30                               | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |                      |
| 0.030                | 0.28                               | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                      |
| 0.025                | 0.25                               | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.12 |                      |
| 0.020                | 0.22                               | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.10 |                      |

## Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988

## Wi 2

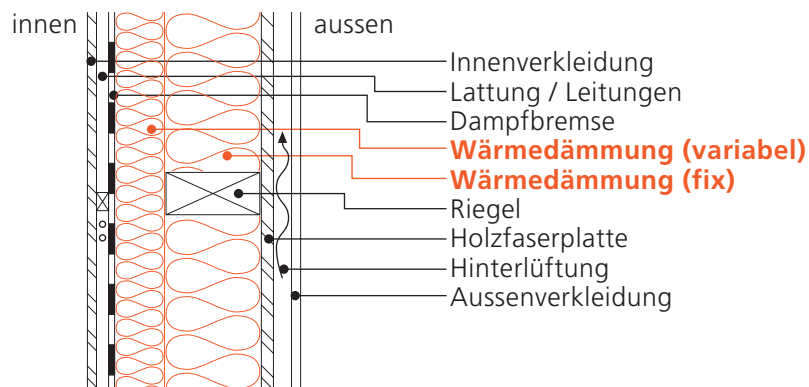


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m² · K) |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
|                      | 4                                             | 6    | 8    | 10   | 12   | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   |                      |
| 0.050                | 0.31                                          | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 |                      |
| 0.045                | 0.29                                          | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 |                      |
| 0.040                | 0.27                                          | 0.25 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.25 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                      |
| 0.035                | 0.25                                          | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |                      |
| 0.030                | 0.23                                          | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                      |
| 0.025                | 0.21                                          | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 |                      |
| 0.020                | 0.18                                          | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                      |

Fixe Schicht: 12 cm Wärmedämmung

Fixe Schicht: 14 cm Wärmedämmung

# Wi 3



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |      |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|
|                      | 4                                             | 6    | 8    | 10   | 12   | 4                  | 6    | 8    | 10   | 12   |
| 0.050                | 0.25                                          | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.23               | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 |
| 0.045                | 0.23                                          | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.21               | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |
| 0.040                | 0.21                                          | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.20               | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |
| 0.035                | 0.20                                          | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.18               | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                | 0.18                                          | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.16               | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| 0.025                | 0.16                                          | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.14               | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11 |
| 0.020                | 0.14                                          | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.10 |

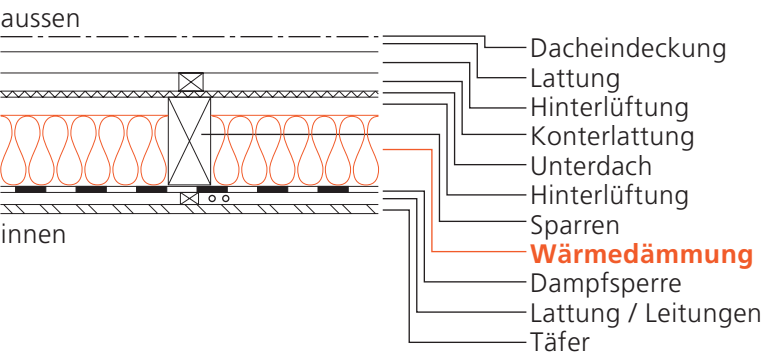
Fixe Schicht: 16 cm Wärmedämmung

Fixe Schicht: 18 cm Wärmedämmung

4.2.3 Dächer und Decken

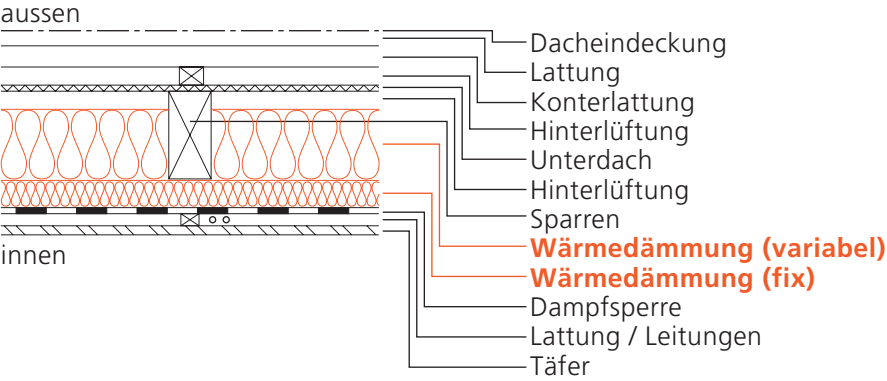
Dächer gegen Aussenluft

Di 1



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m² · K) |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
|                      | 10                     | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |                      |
| 0.050                |                        | 0.40 | 0.35 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.20 |                      |
| 0.045                |                        | 0.37 | 0.33 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                      |
| 0.040                | 0.40                   | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |                      |
| 0.035                | 0.37                   | 0.32 | 0.29 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 |                      |
| 0.030                | 0.34                   | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |                      |
| 0.025                | 0.31                   | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                      |
| 0.020                | 0.28                   | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |                      |

