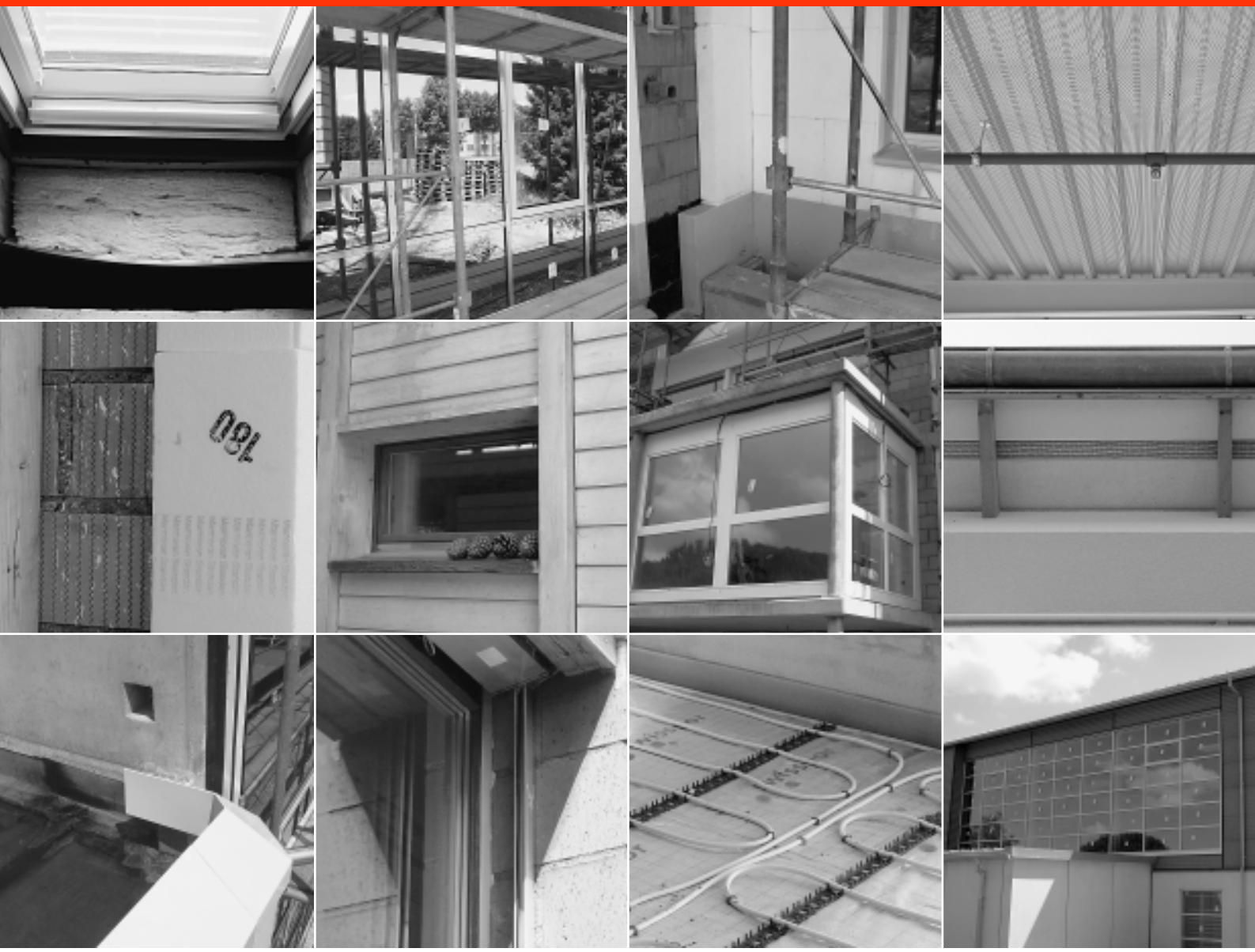
U-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog
Neubauten



energie schweiz

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
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 Zuschlägen.
Der Bauteilekatalog richtet sich an Fachleute der Bau- und Haustechnikbranche sowie an Vollzugsorgane der kantonalen Energiegesetze, die sich mit der Kontrolle von energietechnischen Massnahmennachweisen 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_w: 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 SIA 180.051	Wärmeschutz – Physikalische Grössen und Definitionen	1995
Norm SN EN ISO 6946 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

1 Allgemeines und Vorgehen ... 7
1.1 MINERGIE-Standard ... 8
1.2 Transparente Wärmedämmung (TWD) ... 8

2 *U*-Wert-Berechnung ... 9
2.1 Homogene Bauteile ... 9
2.2 Inhomogene Bauteile ... 10
2.3 Rechengrössen ... 11
2.3.1 Wärmeübergangskoeffizienten h ... 11
2.3.2 Wärmeleitfähigkeit λ 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

3 *U*-Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog ... 21
3.1 Beispiel ... 22
3.2 Übungen ... 23

4 Bauteilekatalog ... 25
4.1 Homogene Bauteile ... 26
4.2 Inhomogene Bauteile ... 55

5 Fenster und Türen ... 65
5.1 Fenster ... 66
5.2 Türen ... 69

Anhang
Tabelle A (Formular für die *U*-Wert-Berechnung) ... 72
Tabelle B (Formular für die *U*-Wert-Bestimmung) ... 73
Tabelle A_w (Formular für die *U*-Wert-Berechnung des Fensters) ... 75

1 Allgemeines und Vorgehen

Wärme ist eine Form von Energie. Sie fliesst immer von der höheren Temperatur zur niedrigeren. Bauteile wie Böden, Wände, Decken, Dächer, Fenster und Türen stellen dem Abfliessen der Wärme einen Widerstand entgegen. Der Wärmestrom durch einen Bauteil wird durch den Wärmedurchgangskoeffizienten *U* (*U*-Wert) definiert.

Der *U*-Wert ist das Verhältnis der Wärmestromdichte, die im stationären Zustand durch das Bauteil fliesst, zur Differenz der beiden angrenzenden Umgebungstemperaturen. Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils ist der Kehrwert des Gesamtdurchlasswiderstands.

Die **physikalische Einheit** des *U*-Werts ist Watt pro Quadratmeter und Kelvin:

$W/(m^2 \cdot K)$

Folgende Vorgänge beeinflussen den *U*-Wert eines Bauteils:

- **Wärmeübertragung von der Innenluft auf den Bauteil.**
  Dieser Vorgang wird mit dem Wärmeübergangskoeffizienten h_i beschrieben (Kap. 2.3.1).
- **Wärmeleitung im Innern eines Bauteils.**
  Massgebliche Grösse ist dabei die Wärmeleitfähigkeit λ (Lambda) der einzelnen Baustoffe (Kap. 2.3.2).
- **Wärmeübertragung vom Bauteil auf die Aussenluft.**
  Dieser Vorgang wird mit dem Wärmeübergangskoeffizienten h_e beschrieben (Kap. 2.3.1).

Es gilt folgender Merksatz:

Je kleiner der *U*-Wert, umso besser ist der Wärmeschutz.

Neben einem raumseitig geringeren Heizenergiebedarf bringt ein niedrigerer *U*-Wert höhere Oberflächentemperaturen. Dadurch steigt die Behaglichkeit für die Bewohner. Auch die Gefahr von Oberflächenkondensat, als Folge davon graue Ecken, Schimmelpilz und muffige Gerüche, wird kleiner.
Die Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau» weist maximale Wärmedurchgangskoeffizienten für Behaglichkeit und Feuchteschutz auf.
Die Norm SIA 380/1 «Thermische Energie im Hochbau» weist Grenz- und Zielwerte für flächenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten auf.
Diese Normen und die kantonalen Wärmedämmvorschriften geben den Handlungsspielraum für die maximal zulässigen *U*-Werte an.

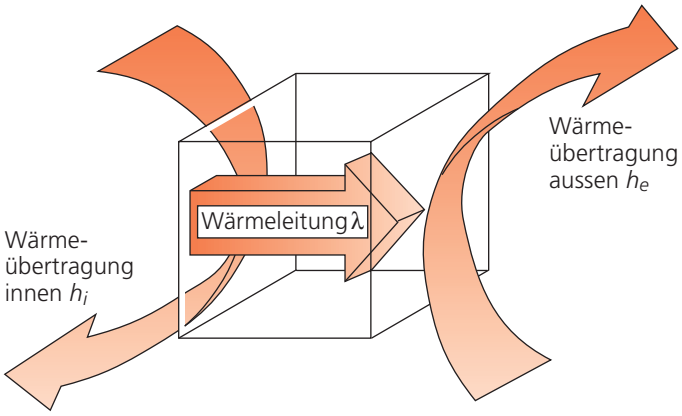


Bild 1
Wärmeübertragung (h) und Wärmeleitung (λ) beeinflussen den U-Wert eines Bauteils

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 nebst einer optimalen Haustechnik und einer dichten Gebäudehülle die Bauteile wesentlich besser wärmegedämmt 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.

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» wärmegedämmte 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 λ angeben, da diese geometriebedingt von der Dicke der Platten abhängt.

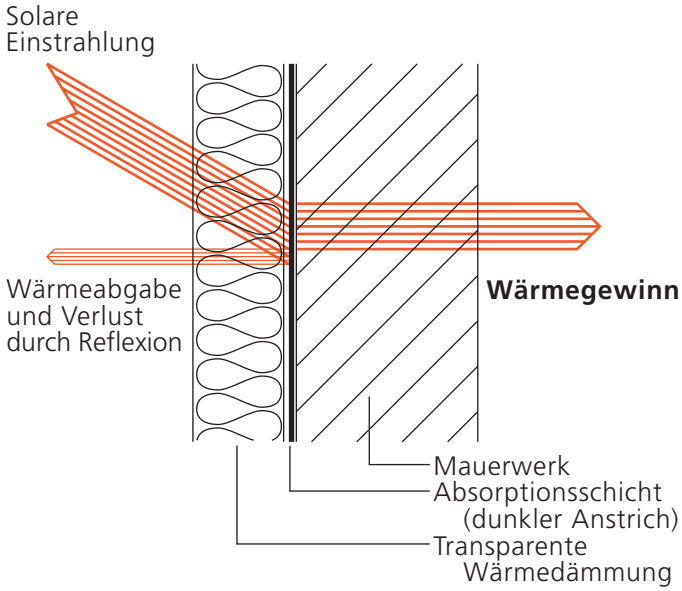


Bild 3
Funktion einer TWD

2 *U*-Wert-Berechnung

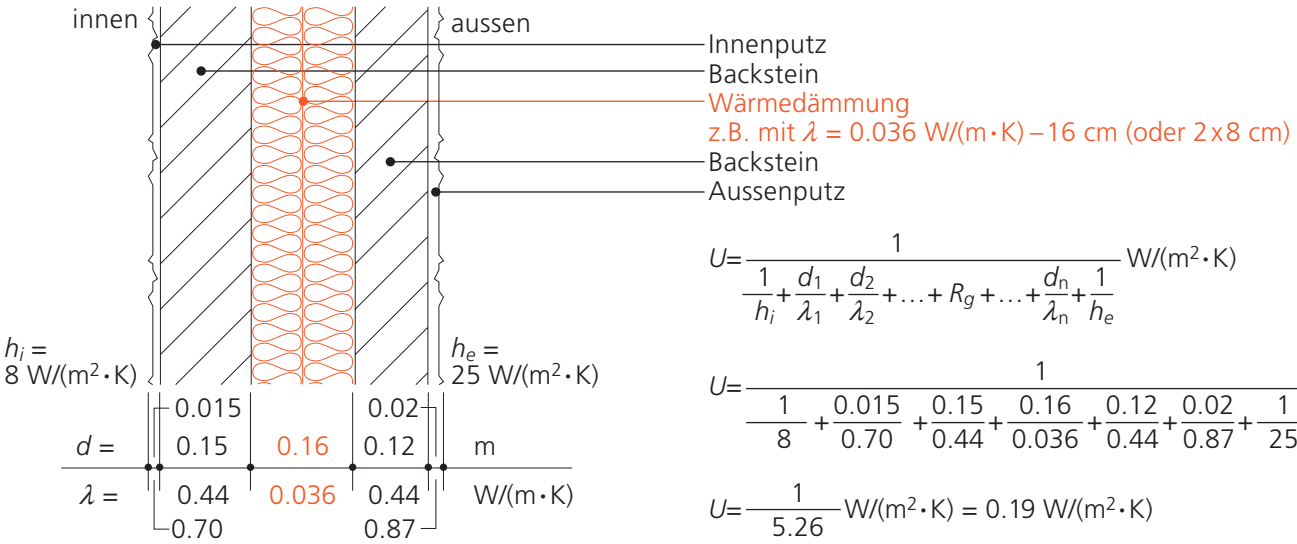
Das Kapitel *U*-Wert-Berechnung stellt die Berechnung einfacher Konstruktionen wie z.B. homogener Bauteile dar. Es enthält die notwendigen Grundlagen bzw. Rechengrössen wie Wärmeübergangskoeffizienten, Wärmedurchlasswiderstände von Luftschichten und Baustoffkennwerte. Es werden aber auch Hinweise gegeben, wie bei komplizierteren 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:

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

$d_1 \ldots d_n$ Dicke des jeweiligen Baumaterials in m
hi, he Wärmeübergangskoeffizienten in W/(m² · K) (Kap. 2.3.1)
$\lambda_1 \ldots \lambda_n$ Wärmeleitfähigkeit des jeweiligen Baumaterials in W/(m · K) (Kap. 2.3.2)
R_g Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten (Kap. 2.3.3)



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

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

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

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.

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.

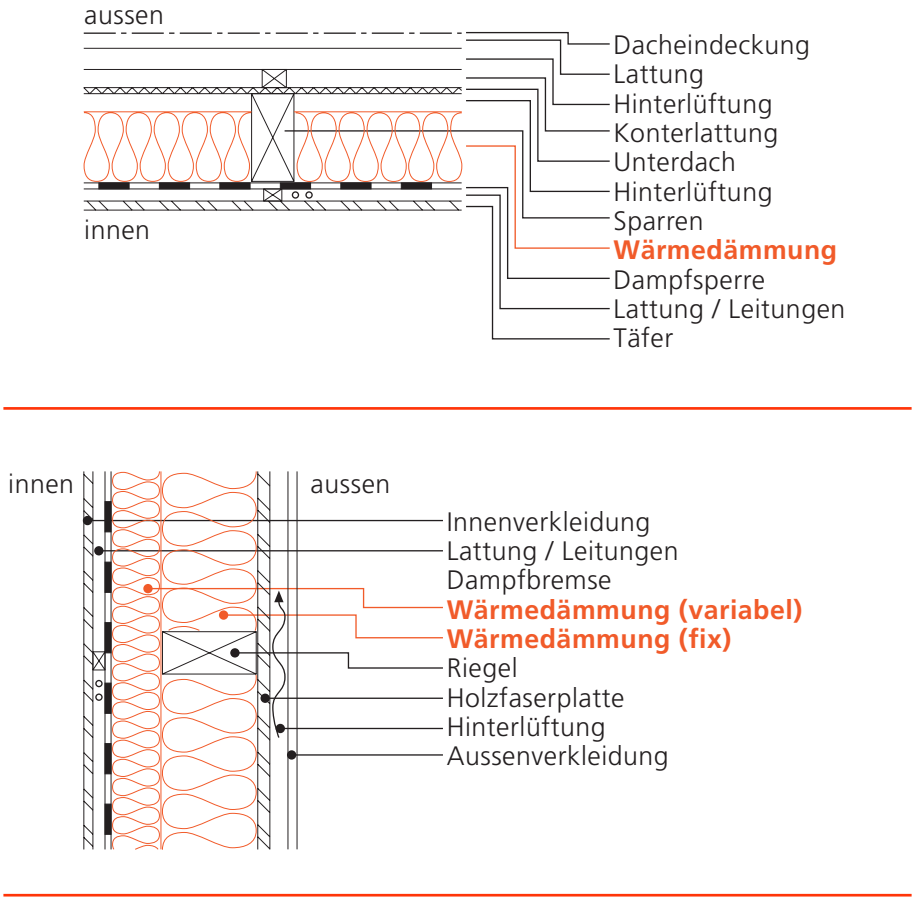


Bild 5
Beispiele inhomogener Bauteile.

