

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





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

## **Sanierungen**

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, 2001**

Vertrieb:

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

**BBL, Vertrieb Publikationen, Bestellnummer: 805.155 d / 4.02 / 1000**

# ■ Einleitung

Diese Publikation ersetzt die bisherige aus dem Jahr 1993. Aufgrund der höheren Wärmedämmenden, 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 bestehende und sanierte Einzelbauteile. Für Neubauteile ist die ebenfalls aktualisierte Publikation «U-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog – Neubauten» 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 bestehenden Einzelbauteilen gegeben.

Im darauf folgenden 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 und deren möglichen Sanierungsmassnahmen dar.

Die dazugehörigen Tabellen im Anhang I und II erlauben dem Anwender, ohne Rechenaufwand den *U*-Wert eines sanierten 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 C: *U*-Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog
- Tabelle *A<sub>w</sub>*: Berechnung des Fenster-*U*-Werts

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

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

Norm SN EN ISO 7345 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 – Sanierungen .....	1993
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 – Neubauten .....	2002
Bundesamt für Energie	Wärmebrückenkatalog .....	2002



# ■ Inhaltsverzeichnis

<b>1 Allgemeines und Vorgehen .....</b>	<b>7</b>
1.1 MINERGIE-Standard .....	8
1.2 Transparente Wärmedämmung (TWD) .....	8
<b>2 U-Wert-Berechnung .....</b>	<b>9</b>
2.1 Homogene Bauteile .....	9
2.2 Inhomogene Bauteile .....	10
2.3 Rechengrößen .....	11
2.3.1 Wärmeübergangskoeffizienten $h$ .....	11
2.3.2 Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ von Baustoffen .....	11
2.3.3 Wärmedurchlasswiderstand $R_g$ von Luftsichten .....	14
2.4 Wärmebrücken .....	14
2.5 Spezielle Hinweise .....	15
2.6 Beispiele .....	16
2.7 Übung .....	19
<b>3 U-Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog .....</b>	<b>21</b>
3.1 Beispiel .....	22
3.2 Übungen .....	23
<b>4 Bauteilekatalog .....</b>	<b>25</b>
4.1 Sanierung homogener Bauteile .....	26
4.2 Sanierung inhomogener Bauteile .....	52
<b>5 Fenster und Türen .....</b>	<b>63</b>
5.1 Fenster .....	64
5.2 Türen .....	67
<b>Anhang</b>	
I U-Werte der homogen sanierten Bauteile .....	69
II U-Werte der inhomogen sanierten Bauteile .....	72
Tabelle A (Formular für die U-Wert-Berechnung) .....	75
Tabelle C (Formular für die U-Wert-Bestimmung) .....	77
Tabelle A <sub>w</sub> (Formular für die U-Wert-Berechnung des Fensters) .....	79



# 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  $\lambda$  (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:

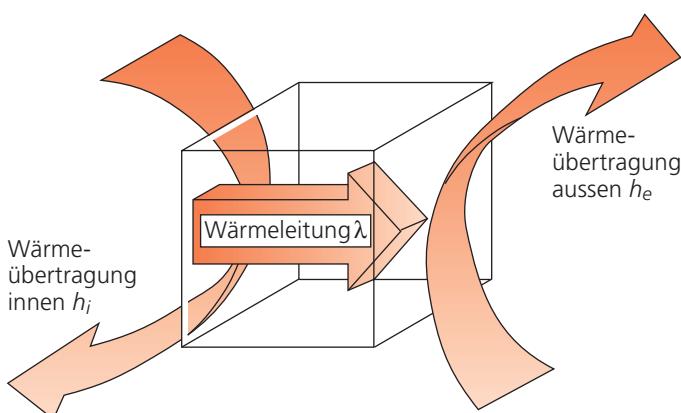
Je kleiner der  $U$ -Wert, umso besser ist der Wärmeschutz.

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 ( $\lambda$ ) beeinflussen den  $U$ -Wert eines Bauteils

## 8 1.1 MINERGIE-Standard

Der MINERGIE-Standard setzt sich auch bei Gebäudesanierungen 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](http://www.minergie.ch).



Foto: Nina Mann

### Bild 2

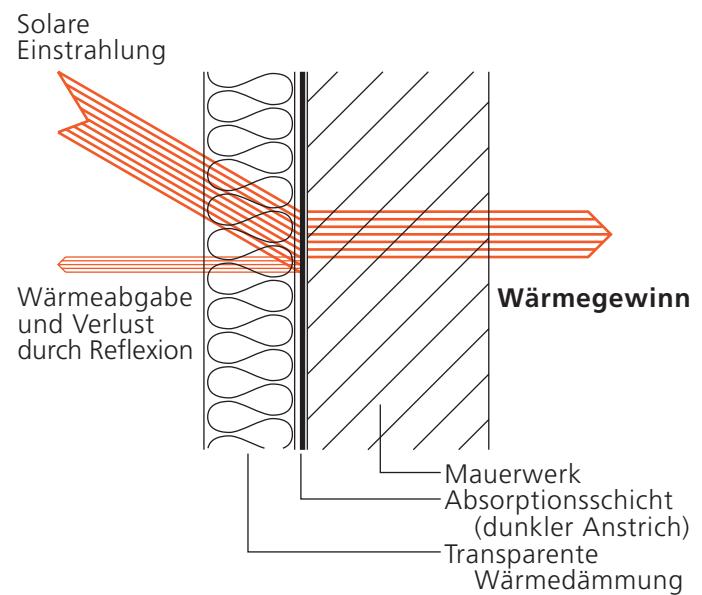
P+D Projekt Magnusstrasse 23 in Zürich.  
Sanierung nach MINERGIE-Standard (ZH-203) erreicht  
fast den Passivhausstandard.  
Viridén + Partner und Prof. W. Dubach, Zürich

## 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  $\lambda$  angeben, da diese geometriebedingt von der Dicke der Platten abhängt.



### Bild 3

Funktion einer TWD

## 2 U-Wert-Berechnung

Das Kapitel **U-Wert-Berechnung** stellt die Berechnung einfacher Konstruktionen wie z.B. homogener bestehender oder saniertes 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.

Bei **bestehenden Bauteilen** ist die Bestimmung des *U*-Werts relativ schwierig, da der genaue Konstruktionsaufbau in den meisten Fällen nicht bekannt ist. Zudem ist es während der Beurteilungs- und Planungsphase oft nicht möglich oder zu aufwändig, Bauteile zu öffnen oder Probebohrungen vorzunehmen. Der effektive *U*-Wert des vorhandenen Bauteils kann somit sehr stark vom «genau» errechneten *U*-Wert abweichen.

Daher ist beim bestehenden Bauteil von einer minimal vorhandenen Wärmedämmung auszugehen, damit der *U*-Wert des sanierten Bauteils auch wirklich erreicht werden kann.

Der *U*-Wert von **sanierten Bauteilen** kann nicht mit gleichhoher Genauigkeit berechnet werden wie von neuen Bauteilen, welche in der Publikation «*U*-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog Neubauten» aufgeführt sind. Überdies ist in der Baubewilligungsphase der genaue Konstruktionsaufbau oftmals noch nicht bekannt.

Im Zusammenhang mit dem Sanieren von bestehenden Bauteilen sind bauphysikalische Abklärungen unumgänglich. Dadurch können Feuchteprobleme vermieden werden, die der Bausubstanz Schaden zufügen würden. Dabei sind nicht nur der Bauteil selber, sondern auch die Anschlüsse und mögliche Wärmebrücken zu berücksichtigen.

Die Publikation erlaubt eine schnelle Bestimmung der *U*-Werte bei Sanierungen. Bei der Wahl der Sanierungsmaßnahmen sind jedoch zusätzliche bauphysikalische Abklärungen unerlässlich.

### 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).

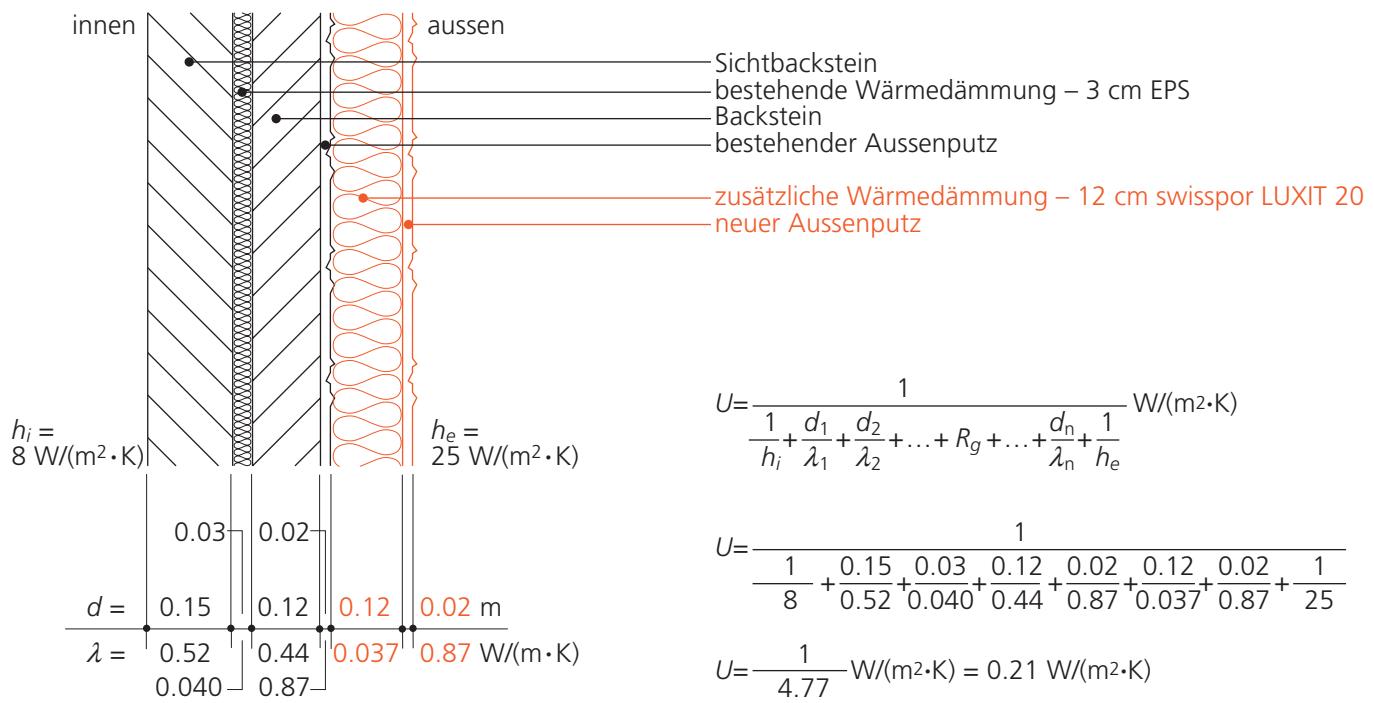
Der *U*-Wert homogener bestehender oder saniertes Bauteile wird, sofern die einzelnen Schichten genau bekannt sind, mit folgender Grundformel berechnet:

$$U = \frac{1}{\frac{d_1}{h_i} + \frac{d_2}{\lambda_1} + \frac{d_3}{\lambda_2} + \dots + R_g + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K})$$

$d_1 \dots d_n$  Dicke des jeweiligen Baumaterials in m  
 $h_i, h_e$  Wärmeübergangskoeffizienten in W/(m<sup>2</sup> · K)  
(Kap. 2.3.1)

$\lambda_1 \dots \lambda_n$  Wärmeleitfähigkeit des jeweiligen Baumaterials in W/(m · K) (Kap. 2.3.2)

$R_g$  Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten  
(Kap. 2.3.3)



Die  $U$ -Werte der **gebräuchlichsten homogenen Bauteile** mit den am häufigsten vorkommenden Wärmedämmdicken finden sich in Kapitel 4.1. Die  $U$ -Werte für **homogen sanierte Bauteile** befinden sich in Anhang I.

**Bild 4**

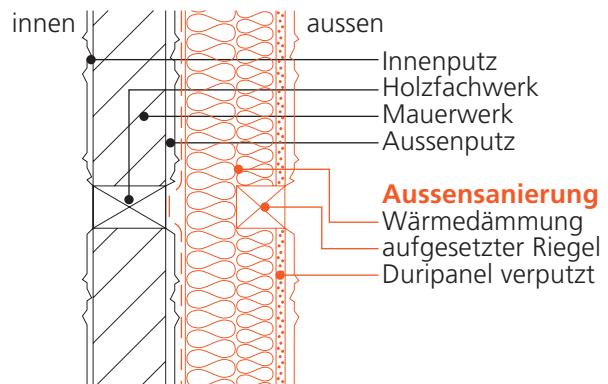
*U-Wert-Berechnung am Beispiel eines Zweischalenmauerwerks, aussen saniert mit Kompaktfassade*

## 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 Wärmedurchgangswiderstands 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** finden sich in Kapitel 4.2. Die  $U$ -Werte für **homogen sanierte Bauteile** finden sich in Anhang I und für **inhomogen sanierte Bauteile** in Anhang II.