Di 2

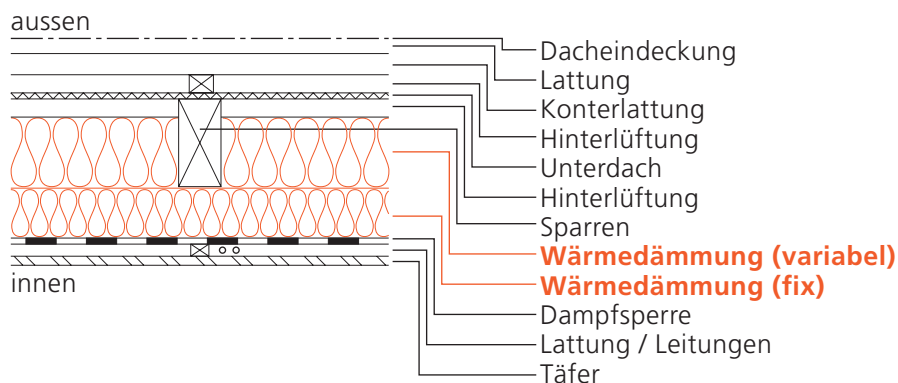


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m² · K) |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
|                      | 12                                            | 14   | 16   | 18   | 20   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   |                      |
| 0.050                | 0.32                                          | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.21 |                      |
| 0.045                | 0.30                                          | 0.27 | 0.24 | 0.23 | 0.21 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 |                      |
| 0.040                | 0.27                                          | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.25 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |                      |
| 0.035                | 0.25                                          | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 |                      |
| 0.030                | 0.23                                          | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                      |
| 0.025                | 0.20                                          | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                      |
| 0.020                | 0.18                                          | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.12 |                      |

Fixe Schicht: 4 cm Wärmedämmung

Fixe Schicht: 6 cm Wärmedämmung

## Di 3

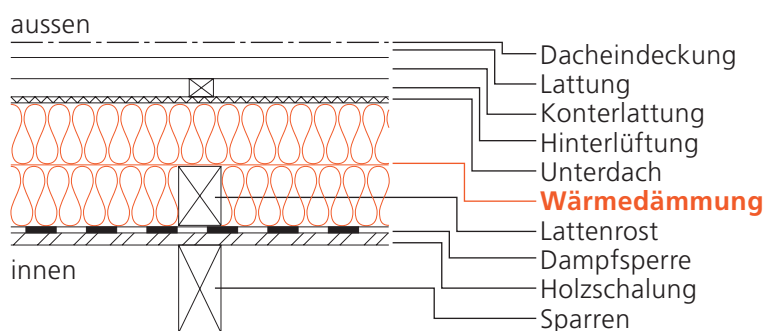


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |      |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|
|                      | 12                                            | 14   | 16   | 18   | 20   | 12                 | 14   | 16   | 18   | 20   |
| 0.050                | 0.26                                          | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.24               | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |
| 0.045                | 0.24                                          | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.22               | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |
| 0.040                | 0.22                                          | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.20               | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 |
| 0.035                | 0.20                                          | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.19               | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                | 0.18                                          | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.17               | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| 0.025                | 0.16                                          | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.15               | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |
| 0.020                | 0.14                                          | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.10 |

Fixe Schicht: 8 cm Wärmedämmung

Fixe Schicht: 10 cm Wärmedämmung

## Di 4

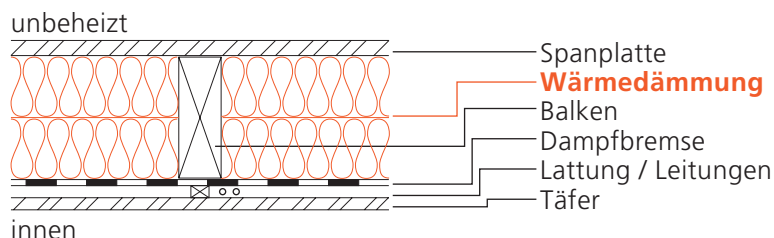


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |      |      |      |      |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|
|                      | 14                                 | 16   | 18   | 20   | 22   | 24                 | 26   | 28   | 30   | 32   |
| 0.050                | 0.34                               | 0.30 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21               | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |
| 0.045                | 0.32                               | 0.28 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.20               | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |
| 0.040                | 0.29                               | 0.26 | 0.24 | 0.21 | 0.20 | 0.18               | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.035                | 0.27                               | 0.24 | 0.21 | 0.20 | 0.18 | 0.17               | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |
| 0.030                | 0.24                               | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15               | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |
| 0.025                | 0.21                               | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13               | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.10 |
| 0.020                | 0.19                               | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11               | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 |