2.3 Rechengrössen

2.3.1 Wärmeübergangskoeffizienten *h*

Die Wärmeübertragung von der Innenluft auf den Bauteil wird mit dem Wärmeübergangskoeffizienten h_i (früher α_i) und vom Bauteil auf die Aussenluft mit dem Wärmeübergangskoeffizienten h_e (früher α_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:

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

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

Für Bauteile im Erdreich gilt:

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

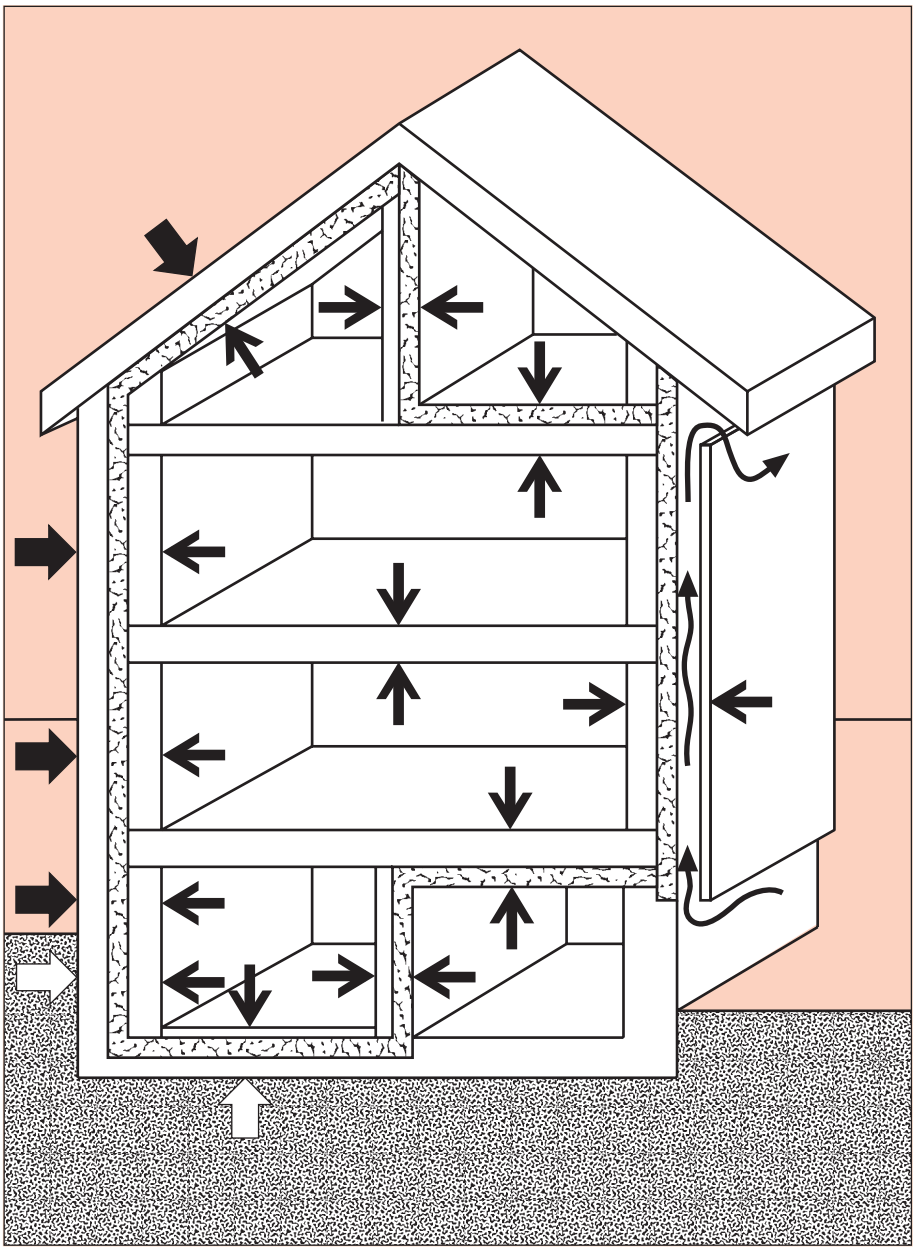


Bild 6
Wärmeübergangswiderstände
R_s in $m^2 \cdot K/W$

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

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

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

Luftströmung

2.3.2 Wärmeleitfähigkeit λ von Baustoffen

Die Wärmeleitfähigkeit λ (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 λ-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 Nennwerte λ_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 λ-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 λ-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	Nennrohdichte ρ_a kg/m³	Wärmeleitfähigkeit Nennwert λ_D (siehe Kapitel 2) überwacht [1] W/(m · K)	nicht überwacht W/(m · K)
Glaswolle			
Platten, Matten, Rollen	10–120	0.031–0.048	0.055
lose	30–100	[2]	0.060
Steinwolle			
Platten, Matten, Rollen	15–200	0.034–0.048	0.055
lose	30–100	[2]	0.060
Schaumglas			
Platten	100–150	0.040–0.055	0.064
lose	250–450	[2]	0.094
Perlit, Vermiculit lose	50–130	[2]	0.084
Polystyrol, expandiert (EPS)	30–15	0.032–0.042	0.048
Polystyrol, extrudiert (XPS)			
Zellinhalt wärmedämmrelevant	25–65	0.028–0.036	0.043
Zellinhalt Luft	25–65	0.034–0.038	0.046
Polyurethan (PUR) und Polyisocyanurat (PIR)			
Zellinhalt Pentan			
diffusionsdicht	28–55	0.022–0.027	0.032
diffusionsoffen	28–55	0.026–0.033	0.037
Zellinhalt CO_2	35–60	0.032–0.038	0.045
Kork: Platten, Matten	90–160	0.040–0.047	0.056
Holzwolle			
Platten	30–150	0.067–0.089	0.107
Leichtbauplatten	250–450	[2]	0.095
Deckschichten von Mehrschichtplatten [3]			
5 mm	[2]	[2]	0.15
7,5 mm	[2]	[2]	0.125
10 mm	[2]	[2]	0.10
Holzfaserdämmplatten	120–300 300–600	0.044–0.065 [2]	0.080 0.110
Zellulose			
Platten	[2]	[2]	0.065
lose	30–80	[2]	0.060
Dämmstoffe pflanzl. Ursprungs			
Flachsfaserplatten	25–35	[2]	0.055
Schilfrohrplatten	150–200	[2]	0.072
Kokosfasermatten	50–100	[2]	0.066
Baumwolle	> 25	[2]	0.055
Dämmstoffe tier. Ursprungs		[2]	
Schafwolle	20–60		0.055

[1] 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).
[2] Wert zur Zeit noch nicht festgelegt bzw. zu wenig Daten verfügbar.
[3] Der Wärmedurchlasswiderstand von Mehrschicht-Holzwolledämmplatten 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 ρ kg/m³	Bemessungswärmeleitfähigkeit λ W/(m·K)
Mauerwerk unverputzt		
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
Gestein		
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
Erdreich		
Ton, Schlick oder Schlamm	1200 - 1800	1.5
Sand und Kies	1700 - 2200	2.0
Beton [1]		
Mittlere Rohdichte	1800	1.15
	2000	1.35
	2200	1.65
Hohe Rohdichte	2400	2.00
Armiert (mit 1% Stahl)	2300	2.3
Armiert (mit 2% Stahl)	2400	2.5
Putze, Mörtelschichten		
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

Stoffgruppe oder Anwendung	Rohdichte ρ kg/m³	Bemessungswärmeleitfähigkeit λ W/(m·K)
Gips		
Gips	600	0.18
	900	0.30
	1200	0.43
	1500	0.56
Gipskartonplatten [2]	900	0.25
Holz [3]		
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
Verschiedene Stoffe		
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
Platten		
Keramik / Porzellan	2300	1.3
Kunststoff	1000	0.20
Gummi		
Naturkautschuk	910	0.13
Neopren (Polychloropren)	1240	0.23
Butylkautschuk	1200	0.24

1 Die Rohdichte von Beton ist als Trockenrohdichte angegeben.

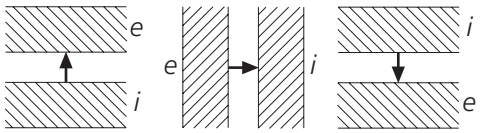
2 Die Wärmeleitfähigkeit schliesst den Einfluss der Papierdeckschichten ein.

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

Tabelle 2
Rohdichte ρ und Wärmeleitfähigkeit λ der wichtigsten allgemeinen Baustoffe
Auszug aus Dokumentation SIA D0170

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 $m^2 \cdot K/W$ angegeben (Tab. 3). In der Formel zur Berechnung des *U*-Werts kann dann anstelle von d/λ der Luftschicht direkt der entsprechende R_g-Wert eingesetzt werden (siehe auch Kap. 2.5).

	Richtung des Wärmestroms		
	aufwärts	horizontal	abwärts
Dicke der Luftschicht in mm			
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.

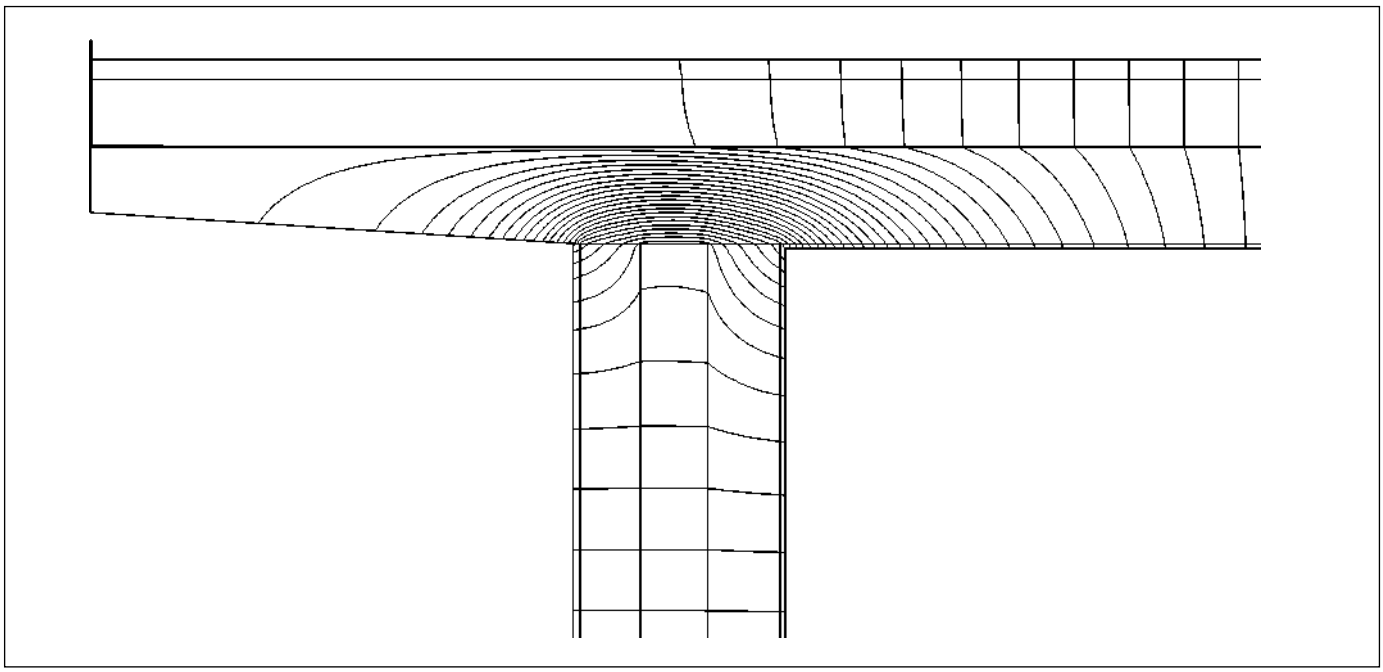
Tabelle 3
Wärmedurchlasswiderstand R_g in $m^2 \cdot K/W$ von ruhenden Luftschichten in Decken, Wänden und Böden

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 Fassaden 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



2.5 Spezielle Hinweise

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.

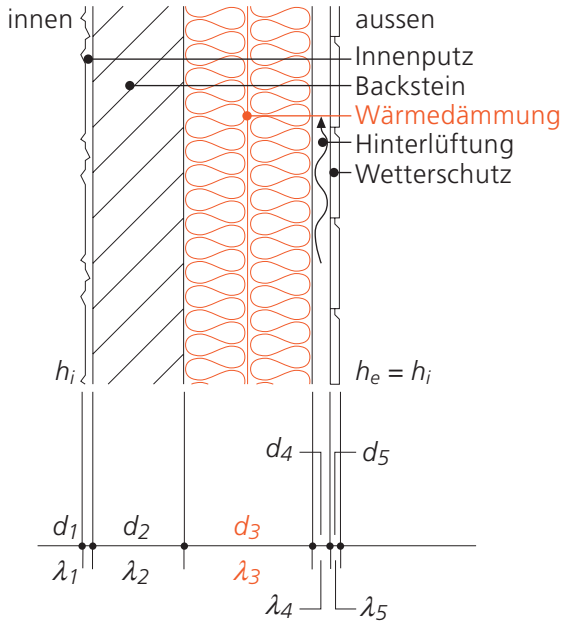


Bild 8
Hinterlüftete Fassade

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

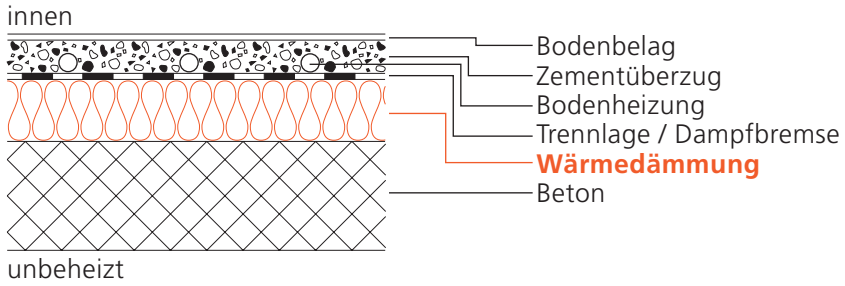


Bild 9
Fussbodenheizung

- 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 W/(m^2 · K) berechnet, so muss die effektive Wärmedämmschicht am Bau 20% mehr, also 24 cm betragen, damit der *U*-Wert von 0.18 W/(m^2 · K) eingehalten werden kann.

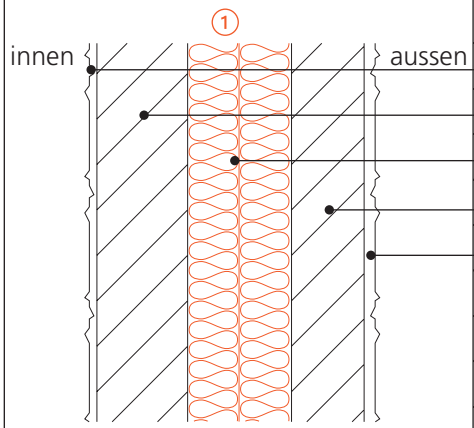
  Weitere Hinweise zur Planung und Bemessung von Umkehrdächern sind in der Empfehlung SIA 271 «Flachdächer» enthalten.