**Bild 5**

*Beispiel eines inhomogenen sanierten Bauteils*

## 2.3 Rechengrößen

### 2.3.1 Wärmeübergangskoeffizienten $h$

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

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

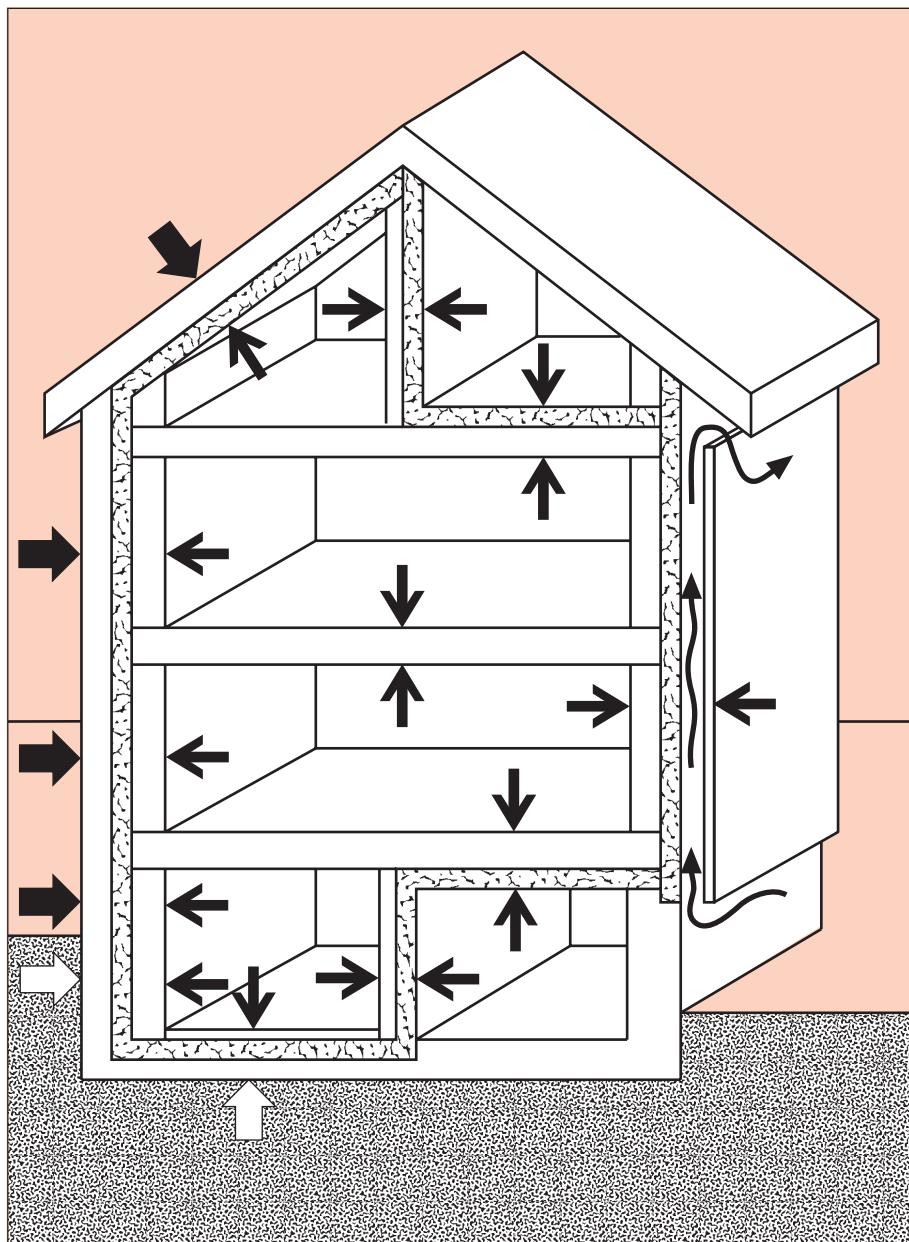
Der Wärmeübergangswiderstand  $R_s$  ist der Kehrwert des **11** Wärmeübergangskoeffizienten  $h$ . Es gelten die folgenden Rechenwerte:

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

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

Für Bauteile im Erdreich gilt:

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



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

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

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

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

↗ Luftströmung

## 2.3.2 Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ von Baustoffen

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

Es gilt folgender Merksatz:

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

## 12 Auszug aus der Vornorm SIA 279

### «Wärmedämmstoffe»:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Stoffgruppe oder Anwendung	Rohdichte $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungs- wärmefähigkeit $\lambda$ W/(m·K)	Stoffgruppe oder Anwendung	Rohdichte $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungs- wärmefähigkeit $\lambda$ W/(m·K)			
<b>Mauerwerk unverputzt</b>								
Modulbackstein Einstein	1100	0.44	Gips	600	0.18			
Modulbackstein Verband	1100	0.37		900	0.30			
Isolierbackstein	1200	0.47		1200	0.43			
Sichtbackstein	1400	0.52		1500	0.56			
Kaminstein	1800	0.80	Gipskartonplatten 2	900	0.25			
Kalksandstein	1600	0.80						
	1800	1.00						
	2000	1.10						
Zementstein	2000	1.10	Holz 3	500	0.13			
Zementblockstein	1200	0.70		700	0.18			
Porenbetonstein	300	0.10	Holzfaserplatte	250	0.07			
	400	0.13		400	0.10			
	500	0.16		600	0.14			
	600	0.19		800	0.18			
<b>Gestein</b>								
Kristalliner Naturstein	2800	3.5	Spanplatte	300	0.10			
Sediment-Naturstein	2600	2.3		600	0.14			
Basalt	2700 - 3000	3.5		900	0.18			
Granit	2500 - 2700	2.8	Zementgebundene Spanplatte	1200	0.23			
Marmor	2800	3.5						
Schiefer	2000 - 2800	2.2	<b>Verschiedene Stoffe</b>					
Sandstein (Quarzit)	2600	2.3	Metalle					
<b>Erdreich</b>			Aluminiumlegierungen	2800	160			
Ton, Schlick oder Schlamm	1200 - 1800	1.5	Stahl	7800	50			
Sand und Kies	1700 - 2200	2.0	Nichtrostender Stahl	7900	17			
<b>Beton 1</b>			Glas (Natronglas, einschliesslich Floatglas)	2500	1.00			
Mittlere Rohdichte	1800	1.15	Quarzglas	2200	1.40			
	2000	1.35	Wasser +10°C	1000	0.60			
	2200	1.65	Wasser +40°C	990	0.63			
Hohe Rohdichte	2400	2.00	Eis bei -10°C	920	2.30			
Armiert (mit 1% Stahl)	2300	2.3	Eis bei 0°C	900	2.20			
Armiert (mit 2% Stahl)	2400	2.5	Schnee, frisch gefallen (< 30 mm)	100	0.05			
<b>Putze, Mörtelschichten</b>			Polyvinylchlorid (PVC)	1390	0.17			
Innenputz für normale Berechnungen	1400	0.70						
Aussenputz für normale Berechnungen	1800	0.87	<b>Platten</b>					
Wärmedämmputz aussen	300	0.08	Keramik / Porzellan	2300	1.3			
	450	0.14	Kunststoff	1000	0.20			
Kalkmörtel	1800	0.87	<b>Gummi</b>					
Kalkzementmörtel	1900	1.00	Naturkautschuk	910	0.13			
Zementmörtel	2200	1.40	Neopren (Polychloropren)	1240	0.23			
Gipsdämmputz	600	0.18	Butylkautschuk	1200	0.24			
Gipsputz	1000	0.40						
	1300	0.57						

**Tabelle 2**

Rohdichte  $\rho$  und Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  der wichtigsten allgemeinen Bau-  
stoffe

Auszug aus Dokumentation SIA D0170

- 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.

## 14 2.3.3 Wärmedurchlasswiderstand $R_g$ von Luftschichten

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

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

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

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

**Tabelle 3**

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

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

## 2.4 Wärmebrücken

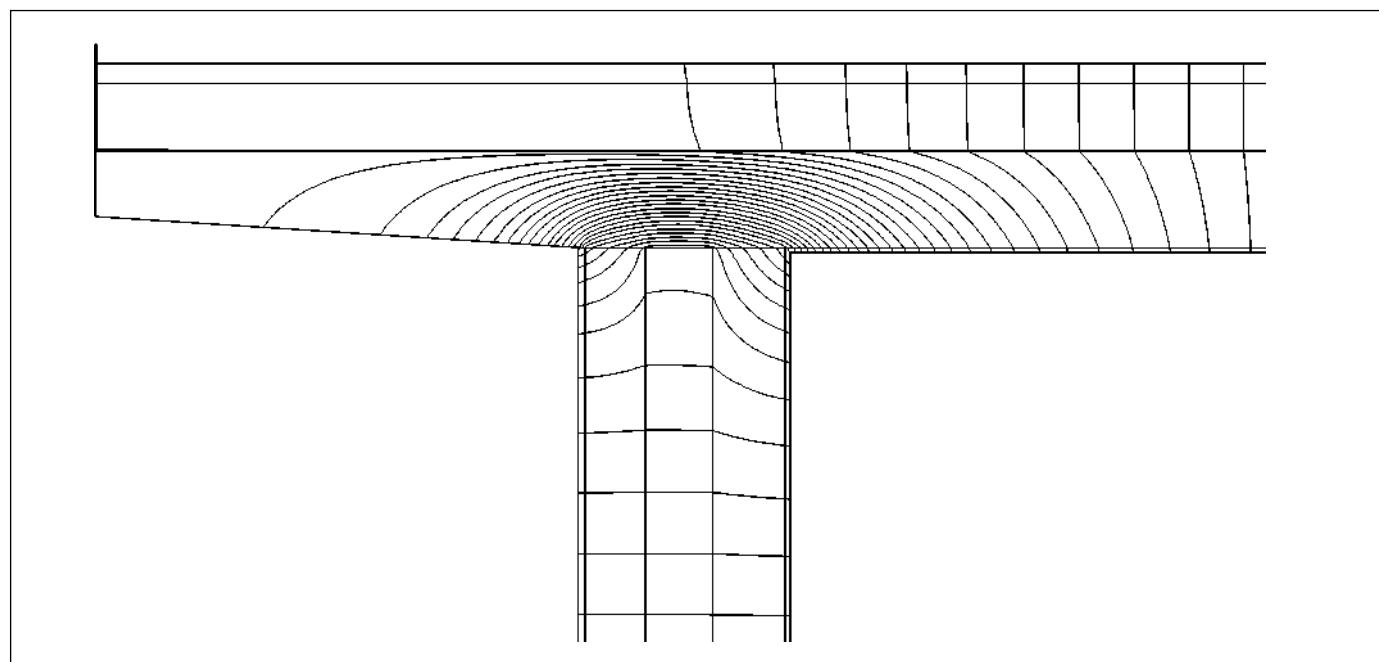
Wärmebrücken (Bild 7) sind thermische Schwachstellen der Gebäudehülle, bei denen örtlich mehr Wärme als bei den benachbarten Bauteilen abfließt. Materialwechsel, Geometrieänderungen, Durchdringungen und Bauteilübergänge bewirken oft Wärmebrücken.

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

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

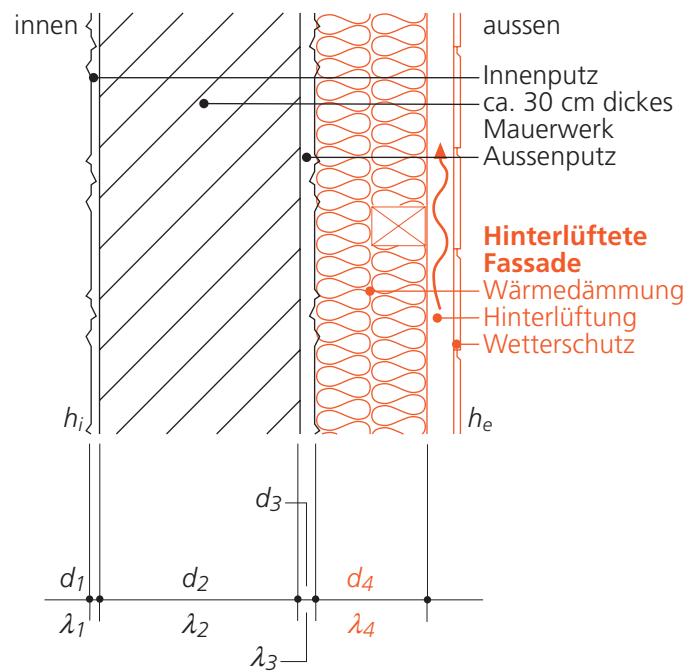
**Bild 7**

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



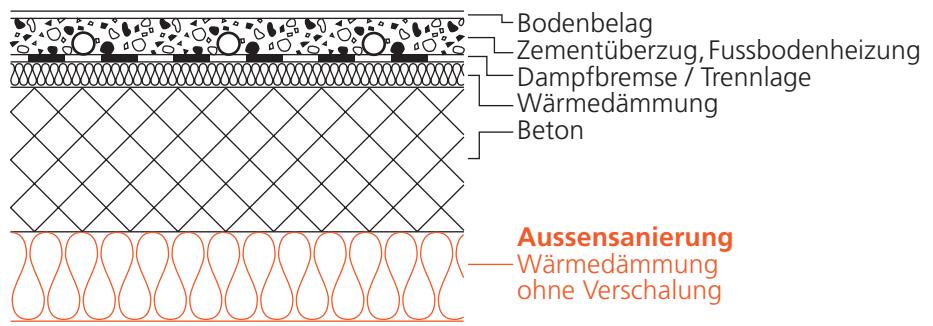
Bei Dampfsperren, hinterlüfteten Gebäudeteilen, Fußbodenheizungen und Umkehrdächern muss bei der Berechnung des *U*-Werts Folgendes beachtet werden:

- **Dampfsperren und -bremsen, Feuchtigkeitsisolationen etc.** werden in der Berechnung des *U*-Werts weggelassen, da deren Einfluss unbedeutend ist.
- **Bei hinterlüfteten Fassaden (Bild 8) und Dächern** kann zwischen Wärmedämmung und Wetterschutz der Wärmedurchlasswiderstand der Luftsicht und aller anderen Schichten zwischen Luftsicht und Ausenumgebung 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 bei der *U*-Wert-Berechnung die Schichten oberhalb der Wärmedämmung und der innere Wärmeübergangskoeffizient  $h_i$  nicht mit eingerechnet (Bild 9).