## Decken gegen unbeheizte Räume

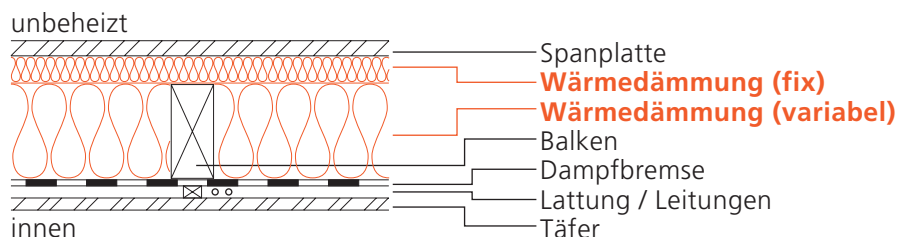
## Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988

## Di 8



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (insgesamt) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 12                                 | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   | 30   |                    |
| 0.050                | 0.38                               | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18 |                    |
| 0.045                | 0.36                               | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 |                    |
| 0.040                | 0.34                               | 0.30 | 0.27 | 0.24 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 |                    |
| 0.035                | 0.31                               | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |                    |
| 0.030                | 0.29                               | 0.25 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                    |
| 0.025                | 0.26                               | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |                    |
| 0.020                | 0.23                               | 0.21 | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.11 |                    |

## Di 9

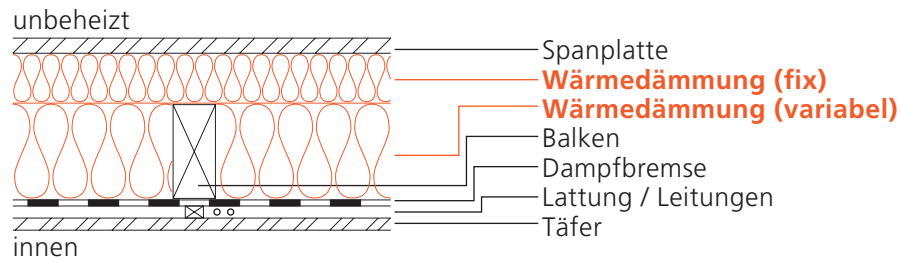


| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | U-Wert in W/(m²·K) |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
|                      | 12                                            | 14   | 16   | 18   | 20   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   |                    |
| 0.050                | 0.31                                          | 0.28 | 0.25 | 0.24 | 0.22 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.20 |                    |
| 0.045                | 0.29                                          | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 |                    |
| 0.040                | 0.27                                          | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 |                    |
| 0.035                | 0.24                                          | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 |                    |
| 0.030                | 0.22                                          | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.20 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |                    |
| 0.025                | 0.20                                          | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.18 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |                    |
| 0.020                | 0.18                                          | 0.16 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |                    |

Fixe Schicht: 4 cm Wärmedämmung

Fixe Schicht: 6 cm Wärmedämmung

## Di 10



| $\lambda$<br>W/(m·K) | Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht) |      |      |      |      | U-Wert in W/(m <sup>2</sup> ·K) |      |      |      |      |
|----------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                      | 12                                            | 14   | 16   | 18   | 20   | 12                              | 14   | 16   | 18   | 20   |
| 0.050                | 0.25                                          | 0.23 | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.23                            | 0.21 | 0.20 | 0.19 | 0.18 |
| 0.045                | 0.23                                          | 0.22 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.22                            | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.16 |
| 0.040                | 0.22                                          | 0.20 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.20                            | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 |
| 0.035                | 0.20                                          | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.18                            | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.14 |
| 0.030                | 0.18                                          | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.16                            | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |
| 0.025                | 0.16                                          | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.15                            | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |
| 0.020                | 0.14                                          | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.13                            | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.10 |

Fixe Schicht: 8 cm Wärmedämmung

Fixe Schicht: 10 cm Wärmedämmung





# 5 Fenster und Türen

**Das Fenster stellt die Baukonstruktion dar, welche in den letzten zehn bis fünfzehn Jahren energetisch die meisten Verbesserungen erreicht hat. In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie der  $U$ -Wert selber berechnet werden kann. Als Hilfsmittel dient die Tabelle zur Bestimmung der  $U$ -Werte von Fenstern mit unterschiedlichen Rahmenanteilen. Ergänzt wird dieses Kapitel mit einer  $U$ -Wert-Tabelle einiger Türkonstruktionen.**

Diese Angaben ersetzen das bisherige Merkblatt « $k$ -Werte und  $g$ -Werte von Fenstern» aus dem Jahr 1995.