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 *Aussenwand*

Schicht Nr. (2)	Material, Baustoff (3)	d m (4)	h W/(m²·K) / λ W/(m·K) (5)	R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W (6)
–	Wärmeübergang innen (h_i)	—	8	0.13
1	Innenputz	0.015	0.70	0.02
2	Backstein	0.15	0.44	0.34
3	Saglan SB 22	0.16	0.036	4.44
4	Backstein	0.12	0.44	0.27
5	Aussenputz	0.02	0.87	0.02
–	Wärmeübergang aussen (h_e)	—	25	0.04

Tab. A

***U*-Wert** $= \frac{1}{R_{total}} = 0.19$ W/(m²·K) (8)

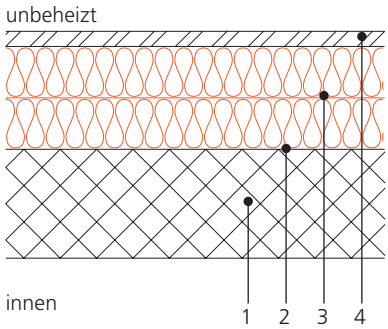
(7) $R_{total} =$ 5.26

(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/(m² · K) (Kap. 2.3.1)
λ = Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs in W/(m · K) (Kap. 2.3.2)
(6) Berechnung von $\frac{1}{h} = \frac{1}{(5)}$ bzw. $\frac{d}{\lambda} = \frac{(4)}{(5)}$ in m² · K/W, so genannter *R*-Wert (Wärmedurchlasswiderstand)
(7) Summe R_{total} der *R*-Werte aus Spalte (6)
(8) Berechnung des *U*-Werts: $U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{(7)}$ in W/(m² · K)

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

Beispiel 2

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)



Bezeichnung des Bauteils *Estrichboden*

Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
–	Wärmeübergang innen (h_i)	—	—	0.13
1	Betondecke	0.18	2.3	0.08
2	Dampfbremse	—	—	—
3	Isover Luro 414 (2x8 cm) [1]	0.16	0.037	4.32
4	Spanplatte	0.016	0.14	0.11
–	Wärmeübergang aussen (h_e) [2]	—	—	0.13

Tab. A

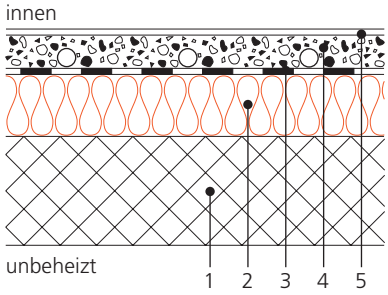
U-Wert = $\frac{1}{R_{total}}$ = 0.21 W/(m²·K) ← R_{total} = 4.77

1 Der λ-Wert wurde dem Merkblatt SIA 2001 «Wärmedämmstoffe» (Ausgabe 2001) entnommen.

2 Gegen unbeheizt ist $R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0.13$ m² · K/W (Kap. 2.3.1).

Beispiel 3

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)



Bezeichnung des Bauteils *Decke mit Fussbodenheizung*

Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
–	Wärmeübergang innen (h_i) [1]	—	—	—
1	Bodenplatten [1]	—	—	—
2	Unterlagsboden [1]	—	—	—
3	PE-Folie	—	—	—
4	Polyurethan (PUR) [2]	0.10	0.033	3.03
5	Beton	0.20	2.3	0.09
–	Wärmeübergang aussen (h_e)	—	—	0.13

Tab. A

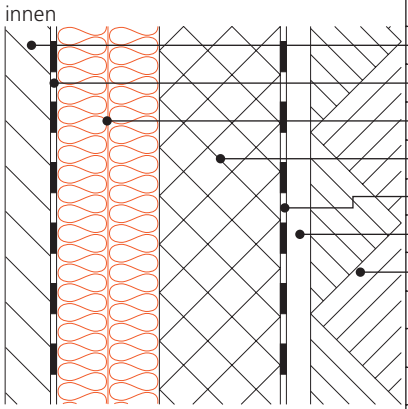
U-Wert = $\frac{1}{R_{total}}$ = 0.31 W/(m²·K) ← R_{total} = 3.25

1 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).

2 Wird ein überwachtes, jedoch noch nicht festgelegtes Dämmmaterial eingesetzt, ist der höchste λ-Wert dieser Materialgruppe einzusetzen. Bei einer genauen Produkteangabe wie z.B. swisspor ROXON-Alu mit einem λ-Wert von 0.026 W/(m · K) anstelle «Polyurethan (PUR)» würde sich ein *U*-Wert von 0.25 W/(m² · K) ergeben.

Beispiel 4

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)



Bezeichnung des Bauteils *Kellerwand*

Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
–	Wärmeübergang innen (h_i)	—	8	0.13
1	Kalksandstein	0.075	1.0	0.08
2	Dampfbremse [1]	—	—	—
3	swisspor LUXIT 20	0.16	0.037	4.32
4	Beton	0.20	2.3	0.09
5	Feuchtsperre [1]	—	—	—
6	evtl. Filterplatte	—	—	—
7	Erdreich	—	—	—
–	Wärmeübergang aussen (h_e) [2]	—	∞	0

Tab. A

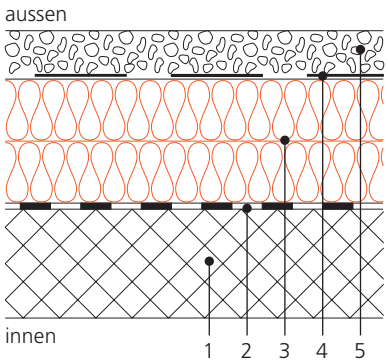
U-Wert $= \frac{1}{R_{total}} =$ 0.22 W/(m²·K) ← $R_{total} =$ 4.62

[1] Dampfbremse und Feuchtesperre werden nicht berücksichtigt (Kap.2.5).

[2] Gegen Erdreich ist $h_e = \infty$ (unendlich) und somit $\frac{1}{h_e} = R_{se} = 0$ m² · K/W (Kap. 2.3.1).

Beispiel 5

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)



Bezeichnung des Bauteils *Flachdach (Umkehrdach)*

Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
–	Wärmeübergang innen (h_i)	—	8	0.13
1	Beton	0.20	2.3	0.09
2	Dachabdichtung	—	—	—
3	Roofmate SL-X (18 cm) [1]	0.15	0.030	5.00
4	Trennlage / Vlies	—	—	—
5	Schutzschicht (Sand, Kies) [2]	0.10	2.0	0.05
–	Wärmeübergang aussen (h_e)	—	25	0.04

Tab. A

U-Wert $= \frac{1}{R_{total}} =$ 0.19 W/(m²·K) ← $R_{total} =$ 5.31

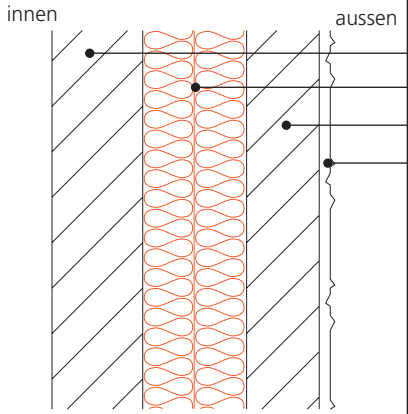
[1] Vorgesehen ist eine 18 cm dicke Wärmedämmung. Beim Umkehrdach ist gemäss Empfehlung SIA 271 eine Zuschlag von 20% für die Wärmedämmdicke einzuberechnen. Deshalb werden nur 15 cm (18 cm / 1.2) in der U-Wert-Berechnung berücksichtigt.

[2] Der λ-Wert wurde der Tabelle 2 (Kap. 2.3.2) entnommen.

2.7 Übung

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 *Zweischalenmauerwerk*

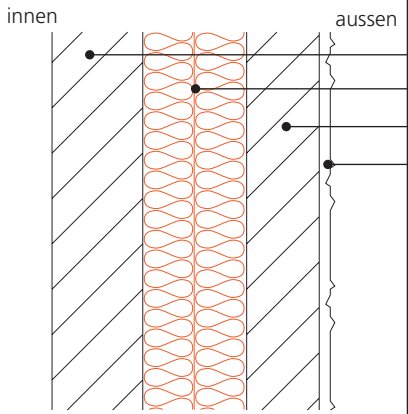
Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
–	Wärmeübergang innen (h_i)	–	8	0.13
1	Sichtbackstein	0.15	0.44	0.34
2	Flumroc Dämmplatte 1	0.16	0.034	4.71
3	Backstein	0.12	0.44	0.27
4	Aussenputz	0.02	0.87	0.02
–	Wärmeübergang aussen (h_e)	–	20	0.05

Tab. A

***U*-Wert** $= \frac{1}{R_{total}} =$ 0.18 W/(m²·K) ← $R_{total} =$ 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 *Zweischalenmauerwerk*

Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
–	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)	–		

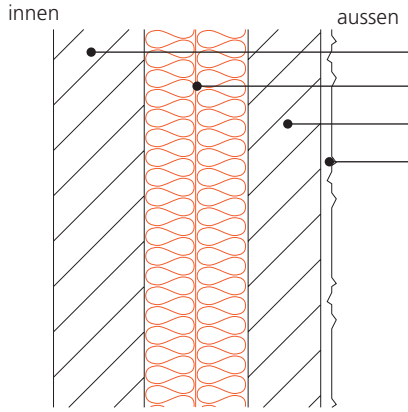
Tab. A

***U*-Wert** $= \frac{1}{R_{total}} =$ W/(m²·K) ← $R_{total} =$ _____

20 Lösung der Übung von Seite 19

Richtige Berechnung des *U*-Werts:

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)



Bezeichnung des Bauteils *Zweischalenmauerwerk*

Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ m²·K/W
–	Wärmeübergang innen (h_i)	–	8	0.13
1	Sichtbackstein	0.15	0.52 [1]	0.29
2	Flumroc Dämmplatte 1	0.16	0.036 [2]	4.44
3	Backstein	0.12	0.44	0.27
4	Aussenputz	0.02	0.87	0.02
–	Wärmeübergang aussen (h_e)	–	25 [3]	0.04

Tab. A

***U*-Wert** $= \frac{1}{R_{total}} =$ 0.19 W/(m²·K) ← $R_{total} =$ 5.19

[1] Falscher λ-Wert. Sichtbackstein hat einen schlechteren λ-Wert als Backstein.

[2] Falscher λ-Wert. Eine Produktespezifikation ist vorhanden, aber der λ-Wert entspricht nicht diesem Produkt, sondern z.B. «Flumroc Dämmplatte 3». Der λ-Wert beträgt gemäss Merkblatt SIA 2001 «Wärmedämmstoffe» (Ausgabe 2001) 0.036 W/(m · K).

[3] Der Wärmeübergangskoeffizien h_e ist falsch.
Bei Bauteilen gegen Aussenklima ist h_e = 25 W/(m² · K) und nicht 20 W/(m² · K).

3 *U*-Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog

Der Bauteilekatalog ist ein Nachschlagewerk über *U*-Werte der inder 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.

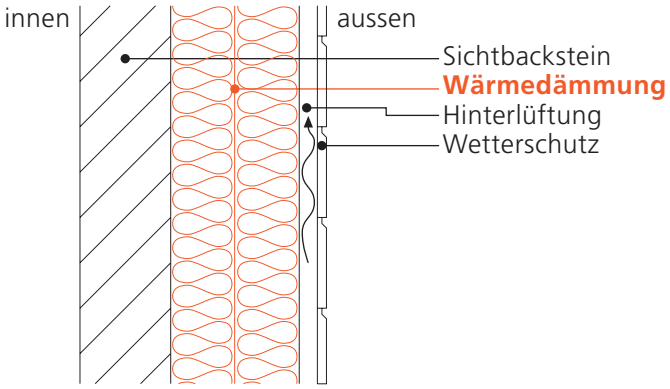
Weniger gebräuchliche Konstruktionsdetails, die in diesem Katalog nicht enthalten sind, können gemäss Kap. 2 mit Hilfe der Tabelle A berechnet werden. Bestehen überprüfte Herstellerangaben, so können auch diese verwendet werden.

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.

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/m²: ΔU= 0.05 W/(m² · K)
  Dieser Zuschlag wird dem Wärmebrückenkatalog entnommen.



① Nummer des Bauteils	Angaben zum Wärmedämmstoff				⑥ *U*-Wert in W/(m²·K)
	② Material	③ Produkt	④ *d* m	⑤ *λ* W/(m·K)	
W6	*Glaswolle*	*Isover PB F*	*0.20*	*0.032*	*0.20*

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

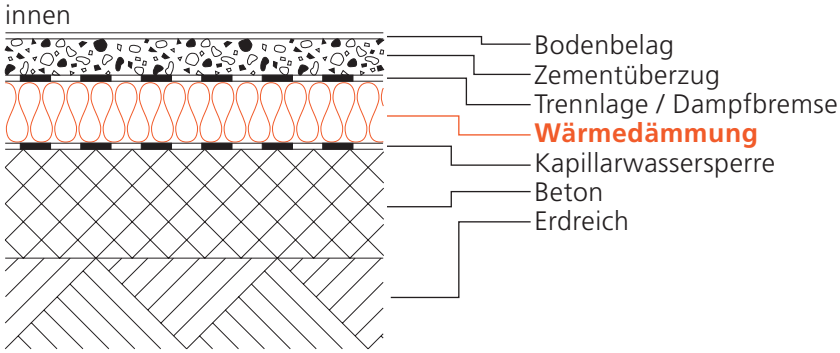
⑤ Wärmeleitfähigkeit *λ* gemäss Tabelle 1, Kap. 2.3.2 oder spezifischer Produktebezeichnung
Bei spezifischen Produktebezeichnungen können die *λ*-Werte dem Merkblatt SIA 2001 «Wärmedämmstoffe» entnommen werden.

⑥ Der *U*-Wert aus der Tabelle des Bauteils W6 (Kap. 4.1.2) beträgt 0.15 W/(m² · K). Hinzu kommt aus dem Wärmebrückenkatalog der Wärmebrückenzuschlag von 0.05 W/(m² · K). Der *U*-Wert des Bauteils beträgt somit 0.20 W/(m² · K).
Dieses Verfahren erfolgt jeweilen 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 W/(m² · K).

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

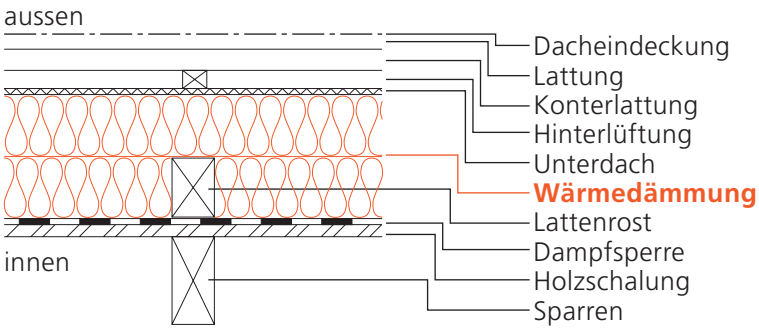
Übung 1
Bestimmen Sie den *U*-Wert des Bodens eines beheizten Raums im Keller. (10 cm Styrodur 2500 C).



Nummer des Bauteils	Angaben zum Wärmedämmstoff				***U*-Wert** in W/(m²·K)
	Material	Produkt	*d* m	*λ* W/(m·K)	

Tab. B

Übung 2
Das Schrägdach wird wärmegedämmt; 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/(m²·K)
	Material	Produkt	*d* m	*λ* W/(m·K)	

Tab. B

Lösung zu Übung 1

Nummer des Bauteils	Angaben zum Wärmedämmstoff				***U*-Wert** in W/(m²·K)
	Material	Produkt	*d* m	*λ* W/(m·K)	
B14	*Polystyrol extrudiert*	*Styrodur 2500 C*	*0.10*	*0.037* [1]	*0.34* [2]

Tab. B

[1] Der *λ*-Wert beträgt gemäss Merkblatt SIA 2001 bzw. den deklarierten Hersteller-Angaben 0.037 W/(m · K) für die vorgesehene Wärmedämmdicke.

[2] Der Bauteil ist homogen und kann somit dem Kapitel 4.1 entnommen werden.
Es gibt nur *U*-Werte 0.32 und 0.36 W/(m² · K) zu den *λ*-Werten 0.035 und 0.040 W/(m · K). Der *U*-Wert kann interpoliert werden: U = 0.34 W/(m² · K).

Lösung zu Übung 2

Nummer des Bauteils	Angaben zum Wärmedämmstoff				***U*-Wert** in W/(m²·K)
	Material	Produkt	*d* m	*λ* W/(m·K)	
Di 4 [1]	*Steinwolle*	*überwachtes Produkt*	*0.24*	*0.048* [2]	*0.21* [2]

Tab. B

[1] Der Bauteil ist inhomogen und kann dem Kapitel 4.2 entnommen werden.

[2] 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/(m² · K) eingesetzt werden, was einen *U*-Wert von 0.21 W/(m² · 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/(m² · 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.