**Bild 9**  
Fussbodenheizung

- Die Wärmedämmsschicht 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 8 cm dicken Dämmsschicht mit  $0.26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  berechnet, so muss die effektive Wärmedämmsschicht am Bau 20% mehr, also 9.6 cm bzw. 10 cm betragen, damit der *U*-Wert von  $0.26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  eingehalten werden kann.

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

## 16 2.6 Beispiele

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

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

### Beispiel 1

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)		Bezeichnung des Bauteils <i>Aussenwand</i>				$R$ $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	$d$ m	$h$ $W/(m^2 \cdot K)$	$\lambda$ $W/(m \cdot K)$	$m^2 \cdot K/W$	
—	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )	—	—	—	—	0.13
1	Innenputz	0.015	0.7	0.02	—	—
2	Backstein	0.15	0.44	0.34	—	—
3	Hohlraum	0.04	—	0.18	—	—
4	Backstein	0.12	0.44	0.27	—	—
5	alter Aussenputz	0.02	0.87	0.02	—	—
6	Sagex EPS 15	0.14	0.040	3.50	—	—
7	neuer Aussenputz	0.02	0.87	0.02	—	—
—	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )	—	25	0.04	—	—

**Tab. A**

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

$$R_{total} = 4.52$$

- ① Skizze des Bauteils
- ② Nummerierung der Schichten
- ③ Bezeichnung der Baustoffe von innen nach aussen
- ④  $d$  = Schichtdicke des Bauteils in m
- ⑤  $h$  = Wärmeübergangskoeffizient in  $W/(m^2 \cdot K)$  (Kap. 2.3.1)
- ⑥  $\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs in  $W/(m \cdot K)$  (Kap. 2.3.2)

⑥ Berechnung von  $\frac{1}{h} = \frac{1}{\lambda}$  bzw.  $\frac{d}{\lambda} = \frac{d}{\lambda}$  in  $m^2 \cdot K/W$ , so genannter  $R$ -Wert (Wärmedurchlasswiderstand)

⑦ Summe  $R_{total}$  der  $R$ -Werte aus Spalte ⑥

⑧ Berechnung des  $U$ -Werts:  $U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_{total}}$  in  $W/(m^2 \cdot K)$

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

## Beispiel 2

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)		Bezeichnung des Bauteils <u>Estrichboden</u>				$R$ $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	$d$ m	$h$ $W/(m^2 \cdot K)$			
			$\lambda$ $W/(m \cdot K)$			
-	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )	—	8	0.13	0.13	
1	Deckenputz	0.015	0.70	0.02	0.02	
2	Beton	0.20	2.3	0.09	0.09	
3	bestehende Wärmedämm. <sup>1</sup>	0.03	0.040	0.75	0.75	
4	Zementüberzug	0.05	1.4	0.04	0.04	
5	Pavatherm	0.15	0.043	3.49	3.49	
6	Spanplatte	0.02	0.14	0.14	0.14	
-	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )	3	—	8	0.13	

Tab. A

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

- 1 Da eine genaue Bestimmung des Wärmedämmmaterials schwierig ist, wird ein  $\lambda$ -Wert von 0.040 W/(m · K) eingesetzt.
  - 2 Der  $\lambda$ -Wert wurde dem Merkblatt SIA 2001 «Wärmedämmstoffe» (Ausgabe 2001) entnommen. Er kann auch den geprüften Hersteller-Angaben entnommen werden.
  - 3 Gegen unbeheizt ist  $R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (Kap. 2.3.1).

### Beispiel 3

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)		Bezeichnung des Bauteils <b>Decke mit Fussbodenheizung</b>			$\frac{R}{h}$ bzw. $\lambda$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	$h$ $W/(m^2 \cdot K)$		
			$\lambda$ $W/(m \cdot K)$	$m^2 \cdot K/W$	
—	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )	1	—	—	—
1	<b>Bodenplatten</b>	1	—	—	—
2	<b>Unterlagsboden</b>	1	—	—	—
3	<b>PE-Folie</b>	—	—	—	—
4	<b>bestehende Wärmedämm.</b>	0.04	0.040	1.00	—
5	<b>Beton</b>	0.20	1.8	0.09	—
6	<b>Steinwolle</b>	0.12	0.048	2.50	—
—	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )	—	—	0.13	—

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} = 0.27 \text{ W/(m}^2\text{·K)}$$
 R<sub>total</sub> = 3.72

- 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  $\lambda$ -Wert dieser Materialgruppe einzusetzen. Bei einer genauen Produkteangabe wie z.B. Flumroc ECCO mit einem  $\lambda$ -Wert von  $0.036 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  anstelle «Steinwolle» würde sich ein  $U$ -Wert von  $0.22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ergeben.  
Hinweis: Der Einfluss einer Holzlattung kann mit einem Zuschlag, welcher dem Wärmebrückenkatalog entnommen wird, ermittelt werden. Es kann auch der ganze  $U$ -Wert einer inhomogenen Sanierung dem Anhang II entnommen werden.

## 18 Beispiel 4

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)		Bezeichnung des Bauteils <b>Kellerwand</b>			$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ $\frac{m^2 \cdot K}{W}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h $W/(m^2 \cdot K)$	$\lambda$ $W/(m \cdot K)$	
-	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )	—	8	—	0.13
1	Täfer	0.015	0.14	0.11	
2	Hohlraum (Lattg./Leitg.) <sup>1</sup>	0.02	—	0.17	
3	Dampfbremse	<sup>2</sup> —	—	—	
4	Styrodur 2800C	0.12	0.035	3.43	
5	Beton	0.25	2.3	0.11	
6	Feuchtesperre	<sup>2</sup> —	—	—	
7	bestehende Wärmedämm.	0.03	0.040	0.75	
8	Erdreich	—	—	—	
-	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )	<sup>3</sup> —	—	$\infty$	0

**Tab. A**

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

$$R_{total} = 4.70$$

- 1 Für abgeschlossene Luftsichten ist der entsprechende Wärmedurchlasswiderstand  $R_g$  einzusetzen (Kap. 2.3.3).
- 2 Dampfbremse und Feuchtesperre werden nicht berücksichtigt (Kap. 2.5).
- 3 Gegen Erdreich ist  $h_e = \infty$  (unendlich) und somit  $\frac{1}{h_e} = R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (Kap. 2.3.1).

## Beispiel 5

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)		Bezeichnung des Bauteils <b>Flachdach</b>			$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ $\frac{m^2 \cdot K}{W}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h $W/(m^2 \cdot K)$	$\lambda$ $W/(m \cdot K)$	
-	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )	—	8	—	0.13
1	Beton	0.20	2.3	0.09	
2	Dampfsperre	—	—	—	
3	bestehende Wärmedämm.	0.04	0.04	1.00	
4	intakte Abdichtung	—	—	—	
5	Roofmate SL-A (16 cm) <sup>1</sup>	0.133	0.037	3.59	
6	Filtermatte	—	—	—	
7	Schutzschicht (Sand, Kies) <sup>2</sup>	0.10	2.0	0.05	
-	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )	—	25	—	0.04

**Tab. A**

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} = 0.20 \text{ W/(m}^2\text{·K)}$$

$$R_{total} = 4.90$$

- 1 Vorgesehen ist eine 16 cm dicke Wärmedämmung. Beim Umkehrdach ist gemäss Empfehlung SIA 271 eine Zuschlag von 20% für die Wärmedämmdicke einzuberechnen. Deshalb werden nur 13.3 cm (16 cm / 1.2) in der  $U$ -Wert-Berechnung berücksichtigt.  
Eventuell muss eine neue Dachabdichtung eingebaut werden anstelle der bestehenden. Dies hat aber keinen Einfluss auf den  $U$ -Wert.
- 2 Der  $\lambda$ -Wert wurde der Tabelle 2 (Kap. 2.3.2) entnommen.

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

Einer Baueingabe liegt untenstehende *U*-Wert-Berechnung bei. Es handelt sich um die Sanierung eines Fußbodens gegen unbeheiztes Untergeschoss. In die Berechnung haben sich vier Fehler eingeschlichen. Versuchen Sie, diese herauszufinden!

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)		Bezeichnung des Bauteils <i>Boden gegen Keller</i>				$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	$d$ m	$h$ $W/(m^2 \cdot K)$	$\lambda$ $W/(m \cdot K)$	$m^2 \cdot K/W$	
—	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )	—	6	0.167		
1	Keramikplatten	0.02	1.3	0.02		
2	Zementüberzug	0.06	1.4	0.43		
3	Trennlage	—	—	—		
4	bestehende Wärmedämm.	0.03	0.030	1.00		
5	Beton	0.20	2.3	0.09		
6	Isover Decotherm	0.12	0.040	3.00		
—	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )	—	20	0.05		

Tab. A

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

$$R_{\text{total}} = 4.76$$

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 <i>Boden gegen Keller</i>				$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	$d$ m	$h$ $W/(m^2 \cdot K)$	$\lambda$ $W/(m \cdot K)$	$m^2 \cdot K/W$	
—	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )	—				
1	Keramikplatten	0.02				
2	Zementüberzug	0.06				
3	Trennlage	—				
4	bestehende Wärmedämm.	0.03				
5	Beton	0.20				
6	Isover Decotherm	0.12				
—	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )	—				

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{\text{total}}} =$$

$$W/(m}^2 \cdot \text{K})$$

## 20 Lösung der Übung von Seite 19

Richtige Berechnung des  $U$ -Werts:

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)		Bezeichnung des Bauteils <u>Boden gegen Keller</u>				$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$ $\frac{m^2 \cdot K}{W}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	$d$ m	$h$ $W/(m^2 \cdot K)$	$\lambda$ $W/(m \cdot K)$		
-	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )	-	8	1	0.13	
1	Keramikplatten	0.02	1.3		0.02	
2	Zementüberzug	0.06	1.4		0.04 <sup>2</sup>	
3	Trennlage	-	-		-	
4	bestehende Wärmedämm.	0.03	0.040 <sup>3</sup>	0.63		
5	Beton	0.20	2.3		0.09	
6	Isover Decotherm	0.12	0.034 <sup>4</sup>	3.53		
-	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )	-	8	1	0.13	

Tab. A

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

$$R_{total} = 4.57$$

- 1 Die Wärmeübergangskoeffizienten  $h_i$  und  $h_e$  sind falsch. Der Wert für den Wärmeübergang innen  $h_i$  wird oftmals fälschlicherweise noch mit  $6 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$  eingesetzt.  
Der Wärmeübergangswiderstand  $R_{se}$  ist gleich gross wie  $R_{si}$ , da gegen unbeheizt (Kap. 2.3.1).  
Hinweis: Bei Bauteilen gegen Aussenklima ist  $h_e = 25 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$  und nicht  $20 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ .
- 2 Rechenfehler beim Zementüberzug:  $\frac{d}{\lambda} = \frac{0.06}{1.4} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- 3 Falscher  $\lambda$ -Wert. Da eine genaue Bestimmung des bestehenden Wärmedämmmaterials schwierig ist, wird ein  $\lambda$ -Wert von  $0.040 \text{ W}/(m \cdot K)$  eingesetzt.
- 4 Falscher  $\lambda$ -Wert. Eine Produktespezifikation ist vorhanden, aber der  $\lambda$ -Wert entspricht nicht diesem Produkt. Der  $\lambda$ -Wert beträgt gemäss deklarierten Hersteller-Angaben  $0.034 \text{ W}/(m \cdot K)$  (Kap. 2.3.2).

# 3 U-Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog

**Der Bauteilekatalog ist ein Nachschlagewerk über *U*-Werte der am häufigsten vorkommenden bestehenden Bauteile und den möglichen Sanierungsmassnahmen. Er gibt dem Anwender die Möglichkeit, ohne Rechenaufwand einen *U*-Wert zu bestimmen oder zu kontrollieren. Als Hilfsmittel dazu dient Tabelle C. Sie kann von der heraustrennbaren Seite am Schluss dieser Publikation vervielfältigt und als Nachweis für die Eingabe an die Baubehörde verwendet werden.**

Auf eine Tabelle B wird verzichtet, da sie für Neubauteile in der Publikation «*U*-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog Neubauten» verwendet wird.

Weniger gebräuchliche Konstruktionen, die in diesem Katalog nicht enthalten sind, können gemäss Kap. 2 berechnet werden. Bestehen überprüfte Herstellerangaben, so können auch diese verwendet werden.