Der Markt bietet eine riesige Vielfalt an Gläsern, Rahmenkonstruktionen und -materialien sowie Abstandhaltern. Sofern keine detaillierten Produkteangaben vorliegen, sind jeweils die maximalen Werte einzusetzen. In der Tabelle zur Bestimmung der  $U$ -Werte wird speziell darauf hingewiesen.

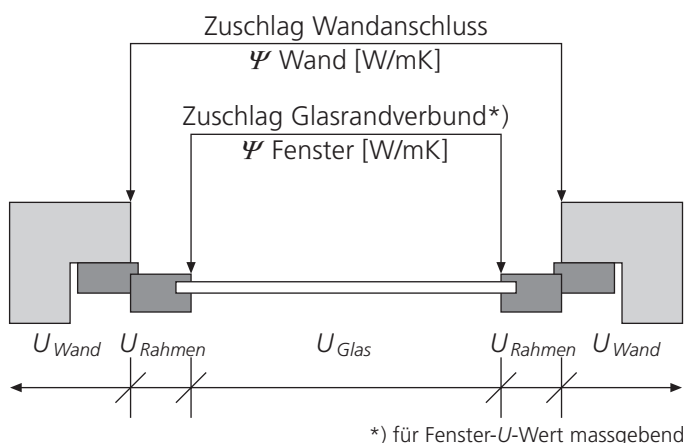
|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5.1 Fenster .....</b>                                                | <b>66</b> |
| 5.1.1 Grundlagen zur Berechnung des<br>Fenster- $U$ -Wertes $U_w$ ..... | 66        |
| 5.1.2 Rahmen- $U$ -Wert $U_f$ .....                                     | 66        |
| 5.1.3 Glasrandverbund .....                                             | 66        |
| 5.1.4 Fenster- $g$ -Wert .....                                          | 66        |
| 5.1.5 Tabelle zur Bestimmung der Fenster- $U$ -Werte .....              | 67        |
| 5.1.6 Wahl des Fensters .....                                           | 67        |
| 5.1.7 Weitere Hinweise .....                                            | 67        |
| 5.1.8 Beispiele .....                                                   | 68        |
| <b>5.2 Türen .....</b>                                                  | <b>69</b> |

## 66 5.1 Fenster

Ein Fenster stellt eine inhomogene Konstruktion mit örtlich unterschiedlichen Wärmedämmeigenschaften dar. Die  $U$ -Werte von Rahmen und Glas mit vorwiegend eindimensionalem Wärmedurchgangsverhalten gehen flächengewichtet in die Berechnung ein; der Glasrandverbund wird mit einem Perimeterzuschlag versehen.

### 5.1.1 Grundlagen zur Berechnung des Fenster- $U$ -Wertes $U_w$

Für die Bestimmung des Fenster- $U$ -Wertes ist die Netto-Abmessung des Fensters zu verwenden.



**Bild 10**

Teilbereiche des Fensters

Der  $U$ -Wert eines Fensters  $U_w$  wird wie folgt berechnet:

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

- $U_f$   $U$ -Wert des Rahmens in  $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
- $A_f$  Projektionsfläche des Rahmens in  $\text{m}^2$
- $U_g$   $U$ -Wert des Glases in  $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
- $A_g$  Projektionsfläche des Glases in  $\text{m}^2$
- $\Psi_g$  längenbezogener Durchgangskoeffizient des Glasrandverbunds (bezüglich Glas-Lichtmass) in  $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$
- $l_g$  Perimeterlänge des Glasrands in  $\text{m}$
- $A_w$  Projektionsfläche des Fensters in  $\text{m}^2$

### 5.1.2 Rahmen- $U$ -Wert $U_f$

Die  $U_f$ -Werte umfassen in der Praxis eine grosse Spannbreite. Liegen keine überwachten Angaben vor, so sind folgende Werte einzusetzen:

|                             |                                            |
|-----------------------------|--------------------------------------------|
| Holz / Holz-Metall          | $U_f = 1.9 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ |
| Kunststoff                  | $U_f = 2.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ |
| wärmegeämmte Verbundprofile | $U_f = 3.3 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ |

### 5.1.3 Glasrandverbund

Für die  $\Psi_g$ -Werte können bei Aluminiumabstandhaltern folgende Werte eingesetzt werden:

| Glas | Glas- $U$ -Wert<br>$\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ | $\Psi_g$ in $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$     |                                            |
|------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
|      |                                                    | $U_f \leq 2.1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ | $U_f > 2.1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ |
| 2IV  | $< 1.4$                                            | 0.07                                          | 0.11                                       |
|      | $1.4 - 1.9$                                        | 0.06                                          | 0.09                                       |
|      | $1.9 - 2.5$                                        | 0.05                                          | 0.08                                       |
| 3IV  | $< 0.9$                                            | 0.07                                          | 0.10                                       |
|      | $0.9 - 1.4$                                        | 0.06                                          | 0.09                                       |
|      | $1.4 - 1.9$                                        | 0.05                                          | 0.08                                       |
|      | $> 1.9$                                            | 0.04                                          | 0.06                                       |

**Tabelle 4:**

$\Psi_g$ -Werte für Aluminiumabstandhalter (Richtwerte)

Die  $\Psi_g$ -Werte sind sowohl von den Glas- als auch von den Rahmen- $U$ -Werten abhängig.  $\Psi_g$ -Werte von Abstandhaltern aus Edelstahl oder Kunststoff können der Dokumentation SIA D 0170 entnommen werden.