4.1 Homogene Bauteile 26
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

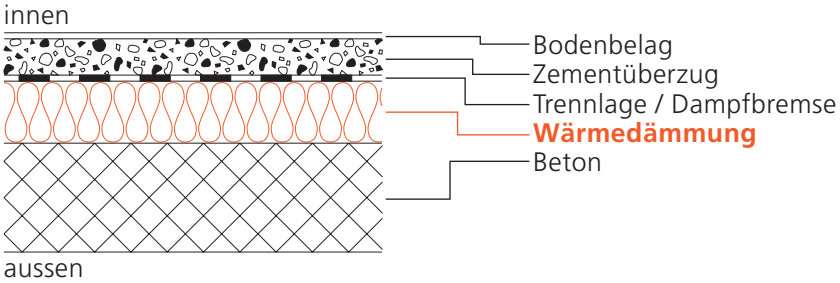
4.2 Inhomogene Bauteile 55
4.2.1 Böden 55
Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988 55
4.2.2 Wände 58
Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988 58
4.2.3 Dächer und Decken 60
– Dächer gegen Aussenluft 60
– Decken gegen unbeheizte Räume
Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988 62

4.1 Homogene Bauteile

4.1.1 Böden

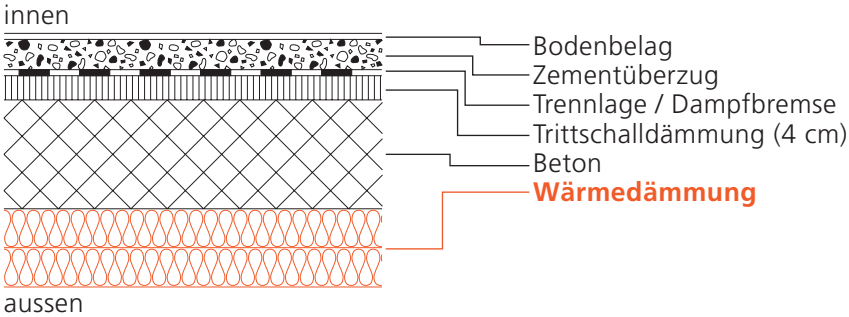
gegen Aussenluft

B 1



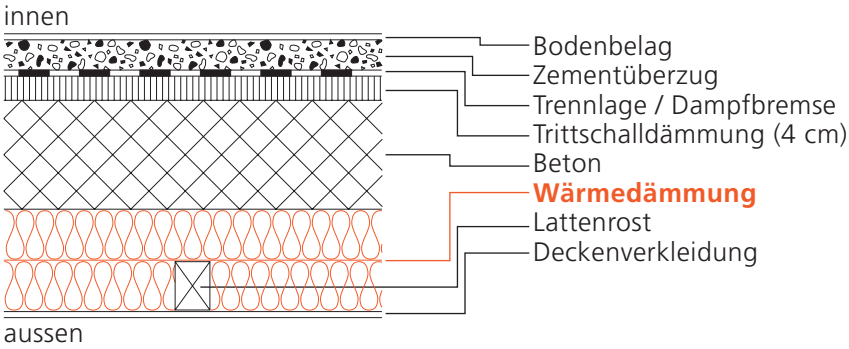
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050				0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
0.045			0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18
0.040			0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
0.035		0.38	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
0.030		0.33	0.27	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



λ 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

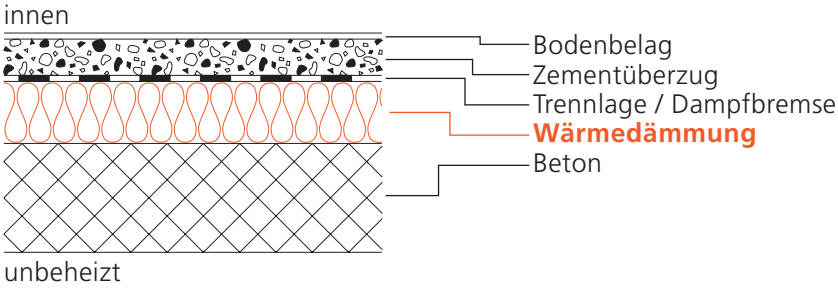
B 5



λ 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

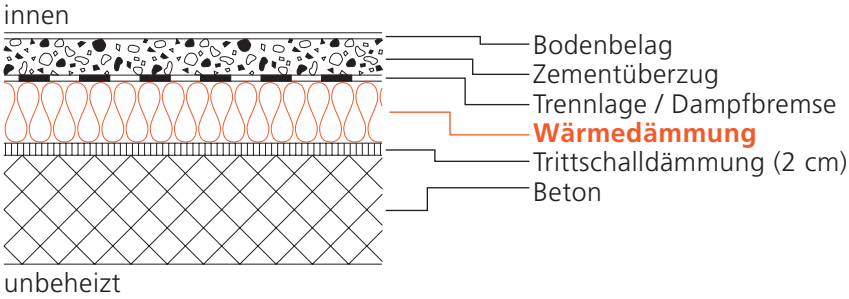
gegen unbeheizte Räume

B 8



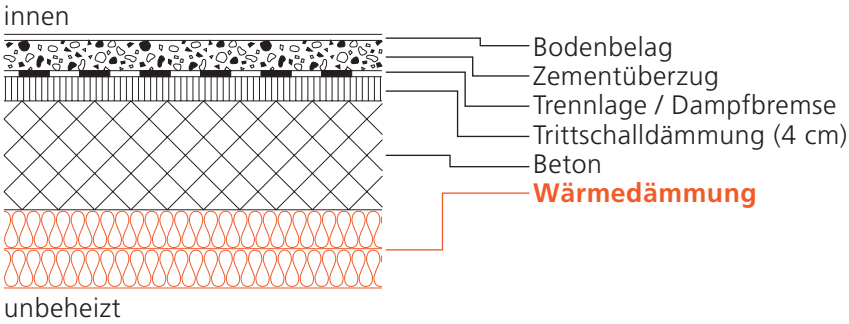
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.49	0.41	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
0.045	0.57	0.45	0.38	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17
0.040	0.52	0.41	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16
0.035	0.47	0.37	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	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



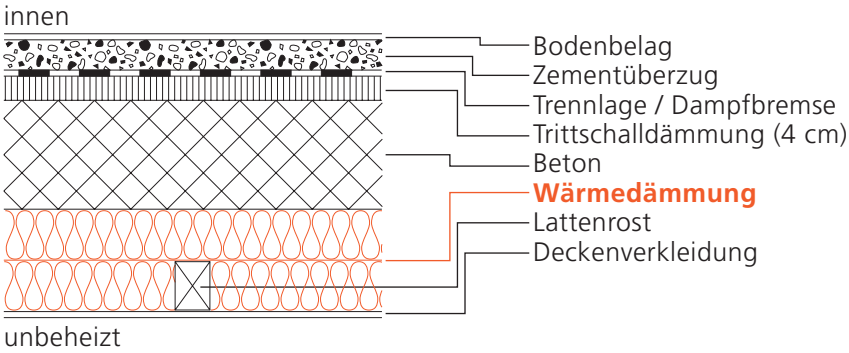
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050	0.47	0.40	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
0.045	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
0.040	0.41	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
0.035	0.38	0.31	0.26	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



λ 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

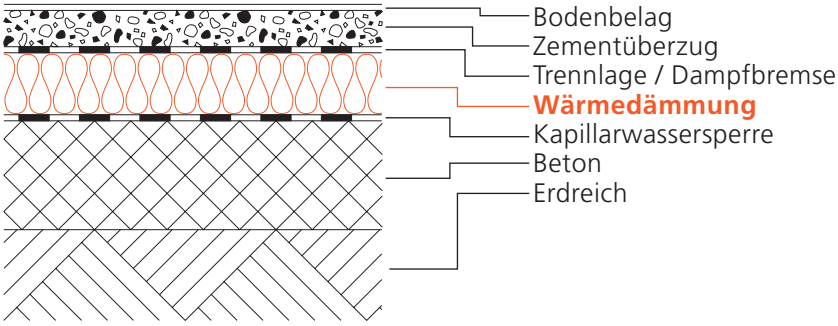
B 12



λ 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

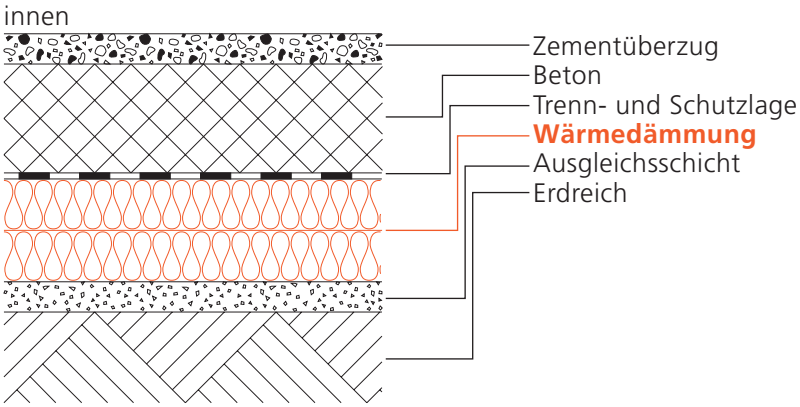
gegen Erdreich

B 14



λ 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

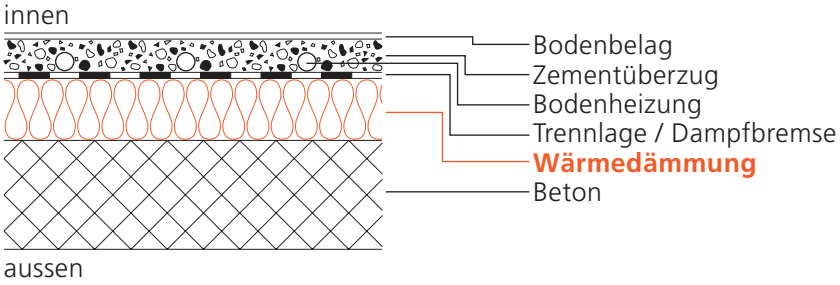
B 15



λ 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

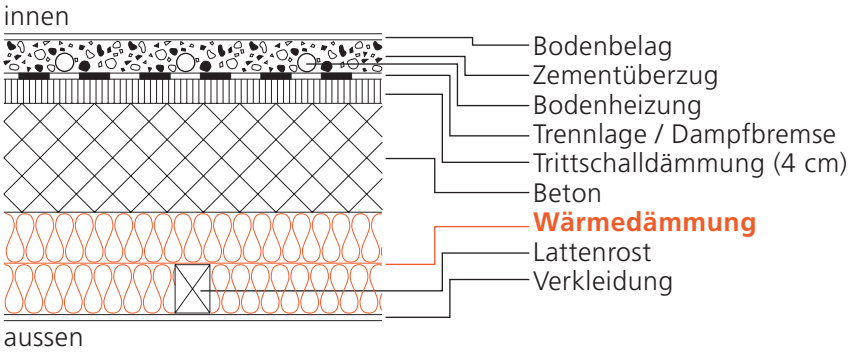
mit Fussbodenheizung

B 16



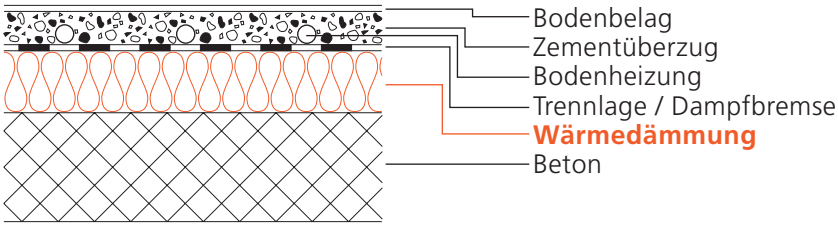
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm									U-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050				0.40	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20
0.045				0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18
0.040			0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16
0.035			0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14
0.030		0.36	0.29	0.24	0.21	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



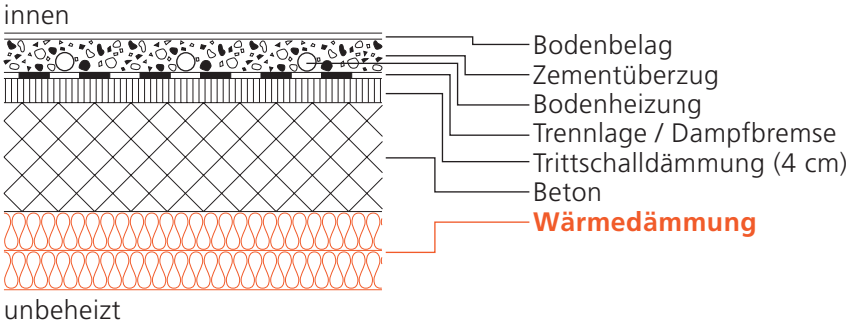
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.38	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19
0.045		0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
0.040	0.40	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
0.035	0.38	0.32	0.28	0.25	0.22	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



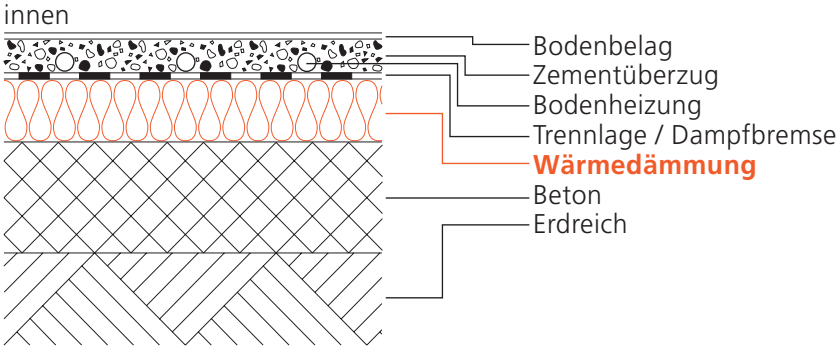
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.55	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
0.045		0.50	0.41	0.35	0.30	0.27	0.24	0.21	0.20	0.18
0.040	0.58	0.45	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
0.035	0.52	0.40	0.33	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	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



λ 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

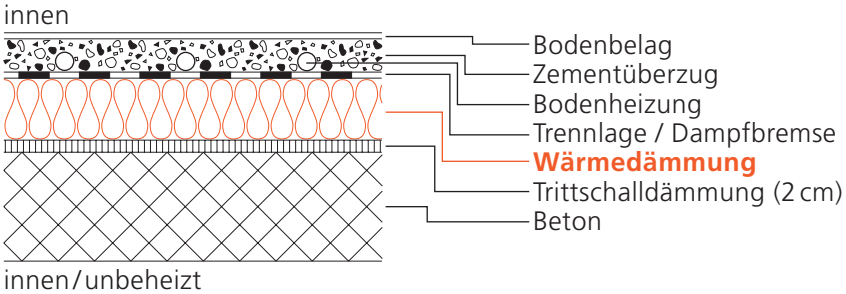
B 20



λ 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

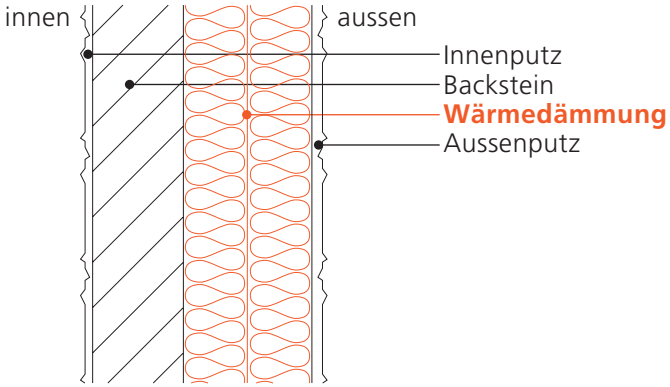


λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (nur Wärmedämmung)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050	0.52	0.43	0.37	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
0.045	0.49	0.40	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17
0.040	0.45	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
0.035	0.41	0.33	0.28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

4.1.2 Wände

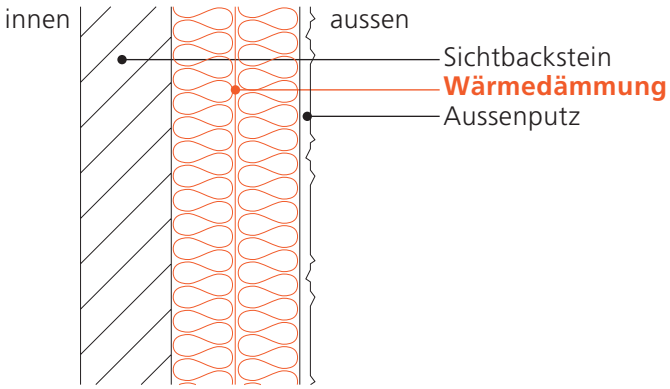
gegen Aussenluft, mit Aussendämmung

W 1



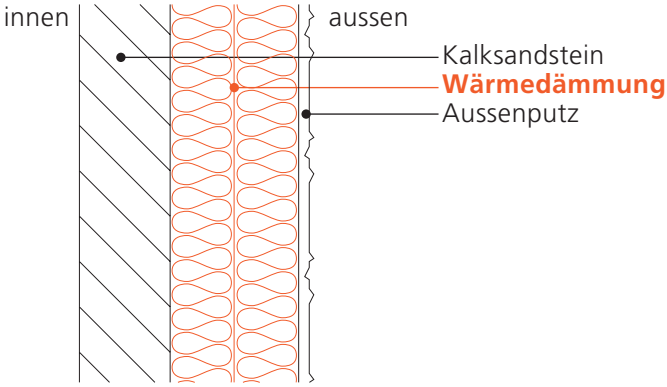
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0.050	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
0.045	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
0.040	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
0.035	0.29	0.25	0.22	0.20	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