---

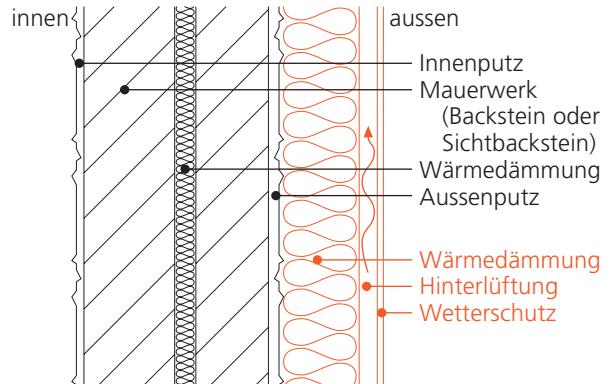
Die Publikation erlaubt eine schnelle Bestimmung der *U*-Werte bei Sanierungen. Bei der Wahl der Sanierungsmassnahmen sind jedoch zusätzliche bauphysikalische Abklärungen unerlässlich.

---

## 22 3.1 Beispiel

Ein Zweischalenmauerwerk aus Backstein wird mit einer hinterlüfteten Fassade mit Aluminium-Unterkonstruktion (Vollmetallsystem) saniert.

- Als Wärmedämmmaterial werden 12 cm Steinwolleplatten «Flumroc Dämmplatte 3» eingesetzt.
- Die Konsolen werden mit thermischer Trennung montiert
- Der Wärmebrückenzuschlag beträgt bei 2 Konsolen/m<sup>2</sup>:  $\Delta U = 0.04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$   
Dieser Zuschlag wird dem Wärmebrückenkatalog entnommen.



① Nummer des Bauteils	Angaben zum bestehenden und neuen Wärmedämmstoff				U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)	
	② $d_{\text{bestehend}}$ m	③ Neuer Wärmedämmstoff: Material und Produkt	④ $d_{\text{neu}}$ m	⑤ $\lambda_{\text{neu}}$ W/(m · K)	⑥ $U_{\text{bestehend}}$	⑦ $U_{\text{saniert}}$
Ws 15	0.03	Flumroc-Dämmplatte 3	0.12	0.034	0.7	0.25

**Tab. C**

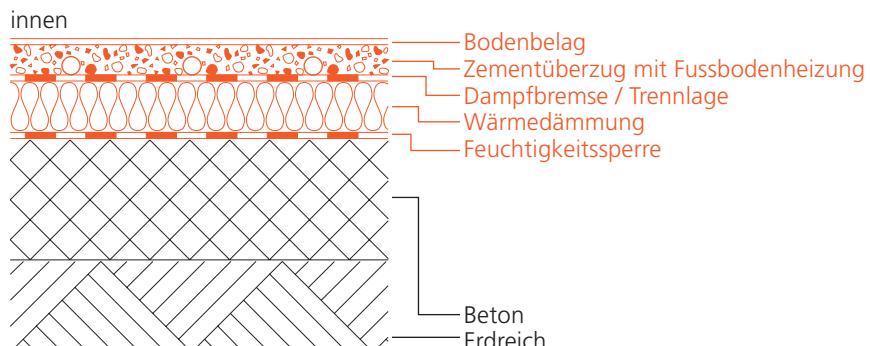
- ① Nummer des homogenen, zu sanierenden Bauteils gemäss Bauteilekatalog aus Kap. 4.1.2
- ② Dicke  $d$  der **bestehenden** Wärmedämmung
- ③ Spezifische Produktebezeichnung (oder Materialbezeichnung gemäss Tab. 1, Kap. 2.3.2)
- ④ Dicke  $d$  des **neuen** Wärmedämmstoffs
- ⑤ Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  gemäss Tab. 1, Kap. 2.3.2 **oder** spezifischer Produktebezeichnung. Bei spezifischen Produktebezeichnungen können die  $\lambda$ -Werte dem Merkblatt SIA 2001 «Wärmedämmstoffe» entnommen werden.
- ⑥ U-Wert des **bestehenden** Bauteils aus Kap. 4.1.2 (Bauteil Ws 15)
- ⑦ U-Wert des **sanierten** Bauteils aus Anhang I «U-Werte der homogen sanierten Bauteile». Dieser U-Wert beträgt 0.21 W/(m<sup>2</sup> · K). Hinzu kommt aus dem Wärmebrückenkatalog der Wärmebrückenzuschlag von 0.04 W/(m<sup>2</sup> · K). Der U-Wert des sanierten Bauteils beträgt somit 0.25 W/(m<sup>2</sup> · K).  
Dieses Verfahren erfolgt jeweils bei hinterlüfteten Fassaden mit Vollmetallsystemen. Der spezifische Wärmebrückenzuschlag muss dem Wärmebrückenkatalog entnommen werden.

Bei hinterlüfteten Fassaden mit Kreuzlattung zwischen der Wärmedämmung kann der U-Wert des sanierten Bauteils direkt aus Anhang II «U-Werte der inhomogen sanierten Bauteile» entnommen werden.

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

### Übung 1

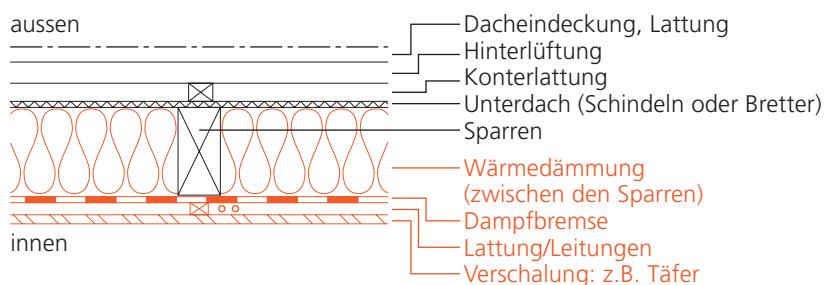
Ein Kellerraum wird ausgebaut und eine Fussbodenheizung installiert. Aufgrund der knappen Raumhöhe wird ein Wärmedämmmaterial mit einer möglichst kleinen Wärmeleitfähigkeit gewählt (8 cm go PF-Superdämmplatte).



Nummer des Bauteils	Angaben zum bestehenden und neuen Wärmedämmstoff				U-Wert in W/(m²·K)	
	$d_{\text{bestehend}}$ m	Neuer Wärmedämmstoff: Material und Produkt	$d_{\text{neu}}$ m	$\lambda_{\text{neu}}$ W/(m·K)	$U_{\text{bestehend}}$	$U_{\text{saniert}}$

### Übung 2

Ein Estrichraum wird ausgebaut. Das Dach wird neu gedeckt und gedämmt. Die Sparrenhöhe beträgt 20 cm. Es wird Isofloc verwendet.



Nummer des Bauteils	Angaben zum bestehenden und neuen Wärmedämmstoff				U-Wert in W/(m²·K)	
	$d_{\text{bestehend}}$ m	Neuer Wärmedämmstoff: Material und Produkt	$d_{\text{neu}}$ m	$\lambda_{\text{neu}}$ W/(m·K)	$U_{\text{bestehend}}$	$U_{\text{saniert}}$

## 24 Lösung der Übungen von Seite 23

### Lösung zu Übung 1

Nummer des Bauteils	Angaben zum bestehenden und neuen Wärmedämmstoff					<b>U-Wert</b> in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
	$d_{\text{bestehend}}$ m	Neuer Wärmedämmstoff: Material und Produkt	$d_{\text{neu}}$ m	$\lambda_{\text{neu}}$ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$U_{\text{bestehend}}$	$U_{\text{saniert}}$	
<i>Bs15</i>	—	<i>go PF-Superdämmplatte</i>	0.08	0.022	4.5	0.25	

- 1 Hier handelt es sich beim bestehenden Bauteil um einen homogenen Bauteil (Kap. 2.1). Somit ist der  $U$ -Wert im Kapitel 4.1.1 zu finden.
- 2 Die vorgesehene Sanierung ist ebenfalls homogen, so dass der  $U$ -Wert des sanierten Bauteils aus den Tabellen aus Anhang I entnommen werden kann. Es gibt nur  $U$ -Werte 0.23 und 0.28  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  zu den  $\lambda$ -Werten 0.020 und 0.025  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Der  $U$ -Wert kann interpoliert werden:  $U = 0.25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

### Lösung zu Übung 2

Nummer des Bauteils	Angaben zum bestehenden und neuen Wärmedämmstoff					<b>U-Wert</b> in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
	$d_{\text{bestehend}}$ m	Neuer Wärmedämmstoff: Material und Produkt	$d_{\text{neu}}$ m	$\lambda_{\text{neu}}$ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	$U_{\text{bestehend}}$	$U_{\text{saniert}}$	
<i>Dsi2</i>	—	<i>Isofloc</i>	0.20	0.044	4.0	0.24	

- 1 Hier handelt es sich beim bestehenden Bauteil um einen inhomogenen Bauteil (Kap. 2.2). Somit ist der  $U$ -Wert im Kap. 4.2.3 zu finden.
- 2 Die vorgesehene Sanierung ist ebenfalls inhomogen, so dass der  $U$ -Wert des sanierten Bauteils aus den Tabellen aus Anhang II entnommen werden kann.  $U = 0.24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

# 4 Bauteilekatalog

Die *U*-Wert-Angaben von bestehenden Bauteilen sind für die am häufigsten vorkommenden Wärmedämmwicken aufgeführt. Bei Abweichungen von diesen Dämmwicken ist eine *U*-Wert-Berechnung für den bestehenden Bauteil gemäss Kapitel 2 durchzuführen. Ist der genaue Aufbau nicht bekannt, so ist die geringste Wärmedämmdicke einzusetzen. Die *U*-Werte der sanierten Bauteile finden sich in Anhang I und II. In den Tabellen sind nur diejenigen *U*-Werte aufgeführt, welche die Anforderungen der Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau» erfüllen.

Gegenüber der ersten Ausgabe des Bauteilekatalogs «Sanierungen» 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 «Sanierungen».

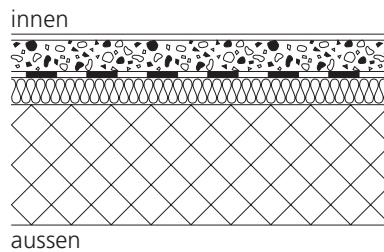
<b>4.1 Sanierung homogener Bauteile .....</b>	<b>26</b>
4.1.1 Böden .....	26
– gegen Aussenluft .....	26
– gegen unbeheizte Räume .....	26
– gegen Erdreich .....	28
– mit Fussbodenheizung .....	29
– Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1993 .....	30
4.1.2 Wände .....	31
– gegen Aussenluft, ohne bestehende Wärmedämmung .....	31
– gegen Aussenluft, mit bestehender Wärmedämmung .....	32
– gegen Aussenluft, mit Hohlraum .....	34
– gegen Aussenluft, mit bestehender Kerndämmung .....	35
– gegen Aussenluft, mit bestehender Innendämmung .....	37
– gegen unbeheizte Räume .....	39
– gegen Erdreich .....	42
– mit Spezialmauerwerk .....	43
4.1.3 Dächer und Decken .....	46
– Dächer gegen Aussenluft .....	46
– Decken gegen unbeheizte Räume .....	48
<b>4.2 Sanierung inhomogener Bauteile .....</b>	<b>52</b>
4.2.1 Böden .....	52
– gegen Aussenluft .....	52
– gegen unbeheizte Räume .....	54
4.2.2 Wände .....	57
– gegen Aussenluft .....	57
– gegen unbeheizte Räume .....	58
4.2.3 Dächer und Decken .....	59
– Dächer gegen Aussenluft .....	59
– Decken gegen unbeheizte Räume .....	60

## 26 4.1 Sanierung homogener Bauteile

### 4.1.1 Böden

gegen Aussenluft

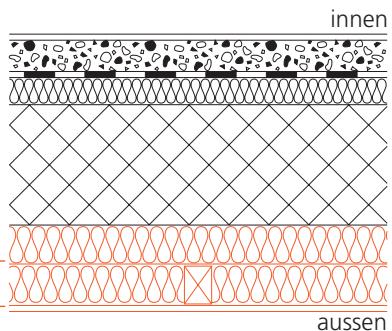
#### Bestehender Bauteil



### Bs 1

**Aussensanierung**  
Wärmedämmung  
**Variante a: Deckenverkleidung**  
**Variante b: Aussenputz**

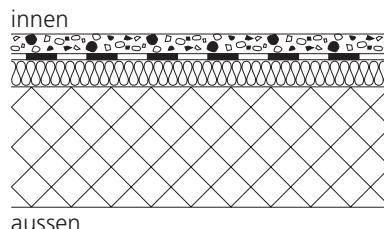
#### Saniertes Bauteil



0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 3.0W/(m²·K)  
2cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.2W/(m²·K)  
4cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.8W/(m²·K)

Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.  
Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.  
(U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)

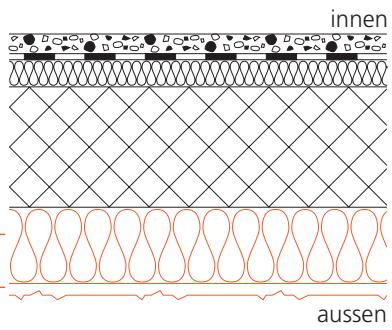
#### Bestehender Bauteil



### Bs 2

**Aussensanierung**  
Wärmedämmung  
**Variante a: Deckenverkleidung**  
**Variante b: Aussenputz**

#### Saniertes Bauteil

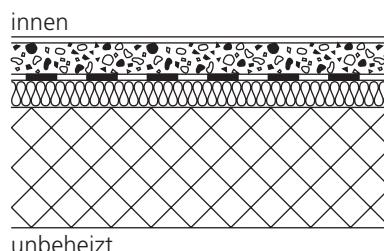


0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 3.0W/(m²·K)  
2cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.2W/(m²·K)  
4cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.8W/(m²·K)