### 5.1.4 Fenster- $g$ -Wert

Der  $g$ -Wert ist für die Beurteilung einer Verglasung in Bezug auf die Gesamtenergiedurchlässigkeit entscheidend. Aussenliegende Sonnenschutz Einrichtungen reduzieren den Gesamtenergiedurchlassgrad massiv.

Auf dem Markt gibt es eine Vielfalt an Produkten mit unterschiedlichsten  $g$ -Werten (z.B. bei 3-IV-IR ist nach SZFF Doku 31.03 der  $g$ -Wert 45–55%, je nach Glasanordnung).

Liegen keine Produkteinformationen vor, sind die folgenden  $g$ -Werte einzusetzen.

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| 2-IV-IR (Wärmeschutzglas)                    | $g = 62\%$ |
| 3-IV-IR (Wärmeschutzglas – 2 Beschichtungen) | $g = 45\%$ |

**Tabelle 5:**

Fenster- $g$ -Werte für Wärmeschutzgläser

Die Angaben basieren auf Daten aus der SZFF Doku 31.03 «Dokumentation – Wärme- und Sonnenschutz für Fenster- undisterelemente» (Ausgabe 2000). Gegenüber dem Merkblatt « $k$ -Werte und  $g$ -Werte von Fenstern» sind die  $g$ -Werte angepasst worden.

Falls Sonnenschutzgläser eingebaut werden, sind die produktespezifischen  $g$ -Werte einzusetzen. Diese  $g$ -Werte sind funktionsbedingt deutlich tiefer als bei normalen Wärmeschutzgläsern.

Es gilt folgender Merksatz:

Je grösser der  $g$ -Wert, umso besser ist die Gesamtenergiedurchlässigkeit und um so grösser sind die Energiegewinne während der Heizperiode.

### 5.1.5 Tabelle zur Bestimmung der Fenster- $U$ -Werte

|                    |                    | Glas <sup>1</sup> |                              | U <sub>w</sub> (Fenster) in W/(m² · K) <sup>3</sup> |                                                    |     |     |     |     |
|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                    |                    | Typ               | U <sub>g</sub><br>W/(m² · K) | g-Wert <sup>2</sup><br>%                            | U <sub>f</sub> (Rahmen) in W/(m² · K) <sup>4</sup> |     |     |     |     |
|                    |                    |                   |                              |                                                     | 1.0                                                | 1.4 | 1.9 | 2.5 | 3.3 |
| Rahmen-<br>anteil: | 2IV                | 1.5               | 62                           | 1.5                                                 | 1.7                                                | 1.8 | 2.1 | 2.3 |     |
|                    | 2IV                | 1.3               | 62                           | 1.4                                                 | 1.6                                                | 1.7 | 2.0 | 2.3 |     |
|                    | 2IV                | 1.1               | 62                           | 1.3                                                 | 1.4                                                | 1.6 | 1.9 | 2.1 |     |
| 30%                | 2IV                | 1.0               | 62                           | 1.2                                                 | 1.3                                                | 1.5 | 1.8 | 2.0 |     |
|                    | 3IV                | 1.1               | 45                           | 1.3                                                 | 1.4                                                | 1.5 | 1.8 | 2.0 |     |
|                    | 3IV                | 0.9               | 45                           | 1.1                                                 | 1.2                                                | 1.4 | 1.7 | 1.9 |     |
|                    | 3IV                | 0.7               | 45                           | 1.0                                                 | 1.1                                                | 1.3 | 1.6 | 1.8 |     |
|                    | 3IV                | 0.5               | 45                           | 0.9                                                 | 1.0                                                | 1.1 | 1.4 | 1.7 |     |
|                    | Rahmen-<br>anteil: | 2IV               | 1.5                          | 62                                                  | 1.6                                                | 1.7 | 1.8 | 2.0 | 2.2 |
|                    |                    | 2IV               | 1.3                          | 62                                                  | 1.5                                                | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 2.1 |
| 2IV                |                    | 1.1               | 62                           | 1.3                                                 | 1.4                                                | 1.5 | 1.8 | 1.9 |     |
| 20%                |                    | 2IV               | 1.0                          | 62                                                  | 1.2                                                | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 1.8 |
|                    |                    | 3IV               | 1.1                          | 45                                                  | 1.3                                                | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.9 |
|                    |                    | 3IV               | 0.9                          | 45                                                  | 1.1                                                | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.7 |
|                    |                    | 3IV               | 0.7                          | 45                                                  | 1.0                                                | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 |
| 3IV                | 0.5                | 45                | 0.8                          | 0.9                                                 | 1.0                                                | 1.2 | 1.4 |     |     |
| Rahmen-<br>anteil: | 2IV                | 1.5               | 62                           | 1.6                                                 | 1.6                                                | 1.7 | 1.8 | 2.0 |     |
|                    | 2IV                | 1.3               | 62                           | 1.4                                                 | 1.5                                                | 1.5 | 1.7 | 1.8 |     |
|                    | 2IV                | 1.1               | 62                           | 1.2                                                 | 1.3                                                | 1.4 | 1.6 | 1.7 |     |
| 15%                | 2IV                | 1.0               | 62                           | 1.2                                                 | 1.2                                                | 1.3 | 1.5 | 1.6 |     |
|                    | 3IV                | 1.1               | 45                           | 1.2                                                 | 1.3                                                | 1.4 | 1.5 | 1.6 |     |
|                    | 3IV                | 0.9               | 45                           | 1.0                                                 | 1.1                                                | 1.2 | 1.3 | 1.5 |     |
|                    | 3IV                | 0.7               | 45                           | 0.9                                                 | 1.0                                                | 1.0 | 1.2 | 1.3 |     |
|                    | 3IV                | 0.5               | 45                           | 0.7                                                 | 0.8                                                | 0.9 | 1.0 | 1.1 |     |