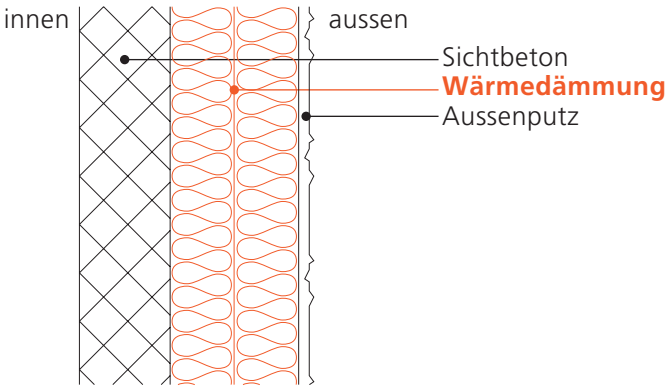
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0.050	0.40	0.35	0.30	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16
0.045	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15
0.040	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
0.035	0.30	0.26	0.22	0.20	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



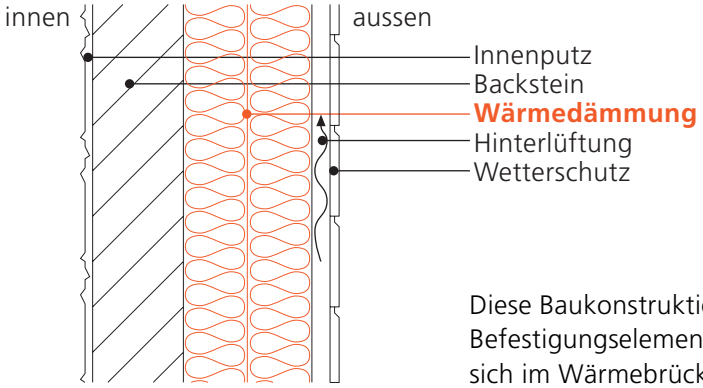
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0.050		0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17
0.045	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
0.040	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
0.035	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	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



λ 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

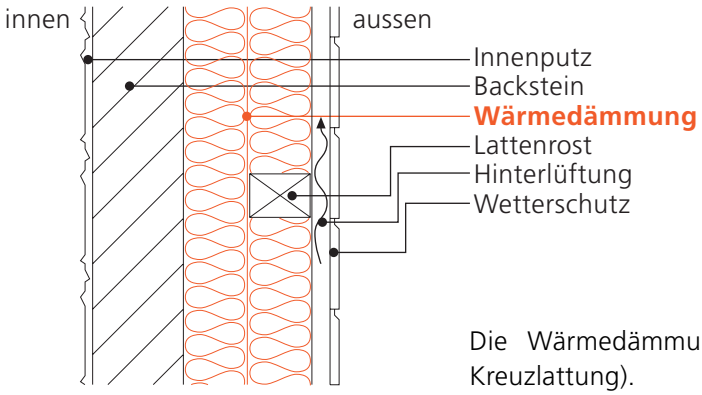
W 5



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

λ 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

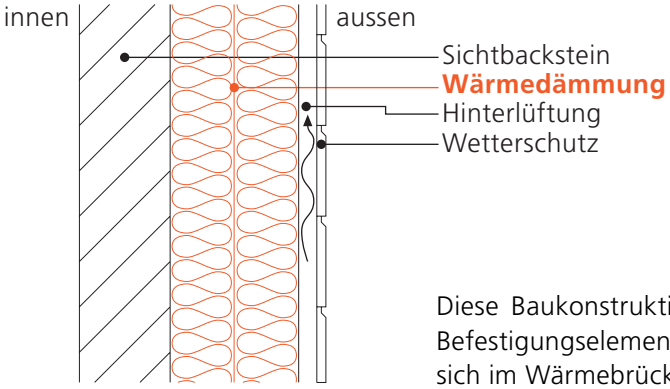
W 5i



Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

λ 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

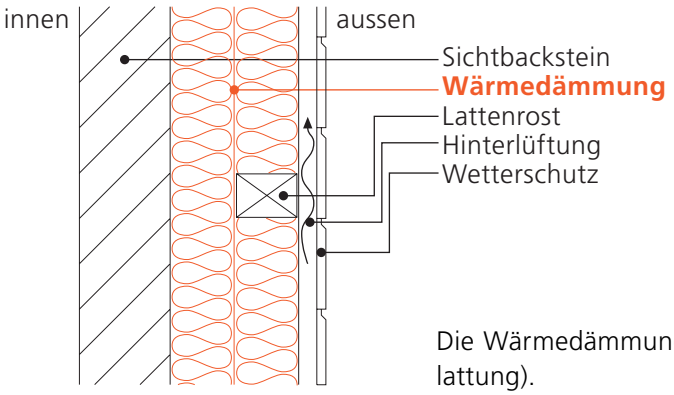
W 6



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

λ 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	0.14	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

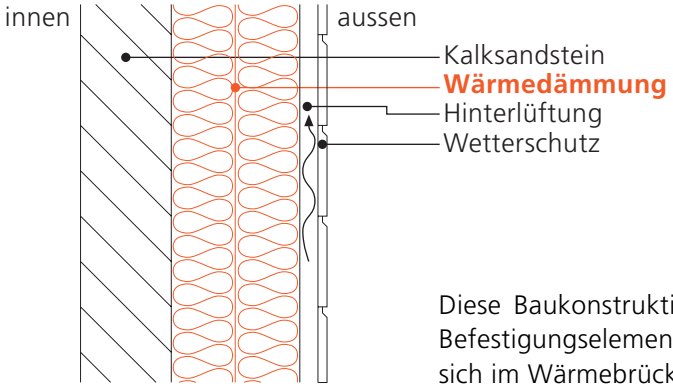
W 6i



Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

λ 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	0.30	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

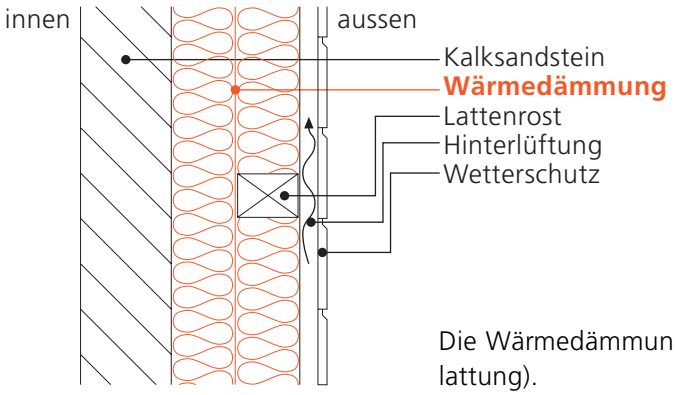
W 7



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

λ 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

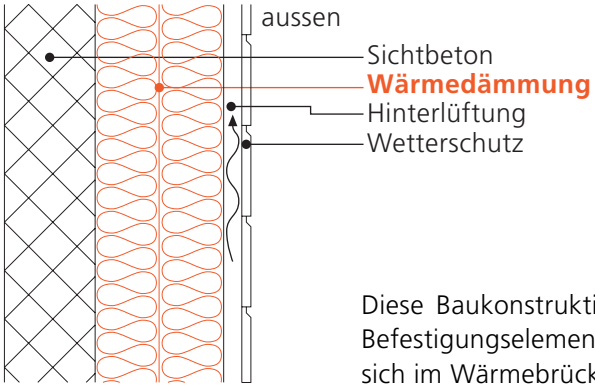
W 7i



Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

λ 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

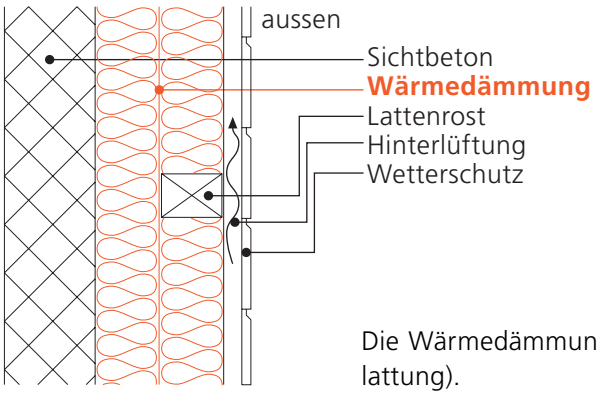
W 8



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

λ 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	0.19	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

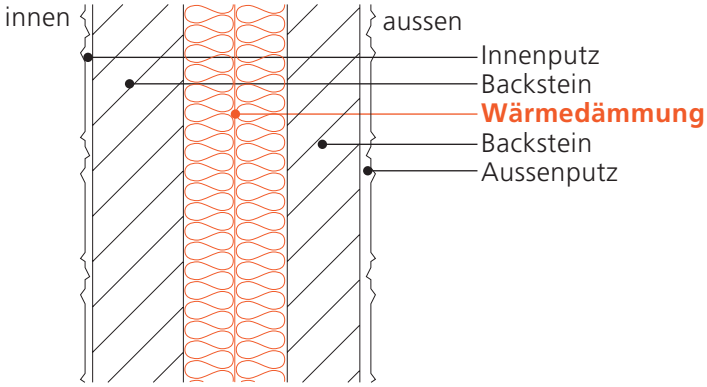


Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

λ 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	0.20	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

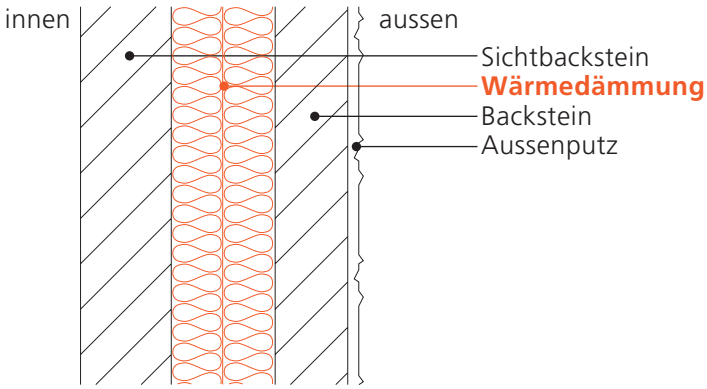
gegen Aussenluft, mit Kerndämmung

W 9



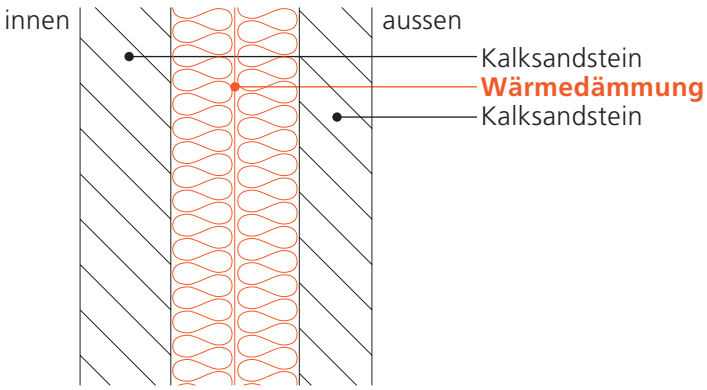
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									U-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050			0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
0.045		0.38	0.33	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
0.040		0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
0.035	0.39	0.32	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	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



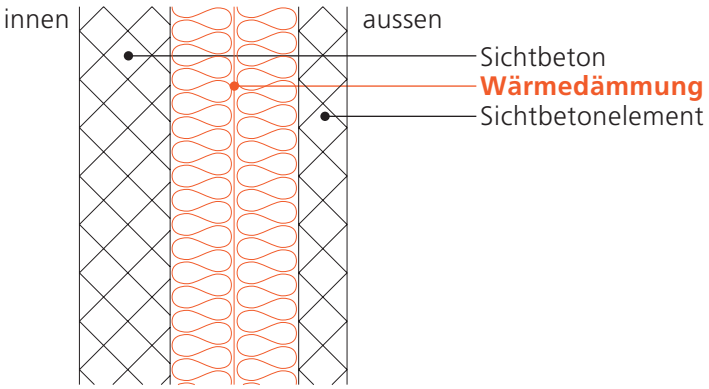
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									U-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050			0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
0.045		0.39	0.34	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16
0.040		0.36	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
0.035		0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	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



λ 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

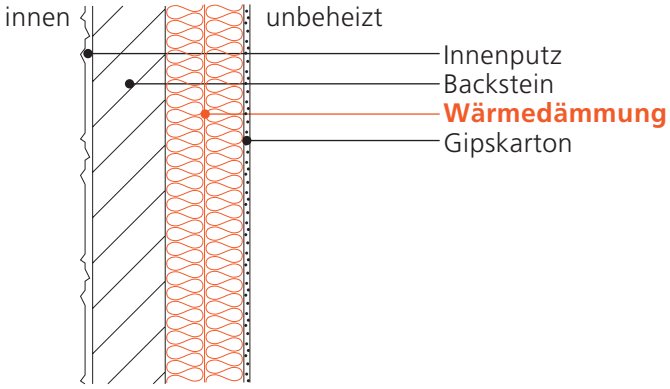
W 12



λ 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

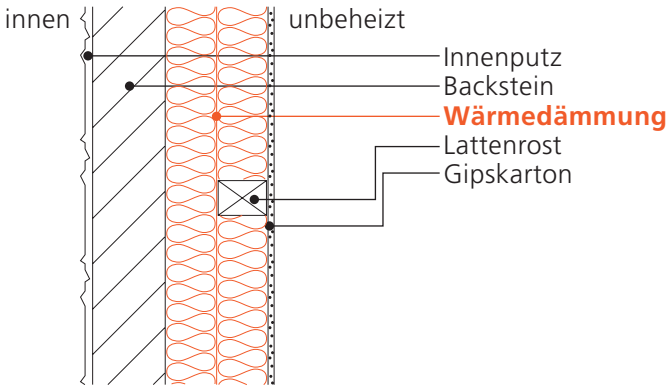
gegen unbeheizte Räume

W 25



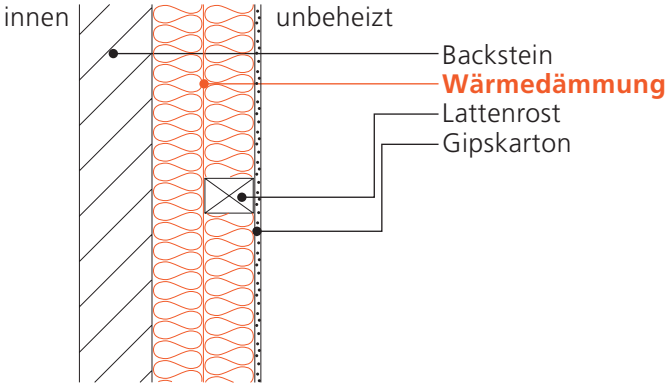
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050	0.55	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18
0.045	0.51	0.42	0.35	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
0.040	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
0.035	0.43	0.34	0.29	0.25	0.22	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



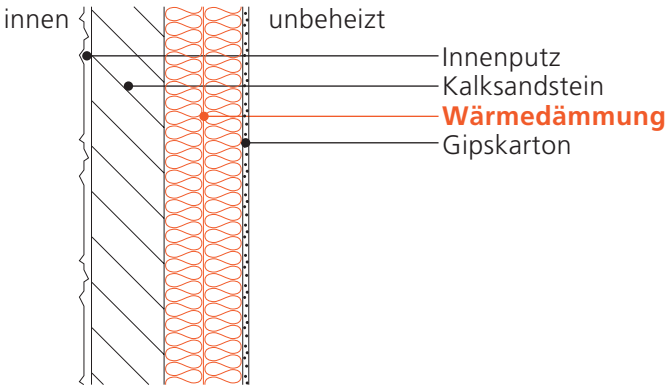
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050	0.59	0.49	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21
0.045	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
0.040	0.52	0.43	0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
0.035	0.49	0.40	0.33	0.29	0.26	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