Diese Sanierungsvariante ist homogen.  
Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.  
(U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)

gegen unbeheizte Räume

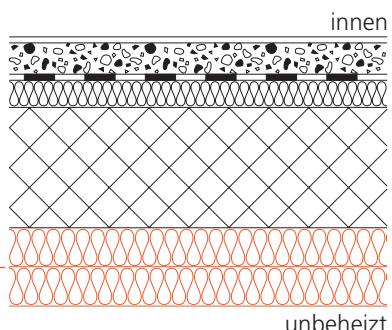
#### Bestehender Bauteil



### Bs 3

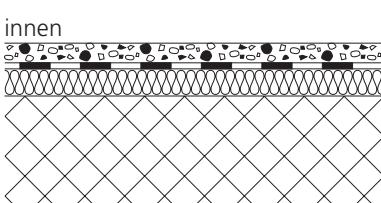
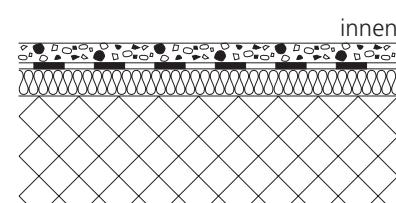
**Aussensanierung**  
Wärmedämmung  
**Variante a: mit Deckenverkleidung**  
**Variante b: ohne Deckenverkleidung**

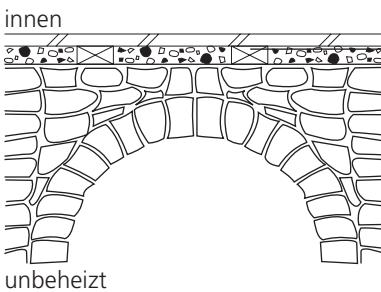
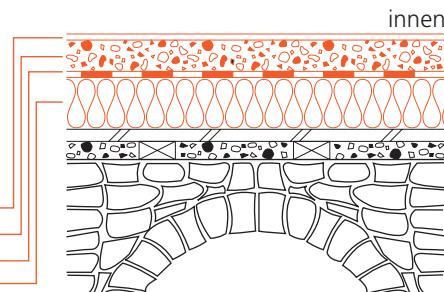
#### Saniertes Bauteil

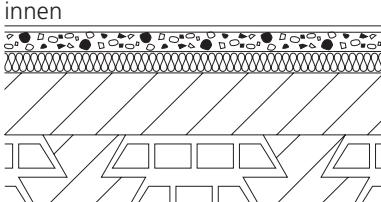
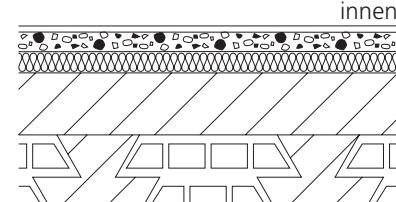


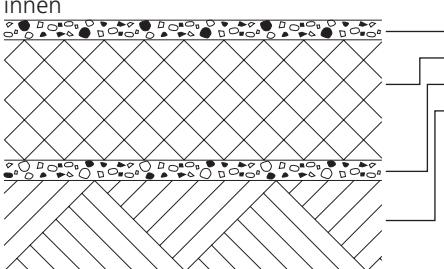
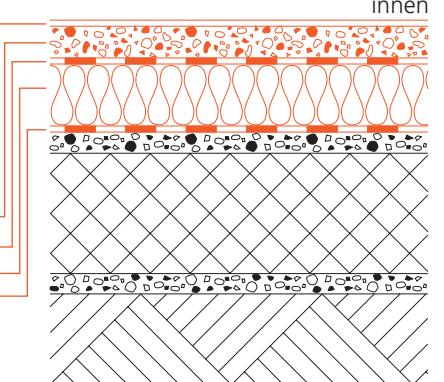
0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 2.4W/(m²·K)  
2cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.1W/(m²·K)  
4cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.7W/(m²·K)

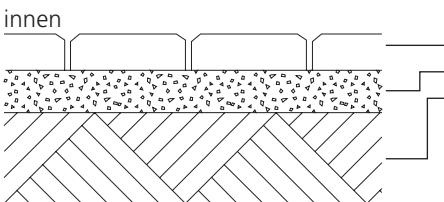
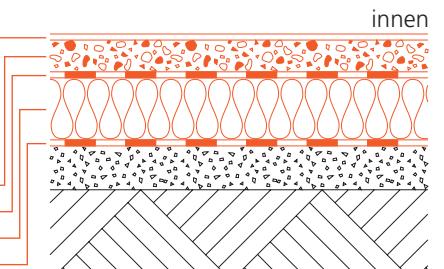
Diese Sanierungsvariante ist homogen.  
Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.  
(U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)

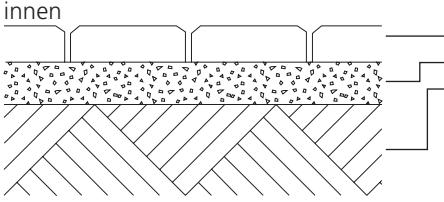
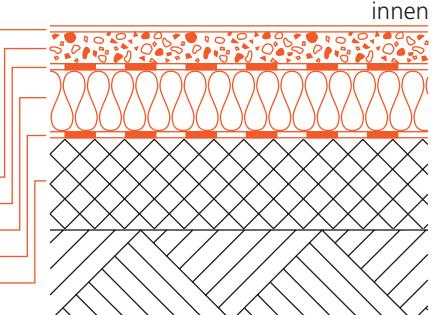
Bestehender Bauteil	Bs4	Sanierter Bauteil
 <p>innen Gussasphalt Trennlage / Dampfbremse Wärmedämmung Beton unbeheizt</p>	<p><b>Bs4</b></p> <p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung</p> <p><b>Variante a: mit Deckenverkleidung</b> <b>Variante b: ohne Deckenverkleidung</b></p>	 <p>innen Gussasphalt Trennlage / Dampfbremse Wärmedämmung Beton unbeheizt</p>
<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 2.4 W/(m<sup>2</sup>·K) 2cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.1 W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

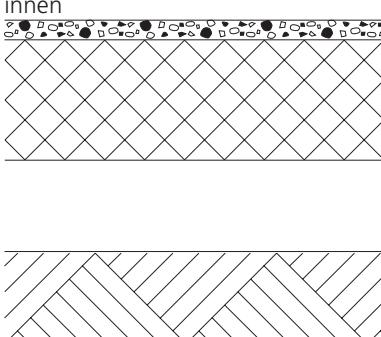
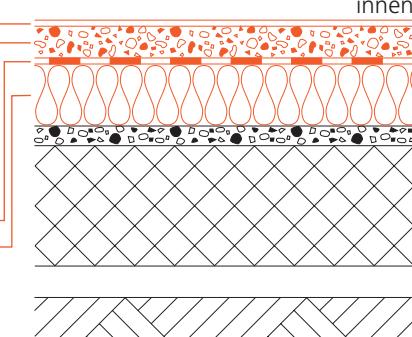
Bestehender Bauteil	Bs5	Sanierter Bauteil
 <p>innen Bodenbelag (Hobeldielen) Lagerhölzer Schlackenfüllung gemauertes Gewölbe/ Natursteingewölbe unbeheizt</p>	<p><b>Bs5</b></p> <p><b>Innensanierung</b> Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen Bodenbelag (Hobeldielen) Lagerhölzer Schlackenfüllung gemauertes Gewölbe/ Natursteingewölbe unbeheizt</p>
<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.5 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Bestehender Bauteil	Bs6	Sanierter Bauteil
 <p>innen Bodenbelag Zementüberzug Wärmedämmung Balkendecke mit Tonhohlkörper Verputz unbeheizt</p>	<p><b>Bs6</b></p> <p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung</p> <p><b>Variante a: mit Deckenverkleidung</b> <b>Variante b: ohne Deckenverkleidung</b></p>	 <p>innen Bodenbelag Zementüberzug Wärmedämmung Balkendecke mit Tonhohlkörper Verputz unbeheizt</p>
<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.6 W/(m<sup>2</sup>·K) 2cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.1 W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

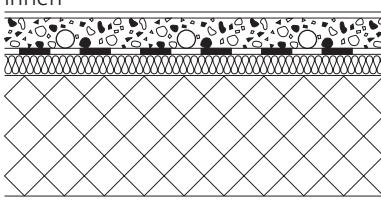
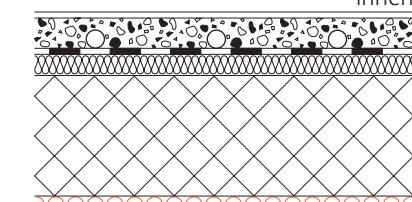
Bestehender Bauteil	Bs 7	Saniert Bauteil
 <p>innen Zementüberzug Beton Geröllschicht / Magerbeton Erdreich</p>	<p><b>Bs 7</b></p> <p><b>Innensanierung</b> Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre</p>	 <p>innen Zementüberzug Beton Geröllschicht / Magerbeton Erdreich</p>
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 3.0 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Druckfeste Wärmedämmung bei grossen Dämmstärken.	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

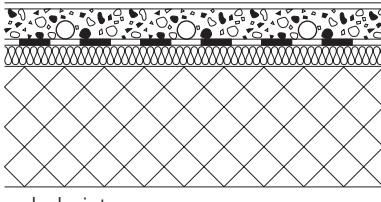
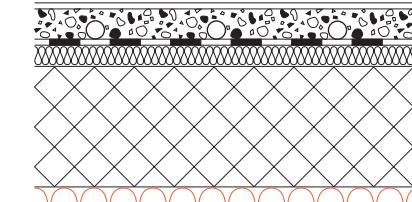
Bestehender Bauteil	Bs 8	Saniert Bauteil
 <p>innen Steingutplatten Sand Erdreich</p>	<p><b>Bs 8</b></p> <p><b>Innensanierung</b> Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre</p>	 <p>innen Steingutplatten Sand Erdreich</p>
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 4.3 W/(m <sup>2</sup> ·K)		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

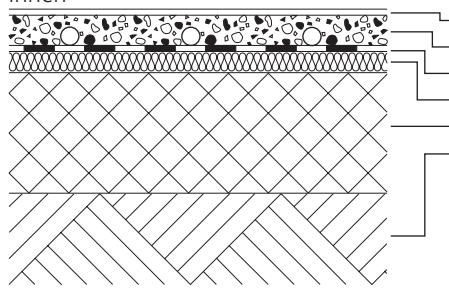
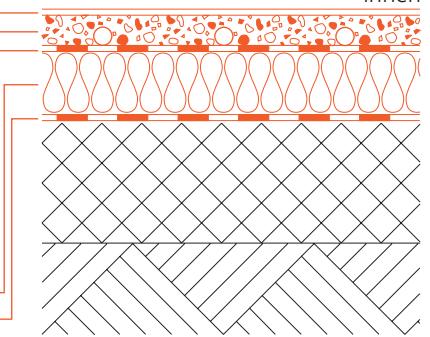
Bestehender Bauteil	Bs 9	Saniert Bauteil
 <p>innen Steingutplatten Sand Erdreich</p>	<p><b>Bs 9</b></p> <p><b>Innensanierung</b> Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre Beton</p>	 <p>innen Steingutplatten Sand Erdreich</p>
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 4.3 W/(m <sup>2</sup> ·K)		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Bestehender Bauteil	Bs 10	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 2.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p>Zementüberzug Betondecke belüfteter Hohlraum Erdreich</p> <p><b>Innensanierung</b> Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse/Trennlage Wärmedämmung</p>	<p>innen</p>  <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

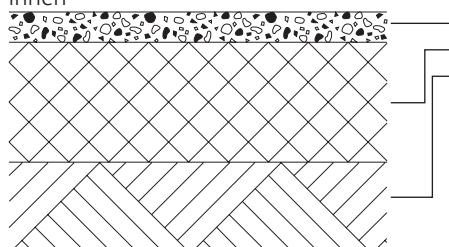
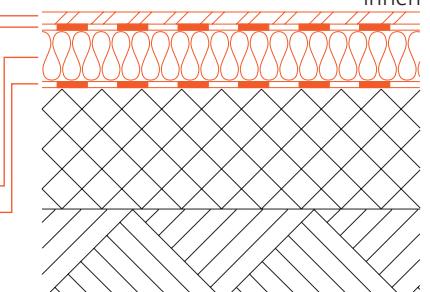
mit Fußbodenheizung

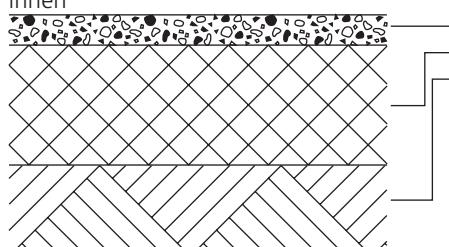
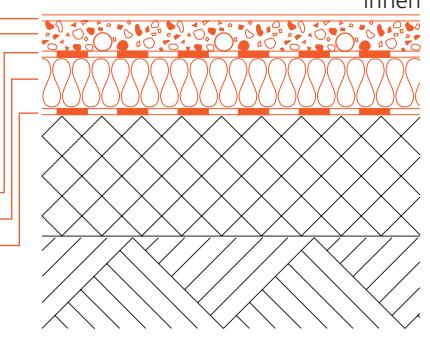
Bestehender Bauteil	Bs11	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>2cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.5 W/(m<sup>2</sup>·K) 3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.2 W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p>Bodenbelag Zementüberzug mit Fußbodenheizung Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Beton</p> <p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Deckenverkleidung</p>	<p>innen</p>  <p>aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil	Bs 12	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p> <p>2cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.4 W/(m<sup>2</sup>·K) 3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.1 W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p>Bodenbelag Zementüberzug mit Fußbodenheizung Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Beton</p> <p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Ohne Verschalung (Auch mit Verbundplatten möglich)</p>	<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Bs 13	Saniert Bauteil
 <p>innen</p> <p>Bodenbelag Zementüberzug mit Fussbodenheizung Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung, Feuchtigkeitssperre Beton Erdreich</p> <p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 4.5W/(m<sup>2</sup>·K) 2cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.6W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.9W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Bs 13</b></p> <p><b>Innensanierung</b></p> <p>Bodenbelag Zementüberzug mit Fussbodenheizung Neue Dampfbremse / Trennlage Neue Wärmedämmung Neue Feuchtigkeitssperre</p>	 <p>innen</p>
	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von 4.5 W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1993