<sup>1</sup> Bei den  $U_g$ -Werten wird von einem Gasfüllungsgrad von 90% ausgegangen.

<sup>2</sup> Höhere  $g$ -Werte sind zu belegen. Bei Produktespezifikationen ist der entsprechende  $g$ -Wert zu berücksichtigen. Für Schall- und Sonnenschutzgläser sind nur Herstellerangaben zu verwenden.

<sup>3</sup> Ist der Rahmenanteil eines Fenster nicht belegt, sind die  $U_w$ -Werte den Angaben mit «Rahmenanteil 30%» zu entnehmen.

Bei  $U_g$ -Zwischenwerten dürfen die  $U_w$ -Werte interpoliert werden. Es sind nur Werte aufgeführt, die den maximalen  $U_w$ -Wert gemäss Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau» erfüllen.

<sup>4</sup> Weitere  $U_f$ -Werte befinden sich in der Dokumentation SIA D 0170 «Thermische Energie im Hochbau».

### 5.1.6 Wahl des Fensters

Bei der Wahl eines Fensters ist aus energetischer Sicht wie folgt vorzugehen, wobei kantonale Vorschriften zu berücksichtigen sind:

1. Wahl eines Fensters mit möglichst tiefem  $U_w$ -Wert.
2. Innerhalb der gewählten Glasart sollte anschliessend ein Glas mit möglichst hohem  $g$ -Wert gewählt werden. Weisen zwei Gläser die gleichen  $U_g$ -Werte auf, so ist es angezeigt, dasjenige mit dem höheren  $g$ -Wert dem anderen vorzuziehen.
3. Bei grossen Fensterflächen, die zudem eine extreme Südorientierung aufweisen, ist es sinnvoll, eine Energiebilanz zu erstellen, um Verluste ( $U$ -Wert) und Gewinne ( $g$ -Wert) zu optimieren.
4. Durchgehende Sprossen, grosse Rahmenanteile, Randverbundlängen und das Material der Abstandhalter können die Wärmedämmeigenschaften eines Fensters stark beeinflussen.

### 5.1.7 Weitere Hinweise

- Liegen Herstellerangaben zum  $U_g$ -Wert und  $g$ -Wert vor, so müssen diese gemäss dem Stand der Technik ermittelt und deklariert worden sein.
- Wenn keine Herstellerangaben zum  $g$ -Wert vorhanden sind, so muss für die Berechnung des Heizenergiebedarfs der  $g$ -Wert der entsprechenden Verglasung gemäss Tabelle 5 auf Seite 66 eingesetzt werden.
- Für Gebäudesimulations- und Kühllastberechnungen sind detailliertere Kennwerte notwendig.
- Für den sommerlichen Wärmeschutz in klimatisierten Gebäuden wird ein Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung inkl. Sonnenschutz von  $g \leq 15\%$  vorgeschrieben. Isolierverglasungen, Wärmeschutz- sowie Sonnenschutzgläser erfüllen diese Anforderung in der Regel nur in Kombination mit einem aussenliegenden Sonnenschutz.

## 68 5.1.8 Beispiele

Die beiden Beispiele zeigen auf, wie der Fenster- $U$ -Wert mit Hilfe von Tabellenwerten bestimmt oder genau berechnet werden kann. Vorgesehen sind Fenster mit Holzrahmen und einem 2fach Wärmeschutzglas mit  $U_g$ -Wert von  $1.1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .