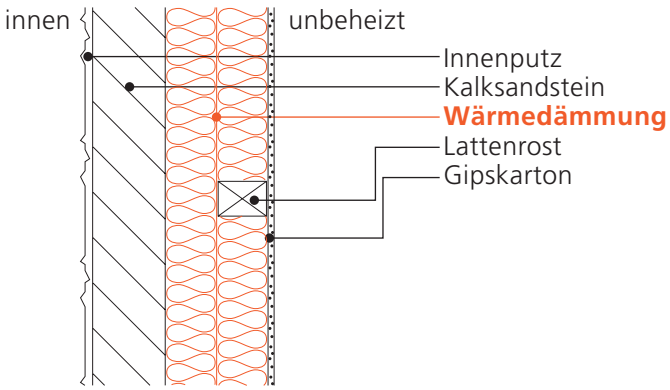
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050	0.60	0.49	0.42	0.37	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21
0.045	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19
0.040	0.53	0.43	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
0.035	0.49	0.40	0.34	0.29	0.26	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



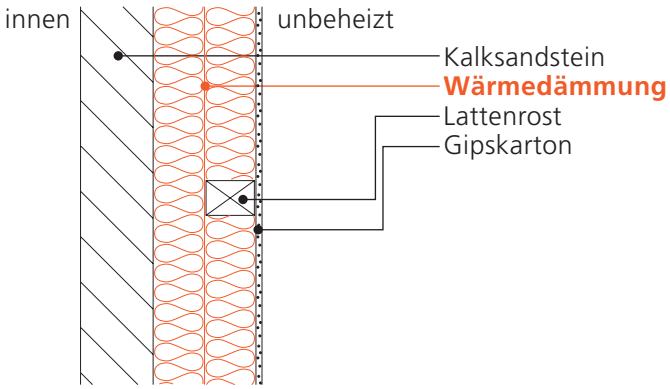
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050	0.60	0.48	0.40	0.35	0.31	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19
0.045	0.55	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17
0.040	0.51	0.40	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
0.035	0.46	0.36	0.30	0.26	0.22	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



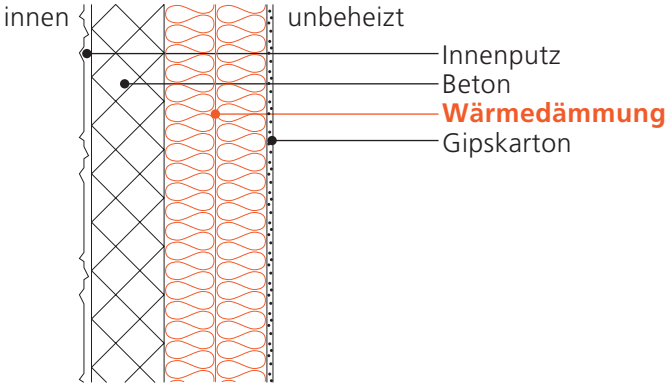
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.53	0.45	0.39	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
0.045		0.50	0.42	0.36	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20
0.040	0.57	0.46	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
0.035	0.53	0.42	0.35	0.30	0.27	0.24	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



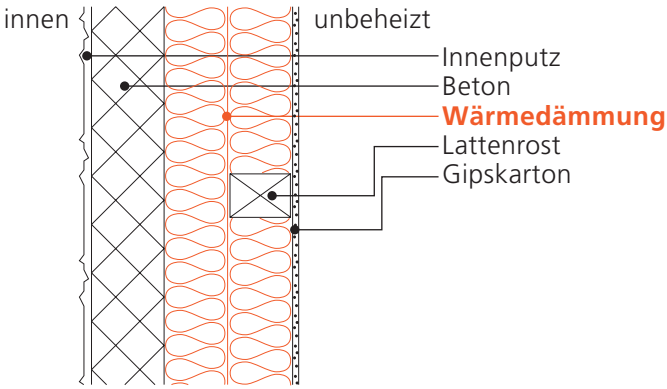
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.54	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21
0.045		0.50	0.42	0.36	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20
0.040	0.58	0.46	0.39	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18
0.035	0.53	0.43	0.36	0.31	0.27	0.24	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



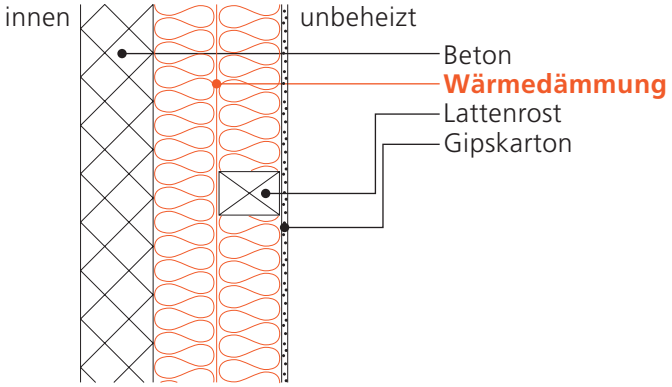
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.49	0.41	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
0.045	0.57	0.45	0.38	0.32	0.28	0.25	0.23	0.20	0.19	0.17
0.040	0.52	0.41	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16
0.035	0.47	0.37	0.30	0.26	0.23	0.20	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



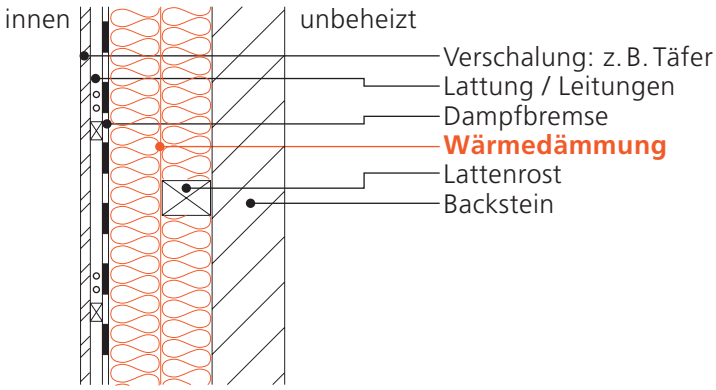
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.54	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.23	0.22
0.045		0.50	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26	0.23	0.22	0.20
0.040	0.58	0.47	0.39	0.34	0.30	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18
0.035	0.54	0.43	0.36	0.31	0.27	0.24	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



λ 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

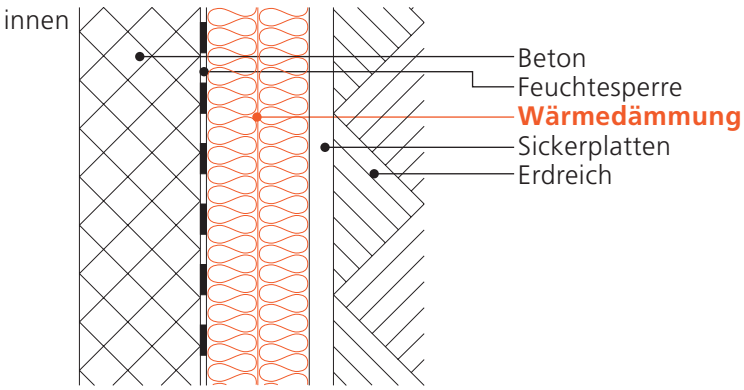
W 34



λ 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

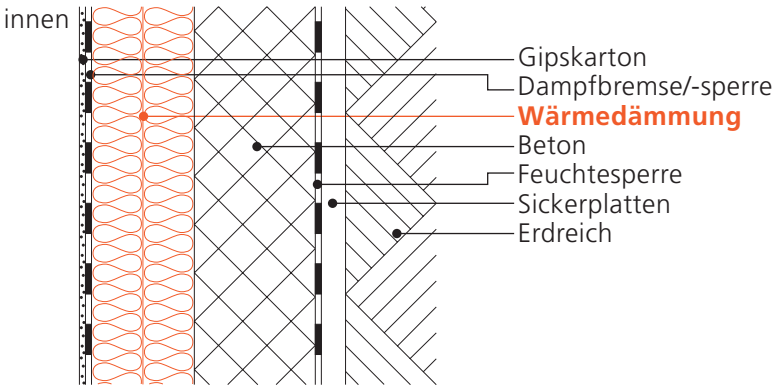
gegen Erdreich

W 37



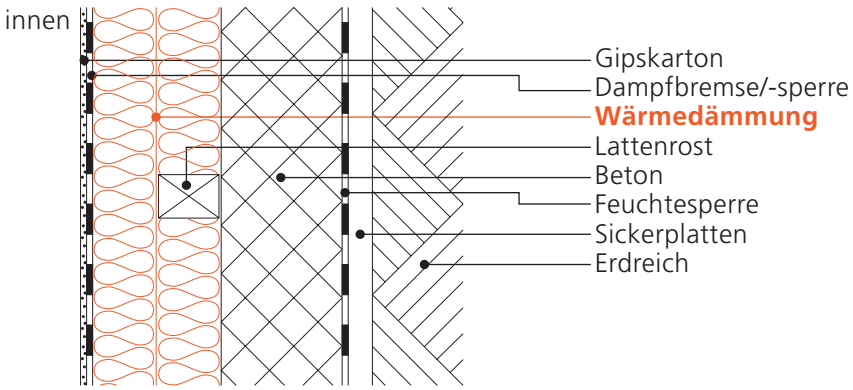
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.54	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
0.045		0.50	0.41	0.34	0.30	0.26	0.24	0.21	0.19	0.18
0.040	0.57	0.45	0.36	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
0.035	0.51	0.40	0.32	0.27	0.24	0.21	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



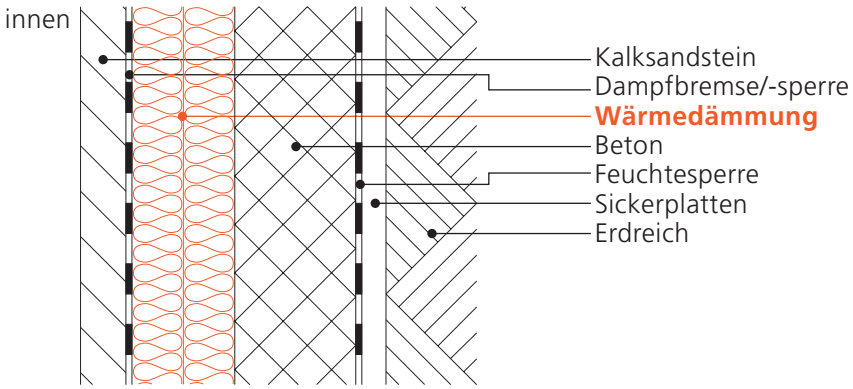
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.52	0.43	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
0.045	0.60	0.47	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18
0.040	0.54	0.43	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
0.035	0.49	0.38	0.31	0.27	0.23	0.20	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



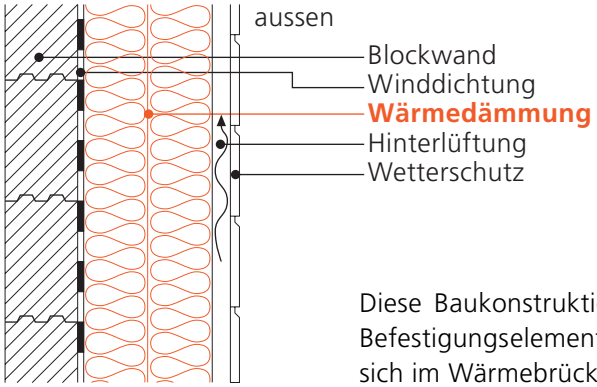
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050		0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22
0.045		0.53	0.44	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
0.040		0.49	0.41	0.35	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
0.035	0.57	0.45	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	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



λ 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

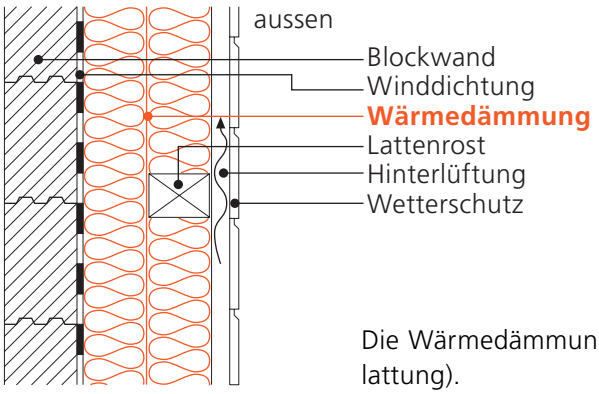
W 47



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

λ 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	0.32	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



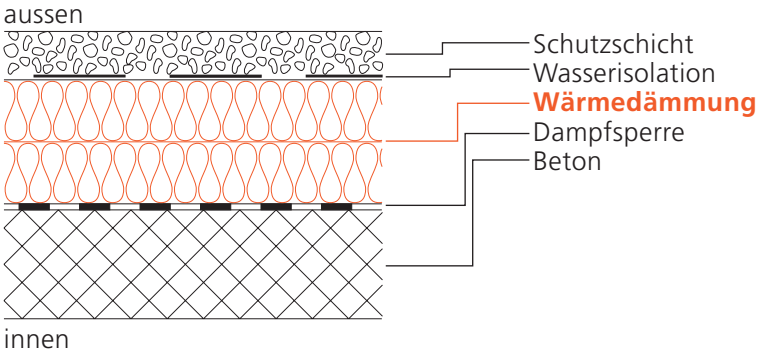
Die Wärmedämmung ist inhomogen ausgeführt (mit Kreuzlattung).

λ 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	0.34	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

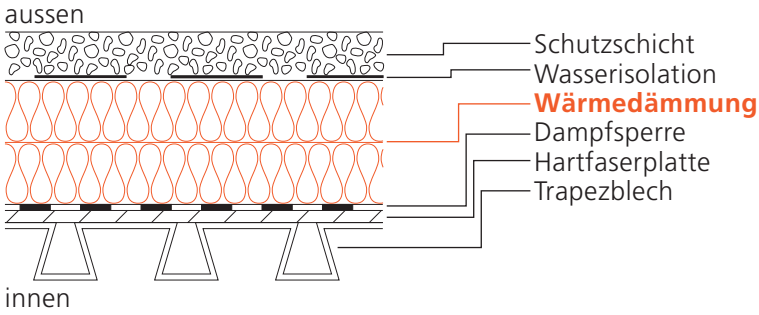
Dächer gegen Aussenluft

D 1



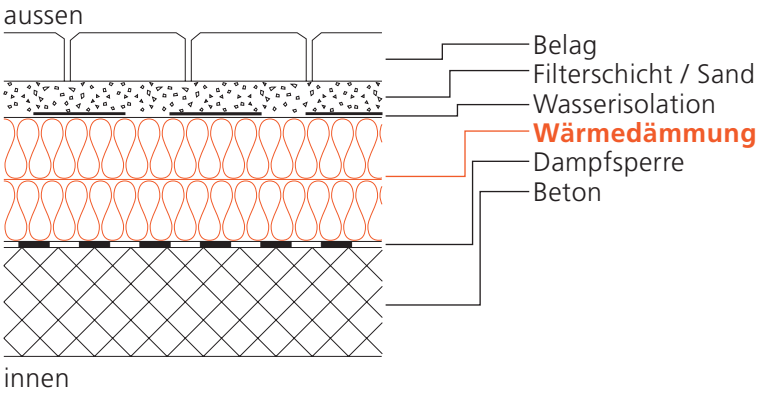
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0.050		0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
0.045	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
0.040	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
0.035	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	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



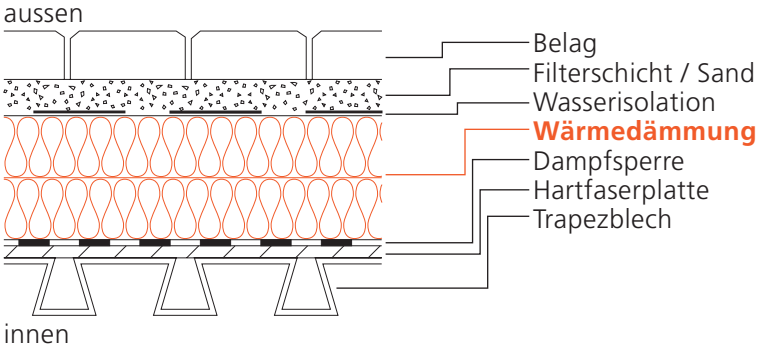
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0.050		0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
0.045	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
0.040	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
0.035	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	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