Bestehender Bauteil	Bs 14	Saniert Bauteil
 <p>innen</p> <p>Zementüberzug Beton Erdreich</p> <p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 4.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Bs 14</b></p> <p><b>Innensanierung</b></p> <p>Spanplattenboden Dampfbremse/Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre</p>	 <p>innen</p>
	<p>Der Zementüberzug, falls überhaupt bestehend, wird entfernt. Damit kann Raumhöhe gewonnen werden.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Bestehender Bauteil	Bs 15	Saniert Bauteil
 <p>innen</p> <p>Zementüberzug Beton Erdreich</p> <p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 4.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Bs 15</b></p> <p><b>Innensanierung</b></p> <p>Bodenbelag Zementüberzug mit Fussbodenheizung Dampfbremse/Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre</p>	 <p>innen</p>
	<p>Der Zementüberzug, falls überhaupt bestehend, wird entfernt. Damit kann Raumhöhe gewonnen werden.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

#### 4.1.2 Wände

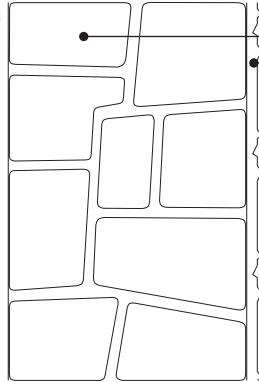
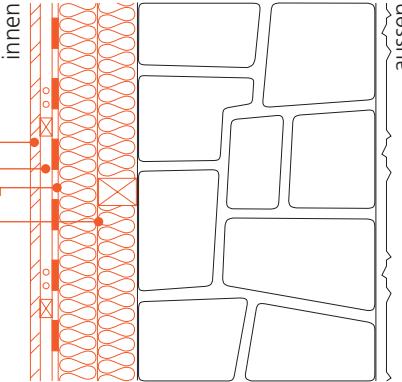
gegen Aussenluft, ohne bestehende Wärmedämmung

31

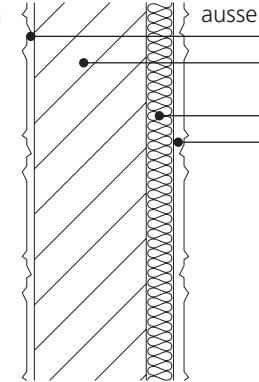
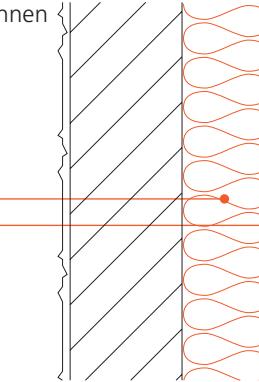
Bestehender Bauteil	Ws 1	Sanierter Bauteil
<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.1 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 1</b></p> <p><b>Kompaktfassade</b> Wärmedämmung neuer Aussenputz</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

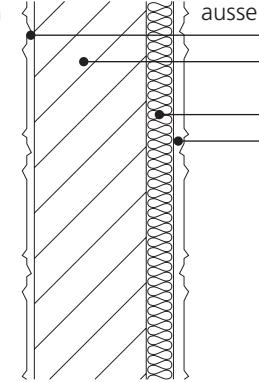
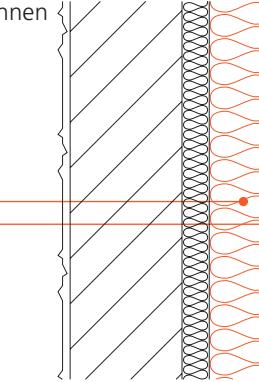
Bestehender Bauteil	Ws 2	Sanierter Bauteil
<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.1 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 2</b></p> <p><b>Hinterlüftete Fassade</b> Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

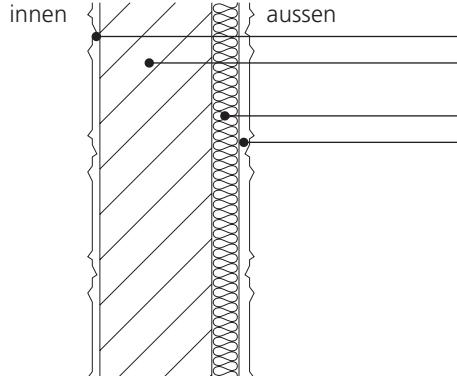
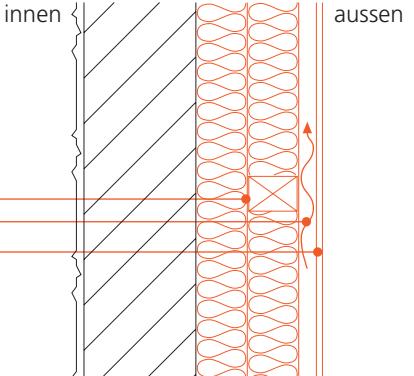
Bestehender Bauteil	Ws 3	Sanierter Bauteil
<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.1 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 3</b></p> <p><b>Innensanierung</b> Verkleidung: z.B. Gipskartonplatte Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

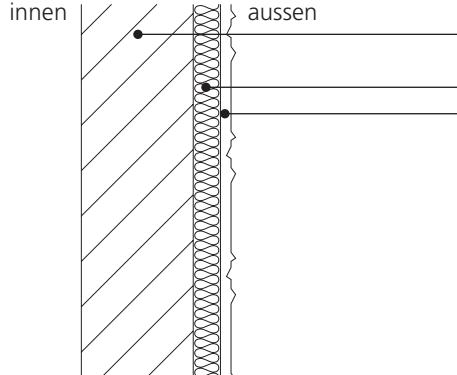
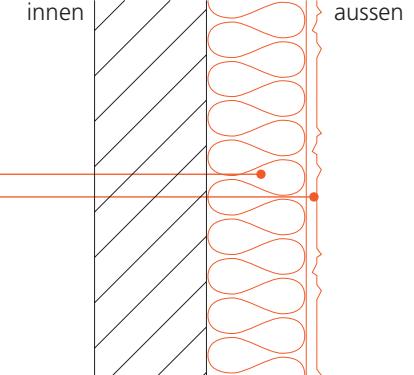
Bestehender Bauteil	Ws4	Saniert Bauteil
 <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca.0.9W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Innensanierung</b> Verschalung: z.B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

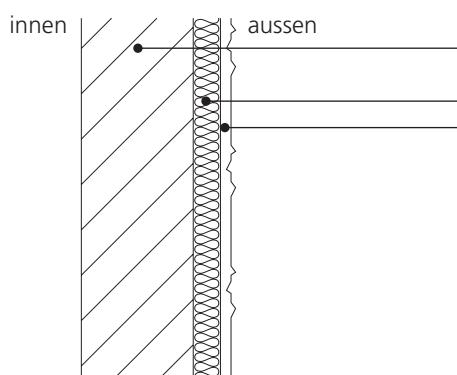
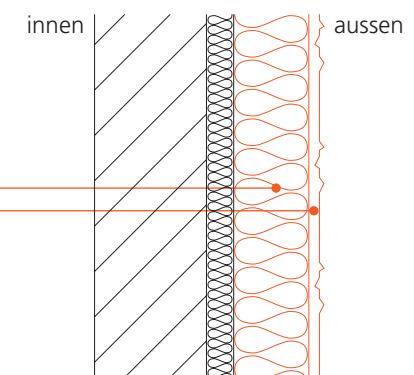
gegen Aussenluft, mit bestehender Wärmedämmung

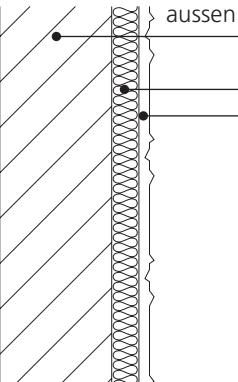
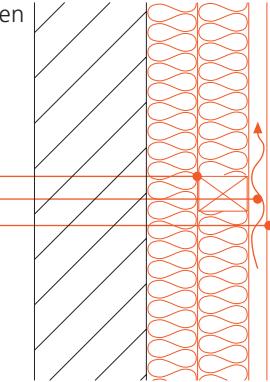
Bestehender Bauteil	Ws5	Saniert Bauteil
 <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca.2.0W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca.0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca.0.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Kompaktfassade</b> neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Bestehender Bauteil	Ws6	Saniert Bauteil
 <p>4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca.0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca.0.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Kompaktfassade</b> neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

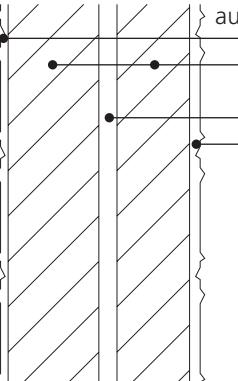
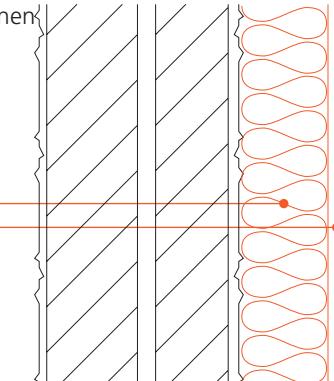
Bestehender Bauteil	Ws 7	Sanierter Bauteil
	<p><b>Ws 7</b></p> <p>Innenputz Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p><b>Kompaktfassade</b> neue Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p> <p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	<p>Sanierung homogen (mit metallischen Befestigungselementen). <math>U</math>-Werte im Anhang I. <math>U</math>-Wert-Zuschlag im Wärmebrückenkatalog.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

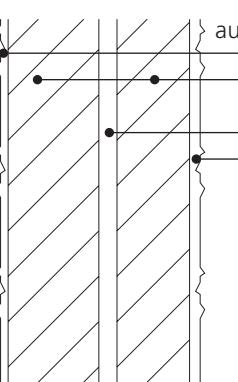
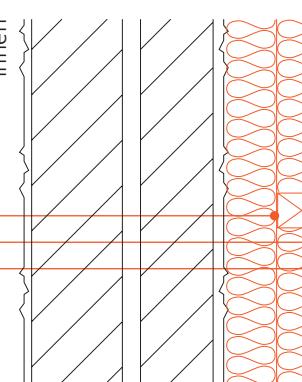
Bestehender Bauteil	Ws 8	Sanierter Bauteil
	<p><b>Ws 8</b></p> <p>Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p><b>Kompaktfassade</b> neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	

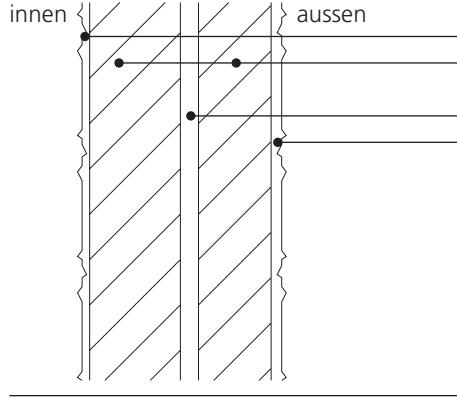
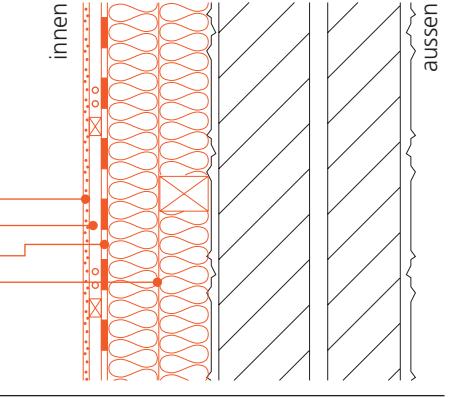
Bestehender Bauteil	Ws 9	Sanierter Bauteil
	<p><b>Ws 9</b></p> <p>Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p><b>Kompaktfassade</b> neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	

Bestehender Bauteil	Ws 10	Saniert Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <p>Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton)</p> <p>Wärmedämmung</p> <p>Aussenputz</p> <p><b>Hinterlüftete Fassade</b></p> <p>neue Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p> <p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> auszugehen.</p>	<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p> <p>4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p> <p>6cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>	 <p>innen      aussen</p> <p>neue Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