### Bestimmung des Fenster- $U$ -Werts $U_w$ mit Tabellenwerten

|                | Typ        | Glas                            |           | $U_w$ (Fenster) in $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ |            |            |     |     |
|----------------|------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------------------------|------------|------------|-----|-----|
|                |            | $U_g$                           | $g$ -Wert | $U_f$ (Rahmen) in $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  |            |            |     |     |
|                |            | $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ | %         | 1.0                                                | 1.4        | 1.9        | 2.5 | 3.3 |
| <b>Rahmen-</b> | 2IV        | 1.5                             | 62        | 1.5                                                | 1.7        | 1.8        | 2.1 | 2.3 |
| <b>anteil:</b> | 2IV        | 1.3                             | 62        | 1.4                                                | 1.6        | 1.7        | 2.0 | 2.3 |
| <b>30%</b>     | <b>2IV</b> | <b>1.1</b>                      | <b>62</b> | <b>1.3</b>                                         | <b>1.4</b> | <b>1.6</b> | 1.9 | 2.1 |

- Da der Rahmenanteil nicht belegt wird, ist von einem Rahmenanteil von 30% auszugehen.
- Da für den Holzrahmen kein detaillierter  $U_f$ -Wert belegt wird, wird  $U_f$  mit  $1.9 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  eingesetzt.
- Da keine spezifischen Angaben zum Abstandhalter erfolgen, wird von Aluminiumabstandhaltern ausgegangen.

### Berechnung des Fenster- $U$ -Werts $U_w$ mit Tabelle A<sub>w</sub>

Nachfolgend ist der detaillierte Berechnungsgang zur Bestimmung des Fenster- $U$ -Werts dargestellt. Als Hilfsmittel dienen dabei Angaben aus diesem Kapitel sowie Tabelle A<sub>w</sub> aus dem Anhang.

Die Tabelle A<sub>w</sub> im Anhang kann für eigene Beispiele vervielfältigt und als Nachweis für die Eingabe an die Baubehörde verwendet werden.

|                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Fensterskizze mit Vermaassung</p>                        | <p><b>Rahmen</b><br/> Material: <u>Holz</u><br/> Rahmen-<math>U</math>-Wert: <math>U_f = \underline{1.9} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}</math><br/> Projektionsfläche des Rahmens: <math>A_f = \underline{0.54} \text{ m}^2</math></p> <p><b>Verglasung</b><br/> Glasbezeichnung: <u>2-IV-IR</u><br/> Produkt/Typ: <u>        </u><br/> Glas-<math>U</math>-Wert: <math>U_g = \underline{1.1} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}</math><br/> Projektionsfläche des Glases: <math>A_g = \underline{1.6} \text{ m}^2</math></p> <p><b>Glasrandverbund</b><br/> Material des Abstandhalters:<br/> <input checked="" type="checkbox"/> Aluminium    <input type="checkbox"/> Edelstahl    <input type="checkbox"/> Kunststoff / Butyl<br/> Längenbezogener-<math>U</math>-Wert: <math>\Psi_g = \underline{0.07} \text{ W/(m} \cdot \text{K)}</math><br/> Perimeterlänge des Glasrands: <math>L_g = \underline{7.40} \text{ m}</math></p> |
| <p>Rahmenanteil: <math>A_f = \underline{25.4} \%</math></p> | <p>Projektionsfläche des Fensters: <math>A_w = \underline{2.14} \text{ m}^2</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Tab. A<sub>w</sub>

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot L_g}{A_w} = \frac{1.9 \cdot 0.54 + 1.1 \cdot 1.60 + 0.07 \cdot 7.40}{2.14}$$

$$U_w = \underline{1.54} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

| Nr. des Bauteils                       | Aufbau                                                                                                           | $U$ -Wert<br>$W/(m^2 \cdot K)$ |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Haus- und Wohnungseingangstüren</b> |                                                                                                                  |                                |
| T1                                     | Spanplatte 20 mm<br>Wärmedämmschicht 30 mm<br>Täferaufdopplung 21 mm                                             | 1.1                            |
| T2                                     | Spanplatte 22 mm<br>Wärmedämmschicht 10 mm<br>Täferaufdopplung 21 mm                                             | 1.6                            |
| T3                                     | Fichte massiv verleimt 40 mm                                                                                     | 2.2                            |
| T4                                     | Eiche massiv verleimt 40 mm                                                                                      | 2.8                            |
| T5                                     | Spanplatte 40 mm<br>beidseitig Aluminium beschichtet                                                             | 2.5                            |
| T6                                     | Aluminiumblech beidseitig<br>Wärmedämmschicht 20 mm                                                              | 2.1                            |
| T7                                     | Aluminiumblech beidseitig<br>Wärmedämmschicht 40 mm                                                              | 1.3                            |
| T8                                     | Furnier, Dünnsanplatte und<br>Aluminiumblech beidseitig<br>Spanplatte 40 mm                                      | 1.6                            |
| T9                                     | Furnier, Dünnsanplatte und<br>Aluminiumblech beidseitig<br>Spanplatte 16 mm beidseitig<br>Wärmedämmschicht 18 mm | 1.1                            |
| <b>Innentüren</b>                      |                                                                                                                  |                                |
| T10                                    | gestemmt, etwa 36 mm<br>mit Holzfüllung                                                                          | 2.9                            |
| T11                                    | Hohltüre 40 mm                                                                                                   | 2.0                            |
| T12                                    | Volltüre 40 mm                                                                                                   | 2.2                            |