λ 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

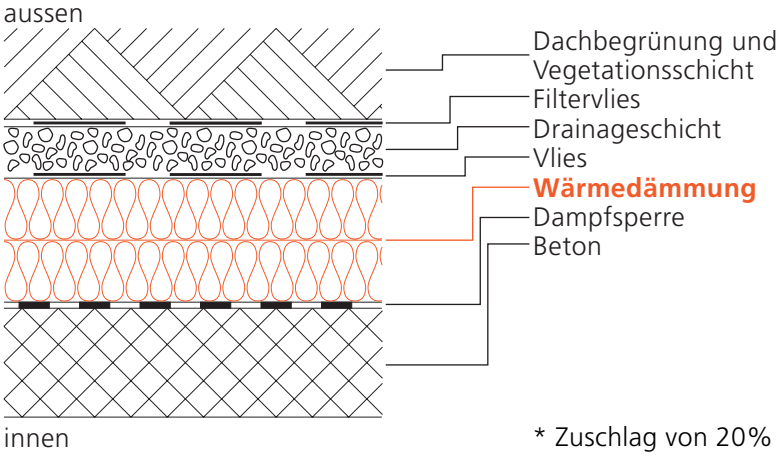
D 8



λ 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

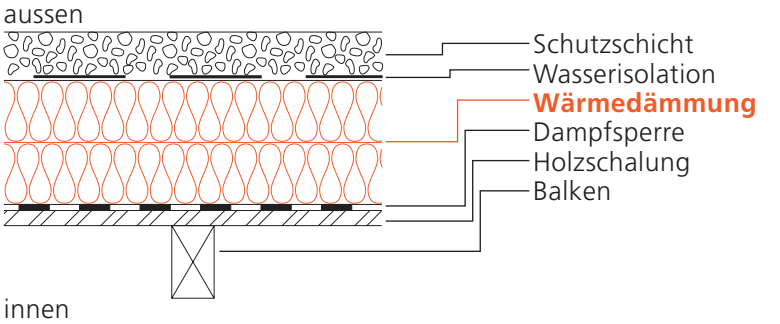
Umkehrdach



* Zuschlag von 20% berücksichtigt (Kap. 2.5)

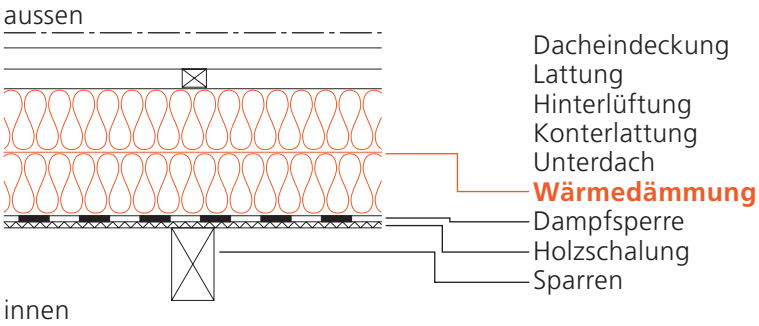
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)*
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0.050			0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20
0.045		0.39	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
0.040		0.35	0.31	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
0.035	0.37	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	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



λ 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

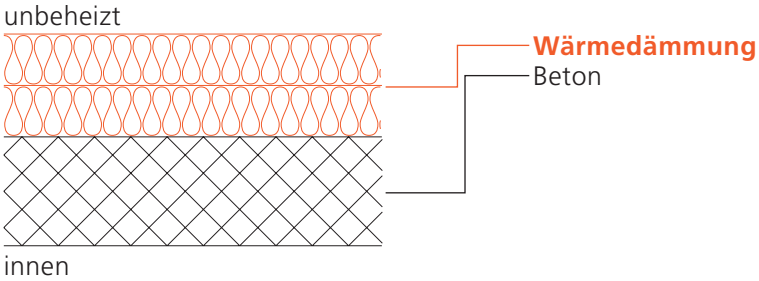
D 11



λ 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

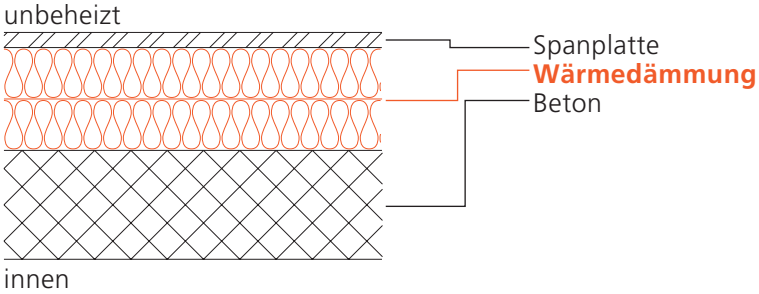
Decke gegen unbeheizte Räume

D 12



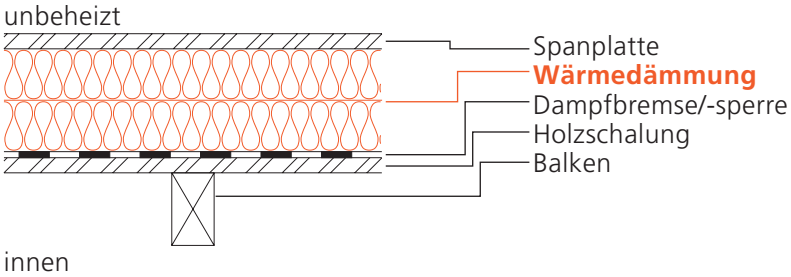
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0.050		0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17
0.045	0.38	0.33	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
0.040	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
0.035	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	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



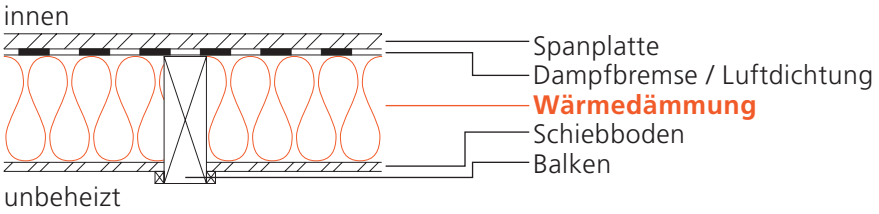
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0.050	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
0.045	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
0.040	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
0.035	0.30	0.25	0.22	0.20	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



λ 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



λ 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

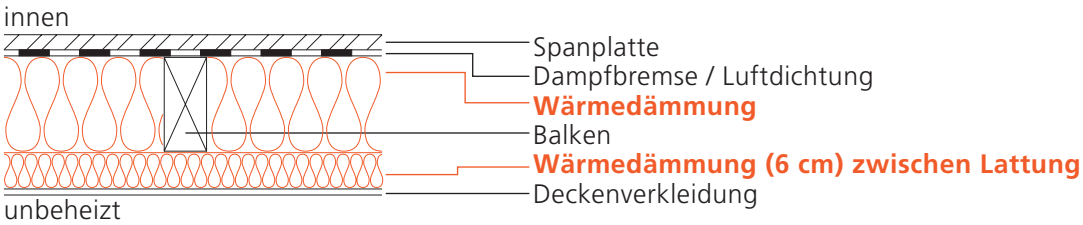
Bi 3

λ 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

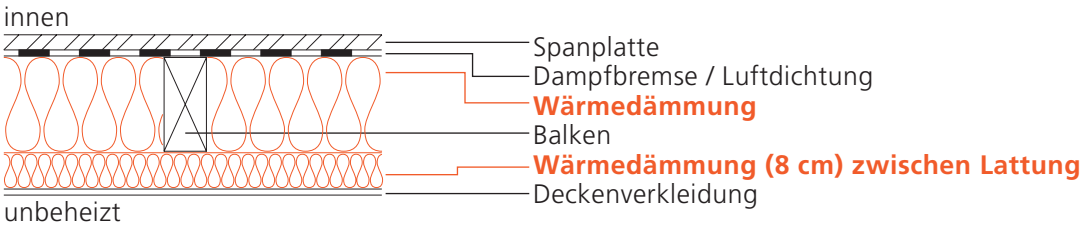
λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.050	0.35	0.32	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17
0.045	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
0.040	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.15	0.15
0.035	0.29	0.26	0.23	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



λ 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

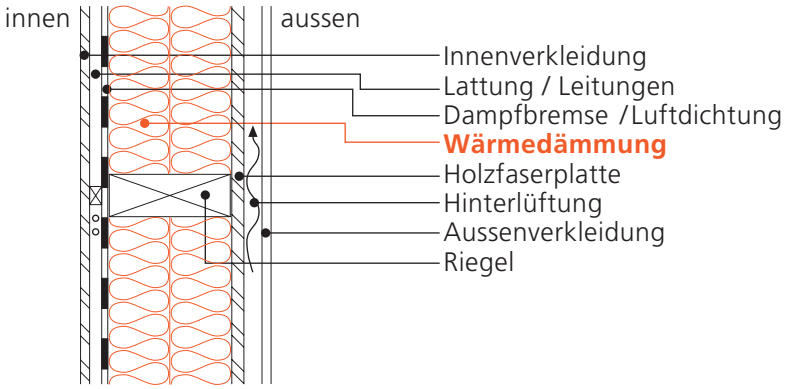
Bi 6



λ 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	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18
0.045	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17
0.040	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
0.035	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
0.030	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
0.025	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12
0.020	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10

4.2.2 Wände

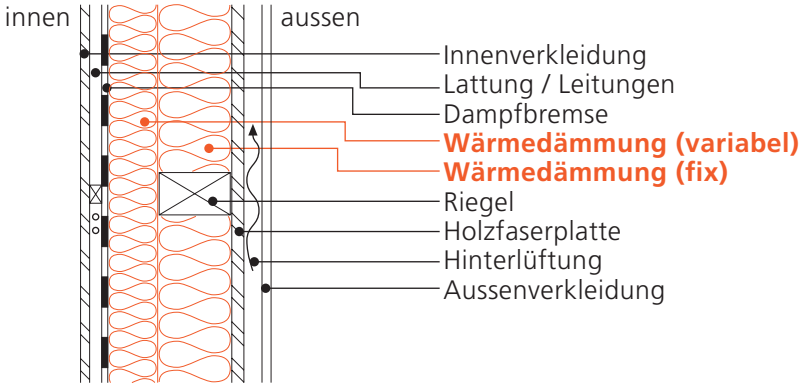
Wi 1



λ 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

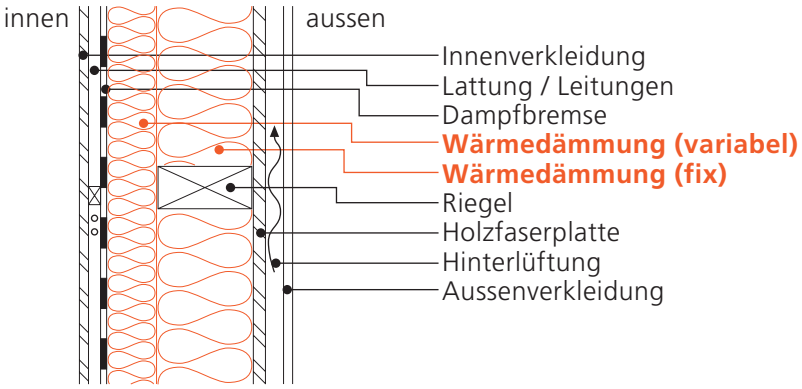


λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht)					*U*-Wert in W/(m² · K)				
	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
0.050	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20
0.045	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
0.040	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18
0.035	0.25	0.23	0.21	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



λ 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

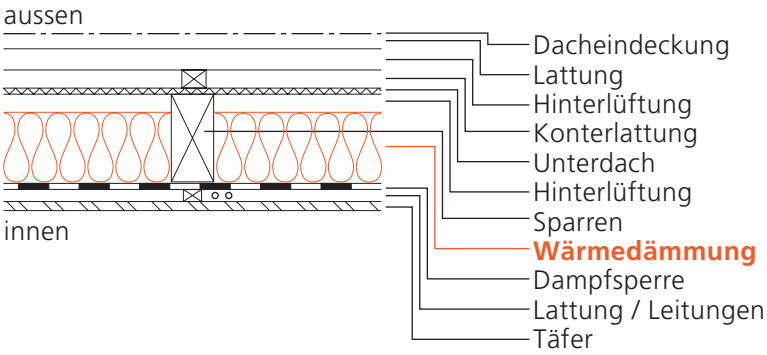
Fixe Schicht: 16 cm Wärmedämmung

Fixe Schicht: 18 cm Wärmedämmung

4.2.3 Dächer und Decken

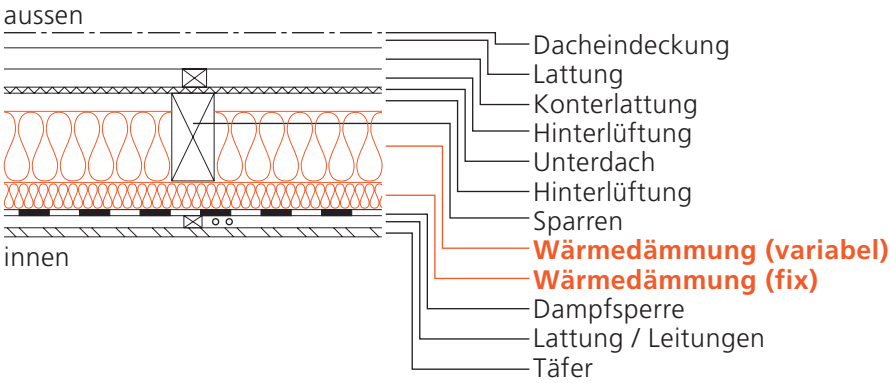
Dächer gegen Aussenluft

Di 1



λ 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

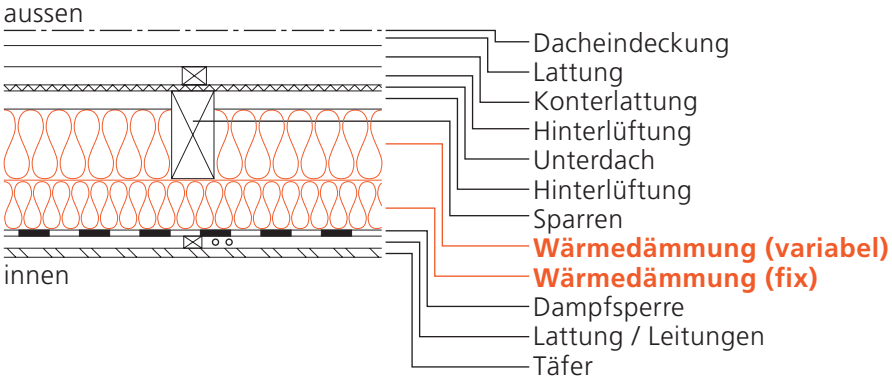


λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht)					*U*-Wert in W/(m² · K)				
	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
0.050	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21
0.045	0.30	0.27	0.24	0.23	0.21	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
0.040	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18
0.035	0.25	0.23	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

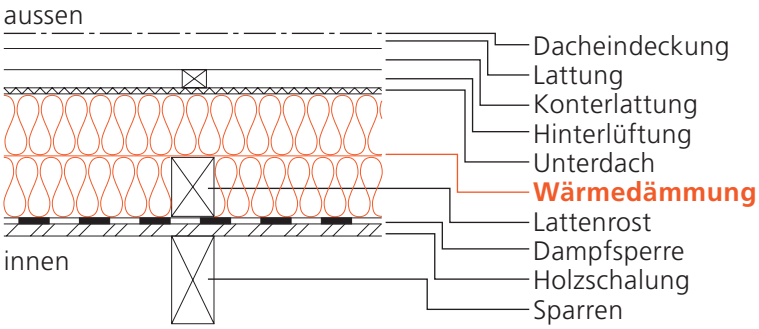


λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht)					*U*-Wert in W/(m² · K)				
	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
0.050	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18
0.045	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17
0.040	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15
0.035	0.20	0.19	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