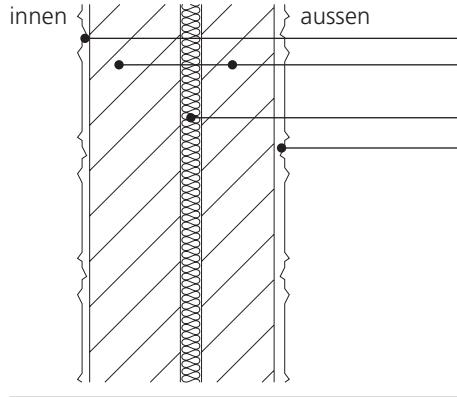
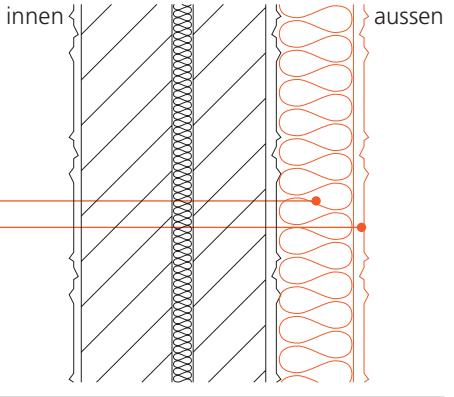
gegen Aussenluft, mit Hohlraum

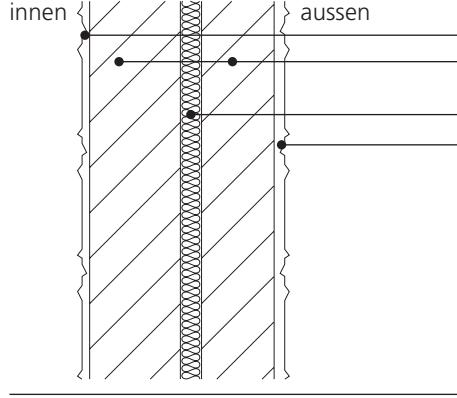
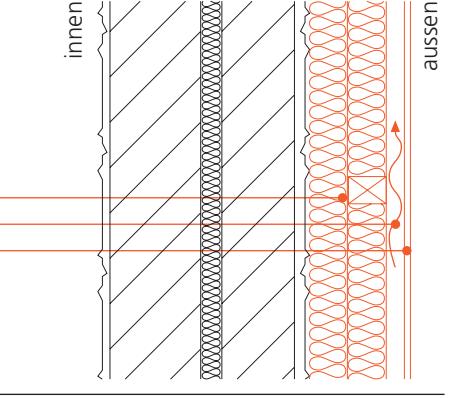
Bestehender Bauteil	Ws 11	Saniert Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <p>Innenputz</p> <p>Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein)</p> <p>Luftspalt (4–6 cm)</p> <p>Aussenputz</p> <p><b>Kompaktfassade</b></p> <p>neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>	 <p>innen      aussen</p> <p>neue Wärmedämmung Aussenputz</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

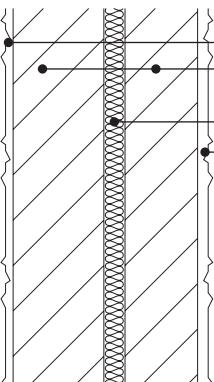
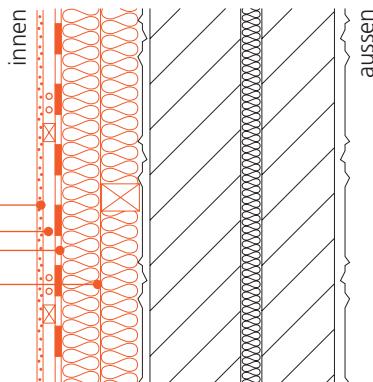
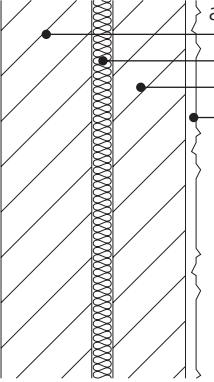
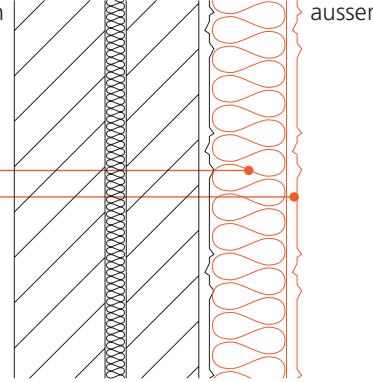
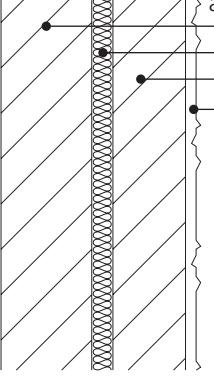
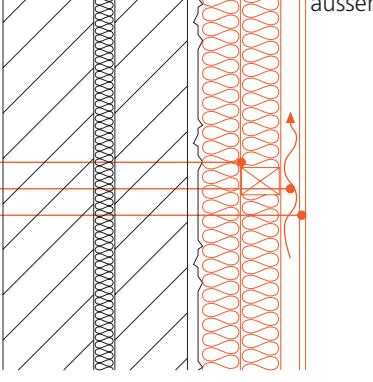
Bestehender Bauteil	Ws 12	Saniert Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <p>Innenputz</p> <p>Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein)</p> <p>Luftspalt (4–6 cm)</p> <p>Aussenputz</p> <p><b>Hinterlüftete Fassade</b></p> <p>Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>	 <p>innen      aussen</p> <p>Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

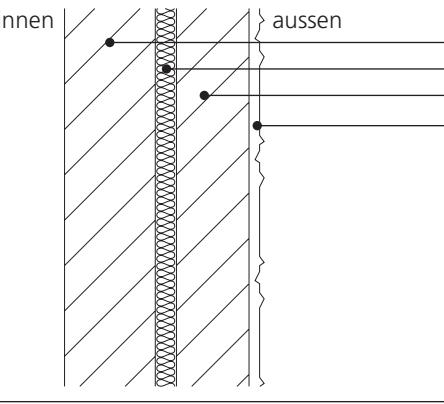
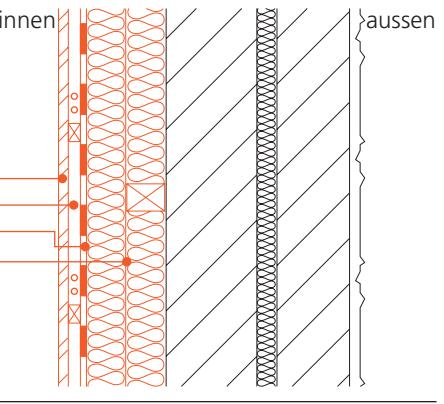
Bestehender Bauteil	Ws 13	Sanierter Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Innenputz</li> <li>Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein)</li> <li>Luftspalt (4–6 cm)</li> <li>Aussenputz</li> </ul> <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.2 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 13</b></p> <p><b>Innensanierung</b></p> <p>Verschalung: z. B. Gipskartonplatte Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen      aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

gegen Aussenluft, mit bestehender Kerndämmung

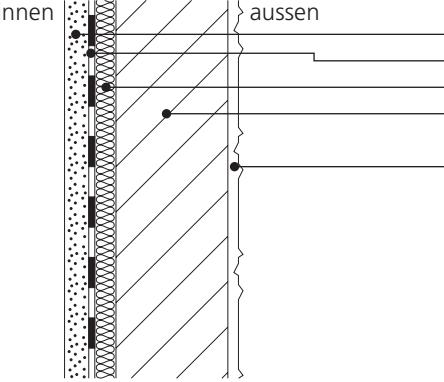
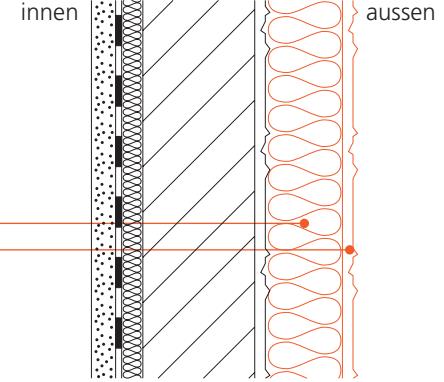
Bestehender Bauteil	Ws 14	Sanierter Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Innenputz</li> <li>Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein)</li> <li>Wärmedämmung</li> <li>Aussenputz</li> </ul> <p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K) 5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.5 W/(m<sup>2</sup>·K) 8cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.4 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 14</b></p> <p><b>Kompaktfassade</b></p> <p>neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	 <p>innen      aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

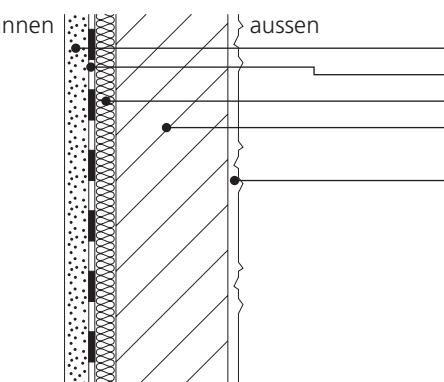
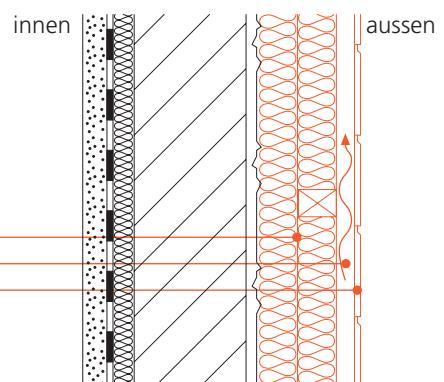
Bestehender Bauteil	Ws 15	Sanierter Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Innenputz</li> <li>Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein)</li> <li>Wärmedämmung</li> <li>Aussenputz</li> </ul> <p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K) 5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.5 W/(m<sup>2</sup>·K) 8cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.4 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 15</b></p> <p><b>Hinterlüftete Fassade</b></p> <p>Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	 <p>innen      aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

Bestehender Bauteil	Ws 16	Saniert Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <p>Innenputz Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p>3cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 5cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.5W/(m<sup>2</sup>·K) 8cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.4W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 16</b></p> <p><b>Innensanierung</b> Verschalung: z. B. Gipskartonplatte Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen      aussen</p>
		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>
Bestehender Bauteil	Ws 17	Saniert Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <p>Kalksandstein-Mauerwerk Wärmedämmung Backstein Aussenputz</p> <p>3cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.8W/(m<sup>2</sup>·K) 5cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.6W/(m<sup>2</sup>·K) 8cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.4W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Kompaktfassade</b> Wärmedämmung Aussenputz</p>	 <p>innen      aussen</p>
		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>
Bestehender Bauteil	Ws 18	Saniert Bauteil
 <p>innen      aussen</p> <p>Kalksandstein-Mauerwerk Wärmedämmung Backstein Aussenputz</p> <p>3cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.8W/(m<sup>2</sup>·K) 5cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.6W/(m<sup>2</sup>·K) 8cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.4W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Hinterlüftete Fassade</b> Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	 <p>innen      aussen</p>
	<p>Sanierung homogen (mit metallischen Befestigungselementen). U-Werte im Anhang I. U-Wert-Zuschlag im Wärmebrückenkatalog.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

Bestehender Bauteil	Ws 19	Sanierter Bauteil
 <p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8W/(m<sup>2</sup>·K)    5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6W/(m<sup>2</sup>·K)    8cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.4W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 19</b></p> <p><b>Innensanierung</b></p> <p>Verschalung: z. B. Täfer    Lattung / Leitungen    Dampfbremse    Wärmedämmung</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.    Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.    (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

gegen Aussenluft, mit bestehender Innendämmung

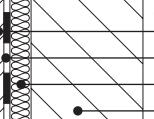
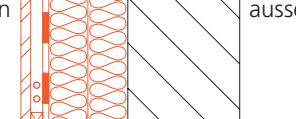
Bestehender Bauteil	Ws 20	Sanierter Bauteil
 <p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K)    4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6W/(m<sup>2</sup>·K)    5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 20</b></p> <p><b>Kompaktfassade</b></p> <p>Verschalung: z. B. Gipsplatte    Dampfbremse    Wärmedämmung    Mauerwerk    (Backstein oder Sichtbackstein)    evtl. Aussenputz</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen.    Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Bestehender Bauteil	Ws 21	Sanierter Bauteil
 <p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K)    4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6W/(m<sup>2</sup>·K)    5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 21</b></p> <p><b>Hinterlüftete Fassade</b></p> <p>Verschalung: z. B. Gipsplatte    Dampfbremse    Wärmedämmung    Mauerwerk    (Backstein oder Sichtbackstein)    evtl. Aussenputz</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen    (mit Kreuzlattung).    Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

Bestehender Bauteil	Ws22	Saniert Bauteil
<p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 2.0W/(m<sup>2</sup>·K)    3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K)    5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Innensanierung</b></p> <p>Verschalung: z. B. Gipskartonplatte    Lattung / Leitungen    Dampfbremse    Wärmedämmung</p> <p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem <math>U</math>-Wert von 2.0W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

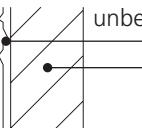
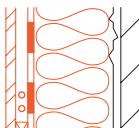
Bestehender Bauteil	Ws23	Saniert Bauteil
<p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8W/(m<sup>2</sup>·K)    4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K)    5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Kompaktfassade</b></p> <p>Wärmedämmung    Aussenputz</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