Bei den in dieser Tabelle aufgeführten Beispielen handelt es sich um die gebräuchlichsten Türkonstruktionen. Sie sind ausgesprochen herstellerspezifisch und weisen Dicken von rund 40 bis 80 mm auf.

Die angegebenen  $U$ -Werte beziehen sich auf nicht verglaste Türen.

Bei Spezialkonstruktionen und auch bei Gewerbetoren können überprüfte Herstellerangaben verwendet werden.



## ■ Anhang

|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------|
| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) | Bezeichnung des Bauteils _____ |                                |          | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$                         |
|                                       | Schicht Nr.                    | Material, Baustoff             | $d$<br>m | $\frac{h}{W/(m^2 \cdot K)}$<br>$\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ |
|                                       |                                | Wärmeübergang innen ( $h_i$ )  |          | $m^2 \cdot K/W$                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ ) |          |                                                                |

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} = \quad W/(m^2 \cdot K)$$

$$R_{total} = \quad$$

←

|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------|
| Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt) | Bezeichnung des Bauteils _____ |                                |          | $\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$                         |
|                                       | Schicht Nr.                    | Material, Baustoff             | $d$<br>m | $\frac{h}{W/(m^2 \cdot K)}$<br>$\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ |
|                                       |                                | Wärmeübergang innen ( $h_i$ )  |          | $m^2 \cdot K/W$                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                |                                |          |                                                                |
|                                       |                                | Wärmeübergang aussen ( $h_e$ ) |          |                                                                |

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} = \quad W/(m^2 \cdot K)$$

$$R_{total} = \quad$$

←



[illegible]

### Tab. B



|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fensterskizze mit Vermassung  | <b>Rahmen</b><br>Material: _____<br>Rahmen- $U$ -Wert: $U_f =$ _____ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$<br>Projektionsfläche des Rahmens: $A_f =$ _____ $\text{m}^2$                                                                                                                                                   |
|                               | <b>Verglasung</b><br>Glasbezeichnung: _____<br>Produkt/Typ: _____<br>Glas- $U$ -Wert: $U_g =$ _____ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$<br>Projektionsfläche des Glases: $A_g =$ _____ $\text{m}^2$                                                                                                                     |
|                               | <b>Glasrandverbund</b><br>Material des Abstandhalters:<br><input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Edelstahl <input type="checkbox"/> Kunststoff / Butyl<br>Längenbezogener- $U$ -Wert: $\Psi_g =$ _____ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$<br>Perimeterlänge des Glasrands: $L_g =$ _____ $\text{m}$ |
| Rahmenanteil: $A_f =$ _____ % | Projektionsfläche des Fensters: $A_w =$ _____ $\text{m}^2$                                                                                                                                                                                                                                                                 |

**Tab.  $A_w$** 

|                                                                        |                                                      |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} =$ | $U_w =$ _____ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fensterskizze mit Vermassung  | <b>Rahmen</b><br>Material: _____<br>Rahmen- $U$ -Wert: $U_f =$ _____ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$<br>Projektionsfläche des Rahmens: $A_f =$ _____ $\text{m}^2$                                                                                                                                                   |
|                               | <b>Verglasung</b><br>Glasbezeichnung: _____<br>Produkt/Typ: _____<br>Glas- $U$ -Wert: $U_g =$ _____ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$<br>Projektionsfläche des Glases: $A_g =$ _____ $\text{m}^2$                                                                                                                     |
|                               | <b>Glasrandverbund</b><br>Material des Abstandhalters:<br><input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Edelstahl <input type="checkbox"/> Kunststoff / Butyl<br>Längenbezogener- $U$ -Wert: $\Psi_g =$ _____ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$<br>Perimeterlänge des Glasrands: $L_g =$ _____ $\text{m}$ |
| Rahmenanteil: $A_f =$ _____ % | Projektionsfläche des Fensters: $A_w =$ _____ $\text{m}^2$                                                                                                                                                                                                                                                                 |

**Tab.  $A_w$** 

|                                                                        |                                                      |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} =$ | $U_w =$ _____ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|