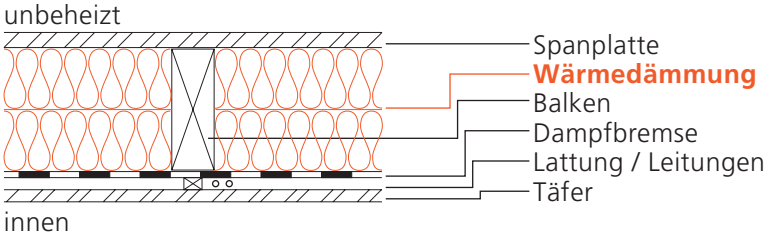


λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (insgesamt)									*U*-Wert in W/(m² · K)
	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
0.050	0.34	0.30	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16
0.045	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
0.040	0.29	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
0.035	0.27	0.24	0.21	0.20	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

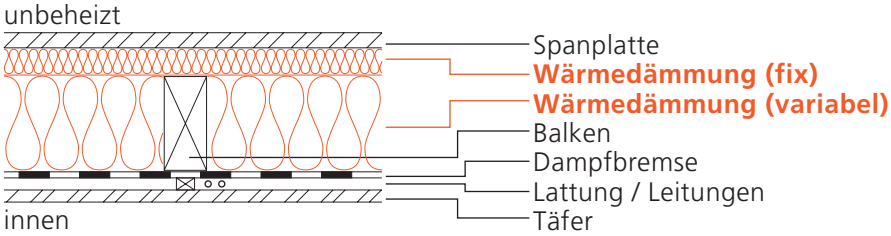
Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1988

Di 8



λ 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

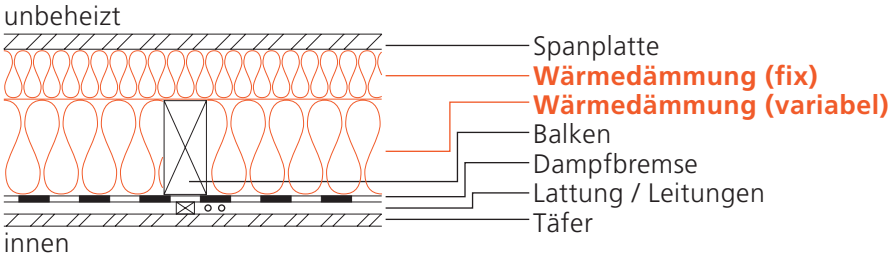


λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm (nur variable Schicht)					*U*-Wert in W/(m² · K)				
	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
0.050	0.31	0.28	0.25	0.24	0.22	0.28	0.25	0.23	0.22	0.20
0.045	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19
0.040	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
0.035	0.24	0.22	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



λ 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	0.25	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 jeweilen die maximalen Werte einzusetzen. In der Tabelle zur Bestimmung der *U*-Werte wird speziell darauf hingewiesen.

5.1 Fenster 66
5.1.1 Grundlagen zur Berechnung des 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
5.2 Türen 69

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.

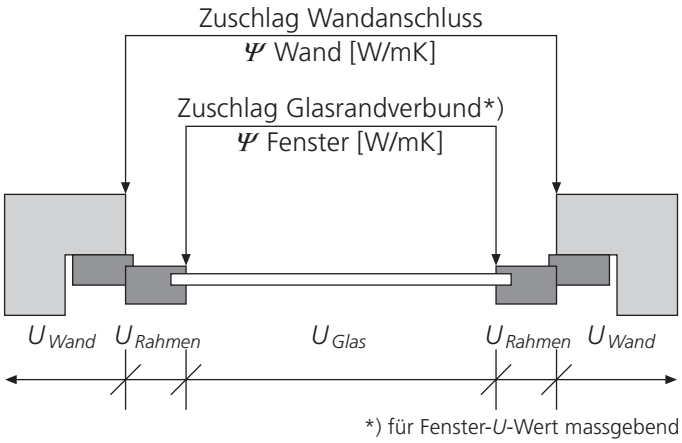


Bild 10
Teilbereiche des Fensters

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

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

U_f *U*-Wert des Rahmens in W/(m² · K)
A_f Projektionsfläche des Rahmens in m²
U_g *U*-Wert des Glases in W/(m² · K)
A_g Projektionsfläche des Glases in m²
Ψ_g längenbezogener Durchgangskoeffizient des Glasrandverbunds (bezüglich Glas-Lichtmass) in W/(m · K)
l_g Perimeterlänge des Glasrands in m
A_w Projektionsfläche des Fensters in m²

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 W/(m² · K)
Kunststoff	U_f = 2.5 W/(m² · K)
wärmegedämmte Verbundprofile	U_f = 3.3 W/(m² · K)

5.1.3 Glasrandverbund

Für die Ψ_g-Werte können bei Aluminiumabstandhaltern folgende Werte eingesetzt werden:

Glas	Glas-*U*-Wert W/(m²·K)	Ψ_g in W/(m · K) $U_f \leq 2.1$ W/(m²·K)	$U_f > 2.1$ W/(m²·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:
Ψ_g-Werte für Aluminiumabstandhalter (Richtwerte)

Die Ψ_g-Werte sind sowohl von den Glas- als auch von den Rahmen-*U*-Werten abhängig. Ψ_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 Sonnenschutzeinrichtungen 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- und Fensterelemente» (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 [1]			U_w (Fenster) in W/(m² · K) [3]				
	Typ	U_g W/(m² · K)	*g*-Wert [2] %	U_f (Rahmen) in W/(m² · K) [4] **1.0**	**1.4**	**1.9**	**2.5**	**3.3**
Rahmen-	2IV	1.5	62	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3
anteil:	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-	2IV	1.5	62	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2
anteil:	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-	2IV	1.5	62	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0
anteil:	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

1 Bei den U_g-Werten wird von einem Gasfüllungsgrad von 90% ausgegangen.

2 Höhere *g*-Werte sind zu belegen. Bei Produktespezifikationen ist der entsprechende *g*-Wert zu berücksichtigen.
Für Schall- und Sonnenschutzgläser sind nur Herstellerangaben zu verwenden.

3 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.

4 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.

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 W/(m² · K).

Bestimmung des Fenster-*U*-Werts U_w mit Tabellenwerten

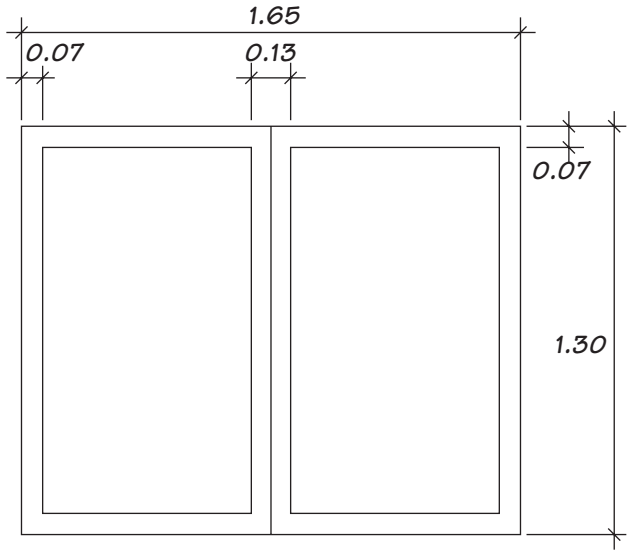
	Glas			U_w (Fenster) in W/(m² · K)				
	Typ	U_g W/(m² · K)	*g*-Wert %	U_f (Rahmen) in W/(m² · K) **1.0**	**1.4**	**1.9**	**2.5**	**3.3**
Rahmen-	2IV	1.5	62	1.5	1.7	**1.8**	2.1	2.3
anteil:	2IV	1.3	62	1.4	1.6	**1.7**	2.0	2.3
30%	**2IV**	**1.1**	**62**	**1.3**	**1.4**	**1.6**	1.9	2.1

- 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 W/(m² · K) eingesetzt.
- Da keine spezifischen Angaben zum Abstandhalter erfolgen, wird von Aluminiumabstandhaltern ausgegangen.

Berechnung des Fenster-*U*-Werts U_w mit Tabelle Aw

Nachfolgend ist der detaillierte Berechnungsgang zur Bestimmung des Fenster-*U*-Werts dargestellt. Als Hilfsmittel dienen dabei Angaben aus diesem Kapitel sowie Tabelle A_w aus dem Anhang.
Die Tabelle A_w im Anhang kann für eigene Beispiele vervielfältigt und als Nachweis für die Eingabe an die Baubehörde verwendet werden.

Fensterskizze mit Vermassung



Rahmen
Material: Holz
Rahmen-*U*-Wert: U_f= 1.9 W/(m²·K)
Projektionsfläche des Rahmens: A_f= 0.54 m²

Verglasung
Glasbezeichnung: 2-IV-IR
Produkt/Typ: ———
Glas-*U*-Wert: U_g= 1.1 W/(m²·K)
Projektionsfläche des Glases: A_g= 1.6 m²

Glasrandverbund
Material des Abstandhalters:
☒ Aluminium ☐ Edelstahl ☐ Kunststoff / Butyl
Längenbezogener-*U*-Wert: Ψ_g= 0.07 W/(m·K)
Perimeterlänge des Glasrands: L_g= 7.40 m

Rahmenanteil: A_f= 25.4 %

Projektionsfläche des Fensters: A_w= 2.14 m²

Tab. Aw

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

U_w= 1.54 W/(m²·K)

Nr. des Bauteils	Aufbau	*U*-Wert W/(m² · K)
Haus- und Wohnungseingangstüren		
T1	Spanplatte 20 mm Wärmedämmschicht 30 mm Täferaufdopplung 21 mm	1.1
T2	Spanplatte 22 mm Wärmedämmschicht 10 mm 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 beidseitig Aluminium beschichtet	2.5
T6	Aluminiumblech beidseitig Wärmedämmschicht 20 mm	2.1
T7	Aluminiumblech beidseitig Wärmedämmschicht 40 mm	1.3
T8	Furnier, Dünnspanplatte und Aluminiumblech beidseitig Spanplatte 40 mm	1.6
T9	Furnier, Dünnspanplatte und Aluminiumblech beidseitig Spanplatte 16 mm beidseitig Wärmedämmschicht 18 mm	1.1
Innentüren		
T10	gestemmt, etwa 36 mm 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 _____				R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
	Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	m²·K/W
		Wärmeübergang innen (h_i)			
		Wärmeübergang aussen (h_e)			

Tab. A

***U*-Wert** $= \frac{1}{R_{total}} =$ W/(m²·K) ← $R_{total} =$ _____

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)	Bezeichnung des Bauteils _____				R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
	Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m²·K) / λ W/(m·K)	m²·K/W
		Wärmeübergang innen (h_i)			
		Wärmeübergang aussen (h_e)			

Tab. A

***U*-Wert** $= \frac{1}{R_{total}} =$ W/(m²·K) ← $R_{total} =$ _____

Nummer des Bauteils	Angaben zum Wärmedämmstoff				***U*-Wert** in W/(m²·K)
	Material	Produkt	*d* m	*λ* W/(m·K)	

Tab. B

Fensterskizze mit Vermassung	**Rahmen** Material: _____ Rahmen-*U*-Wert: U_f= _____ W/(m²·K) Projektionsfläche des Rahmens: A_f= _____ m²
	Verglasung Glasbezeichnung: _____ Produkt/Typ: _____ Glas-*U*-Wert: U_g= _____ W/(m²·K) Projektionsfläche des Glases: A_g= _____ m²
	Glasrandverbund Material des Abstandhalters: ☐ Aluminium ☐ Edelstahl ☐ Kunststoff / Butyl Längenbezogener-*U*-Wert: Ψ_g= _____ W/(m·K) Perimeterlänge des Glasrands: L_g= _____ m
Rahmenanteil: A_f= _____ %	Projektionsfläche des Fensters: A_w= _____ m²

Tab. A_w

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} = \_\_\_\_\_$$

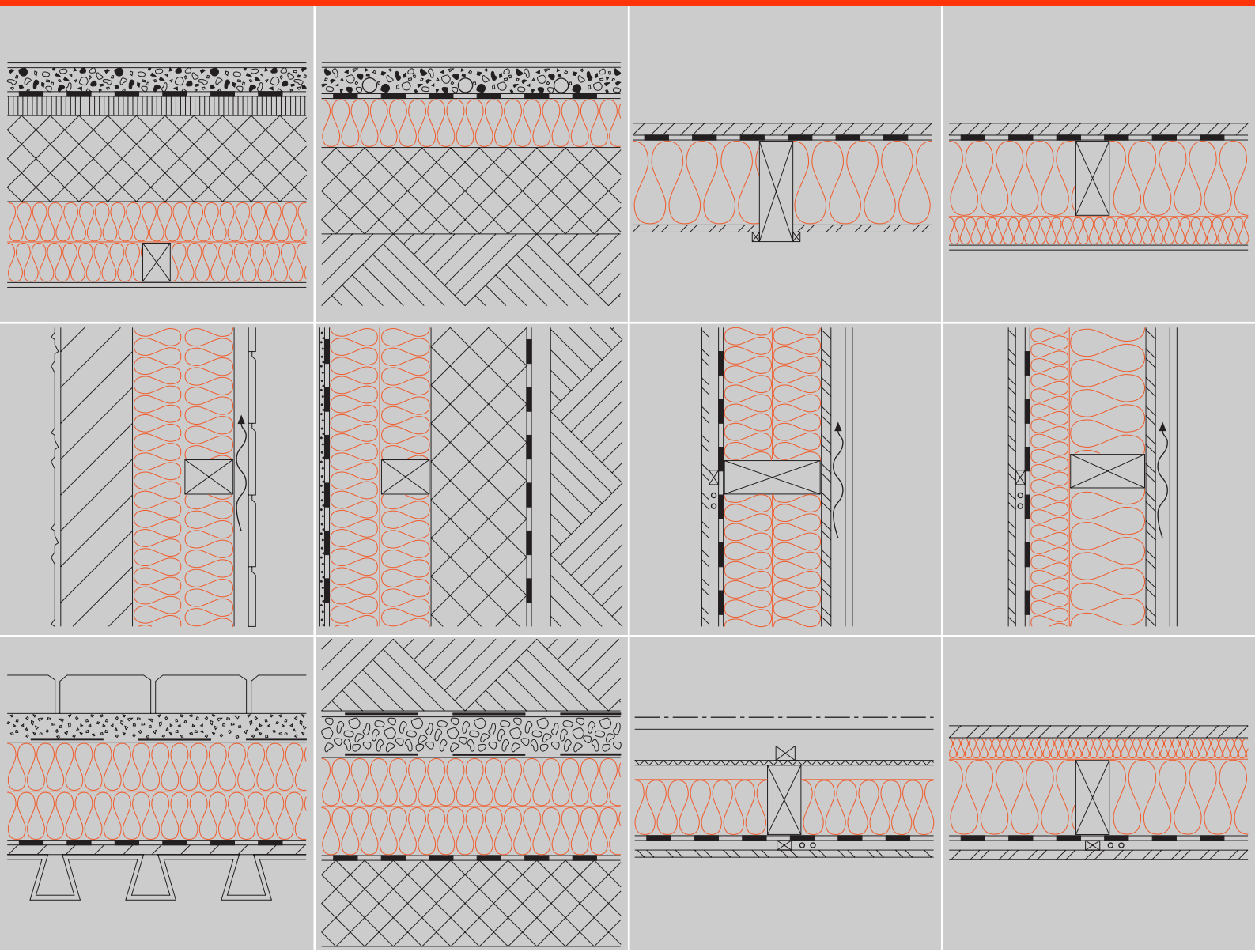
U_w= _____ W/(m²·K)

Fensterskizze mit Vermassung	**Rahmen** Material: _____ Rahmen-*U*-Wert: U_f= _____ W/(m²·K) Projektionsfläche des Rahmens: A_f= _____ m²
	Verglasung Glasbezeichnung: _____ Produkt/Typ: _____ Glas-*U*-Wert: U_g= _____ W/(m²·K) Projektionsfläche des Glases: A_g= _____ m²
	Glasrandverbund Material des Abstandhalters: ☐ Aluminium ☐ Edelstahl ☐ Kunststoff / Butyl Längenbezogener-*U*-Wert: Ψ_g= _____ W/(m·K) Perimeterlänge des Glasrands: L_g= _____ m
Rahmenanteil: A_f= _____ %	Projektionsfläche des Fensters: A_w= _____ m²

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= _____ W/(m²·K)



EnergieSchweiz
Bundesamt für Energie BFE, Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · Medien/Dokumentation: Tel. 031 323 22 44, Fax 031 323 25 10
office@bfe.admin.ch · www.energie-schweiz.ch

BBL-Bestellnummer 805.150 d