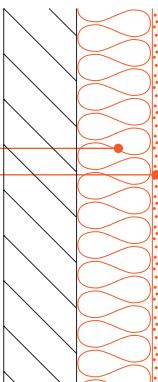
Bestehender Bauteil	Ws24	Saniert Bauteil
<p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8W/(m<sup>2</sup>·K)    4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K)    5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Hinterlüftete Fassade</b></p> <p>Wärmedämmung    Hinterlüftung    Wetterschutz</p> <p>Sanierung homogen (mit metallischen Befestigungselementen). <math>U</math>-Werte im Anhang I. <math>U</math>-Wert-Zuschlag im Wärmebrückenkatalog.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

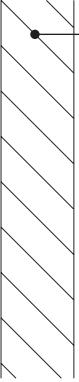
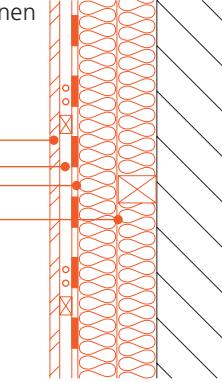
Bestehender Bauteil	Ws25	Saniert Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Verschalung: z. B. Täfer Dampfbremse Wärmedämmung Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton)</p>	<p><b>Innensanierung</b></p> <p>Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse neue Wärmedämmung</p>	 <p>innen aussen</p>

gegen unbeheizte Räume, ohne bestehende Wärmedämmung

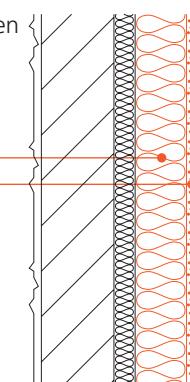
Bestehender Bauteil	Ws 26	Saniert Bauteil
<p>innen unbeheizt Innenputz Backstein</p> <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 26</b></p> <p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	<p>innen unbeheizt</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

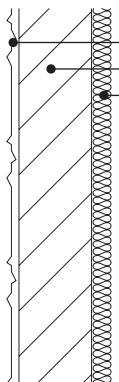
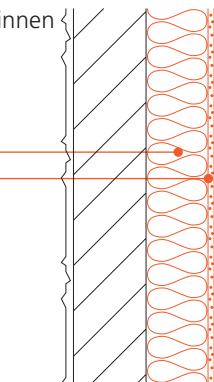
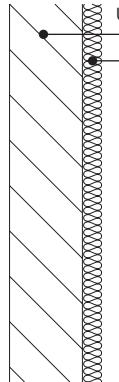
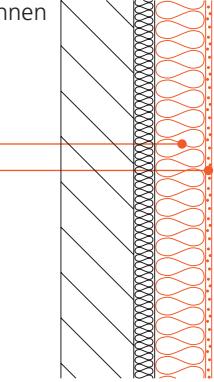
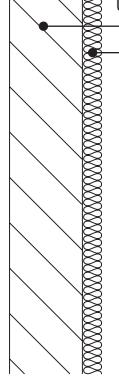
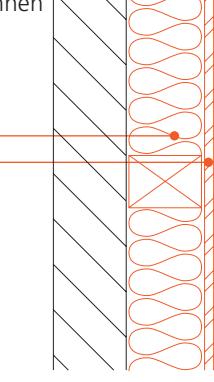
Bestehender Bauteil	Ws27	Saniert Bauteil
	<p style="text-align: center;"><b>Ws27</b></p> <p><b>Innensanierung</b></p> <p>Verschalung: z. B. Täfer Lattung/Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	

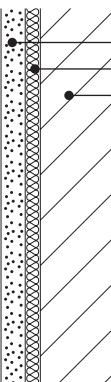
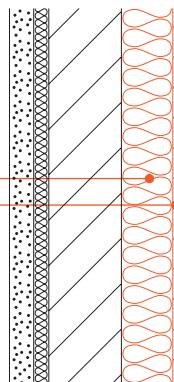
Bestehender Bauteil	Ws 28	Saniert Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Kalksandstein</p>	<p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 3.0 W/(m <sup>2</sup> ·K)		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

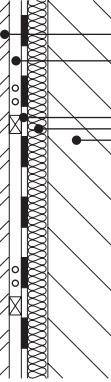
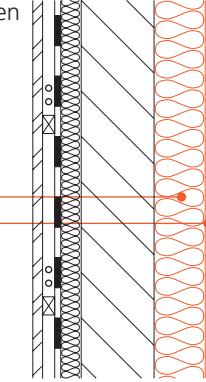
Bestehender Bauteil	Ws 29	Saniert Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Kalksandstein</p>	<p><b>Innensanierung</b> Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 3.0 W/(m <sup>2</sup> ·K)		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

gegen unbeheizte Räume, mit bestehender Wärmedämmung

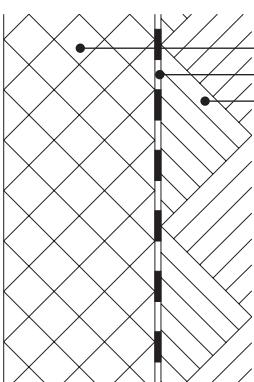
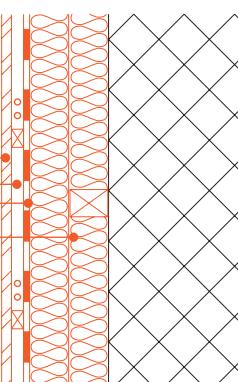
Bestehender Bauteil	Ws 30	Saniert Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Innenputz Backstein Wärmedämmung</p>	<p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
<p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K) 5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Ws31	Sanierter Bauteil
 <p>innen unbeheizt Innenputz Backstein Wärmedämmung</p> <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>2.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math> 3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math> 5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></p>	<p><b>Ws31</b></p> <p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>2.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math> auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>
Bestehender Bauteil	Ws32	Sanierter Bauteil
 <p>innen unbeheizt Kalksandstein Wärmedämmung</p> <p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math> 4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.7\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math> 5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></p>	<p><b>Ws32</b></p> <p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>
Bestehender Bauteil	Ws33	Sanierter Bauteil
 <p>innen unbeheizt Kalksandstein Wärmedämmung</p> <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math> 3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math> 5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></p>	<p><b>Ws33</b></p> <p><b>Aussensanierung</b> neue Wärmedämmung Verschalung: z. B. Täfer</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math> auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

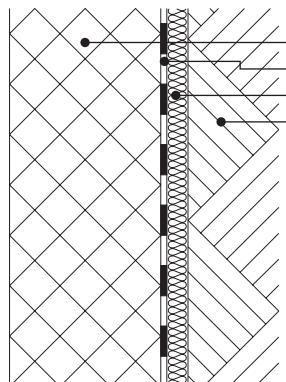
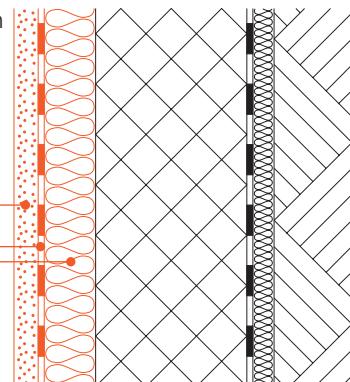
Bestehender Bauteil	Ws 34	Saniert Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Verschalung: z. B. Gipsplatte Wärmedämmung Backstein</p> <p>2 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K) 3 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K) 4 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Aussensanierung</b> neue Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	 <p>innen unbeheizt</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

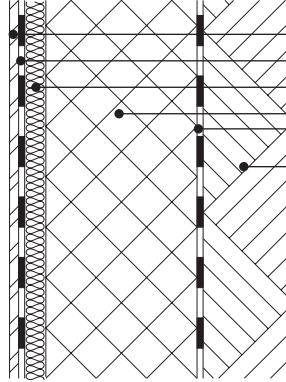
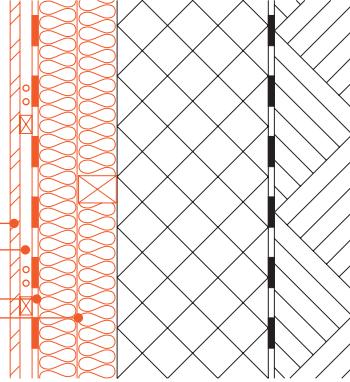
Bestehender Bauteil	Ws 35	Saniert Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Verschalung: z. B. Täfer Lattung/Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung Kalksandstein</p> <p>2 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.0 W/(m<sup>2</sup>·K) 3 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K) 4 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Aussensanierung</b> neue Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	 <p>innen unbeheizt</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

gegen Erdreich, ohne bestehende Wärmedämmung

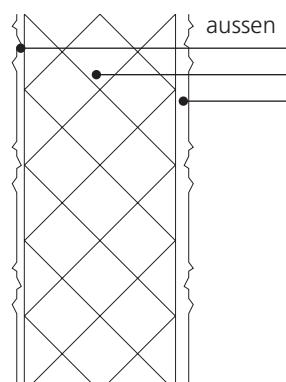
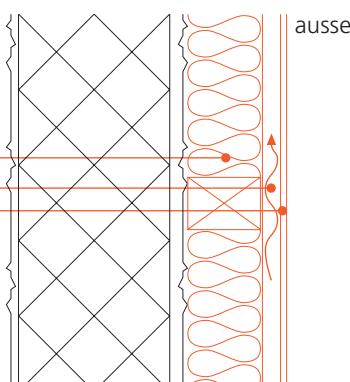
Bestehender Bauteil	Ws 36	Saniert Bauteil
 <p>innen Beton Feuchtsperrle Erdreich</p> <p>0 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 4.5 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Innensanierung</b> Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen unbeheizt</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

gegen Erdreich, mit bestehender Wärmedämmung

Bestehender Bauteil	Ws37	Sanierter Bauteil
 <p>3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.0W/(m<sup>2</sup>·K)          4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8W/(m<sup>2</sup>·K)          5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Ws37</b>	 <p><b>Innensanierung</b>          Verschalung: z. B. Gipsplatte          Dampfbremse          Wärmedämmung</p>

Bestehender Bauteil	Ws38	Sanierter Bauteil
 <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 4.0W/(m<sup>2</sup>·K)          3cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.0W/(m<sup>2</sup>·K)          5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Ws38</b>	 <p><b>Innensanierung</b>          Verschalung: z. B. Täfer          Lattung / Leitungen          Dampfbremse          neue Wärmedämmung</p>

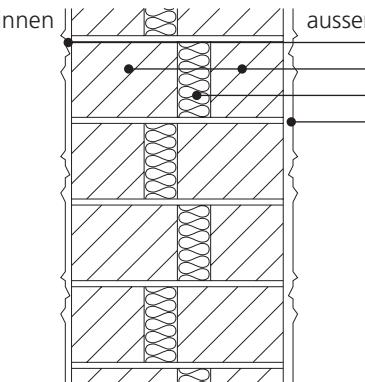
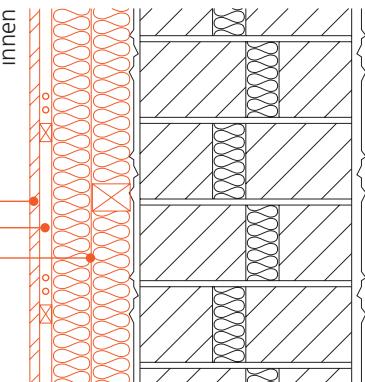
mit Spezialmauerwerk

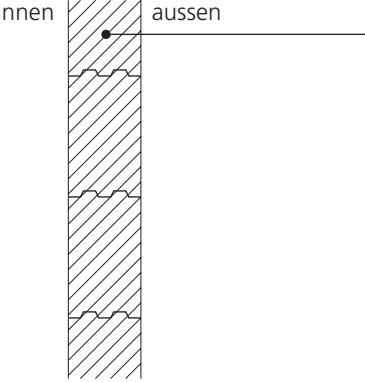
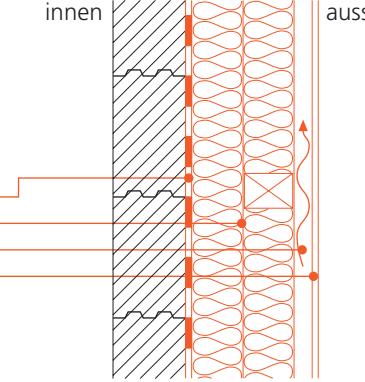
Bestehender Bauteil	Ws39	Sanierter Bauteil
 <p>25 cm Gasbeton <math>U</math>-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K)          30 cm Gasbeton <math>U</math>-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)          32.5 cm Gasbeton <math>U</math>-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Ws39</b>	 <p><b>Hinterlüftete Fassade</b>          Wärmedämmung          Hinterlüftung          Wetterschutz</p>

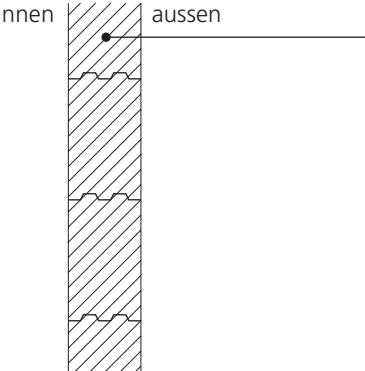
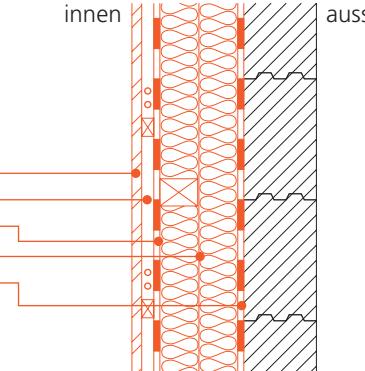
Bestehender Bauteil	Ws 40	Saniert Bauteil
<p>innen aussen</p> <p>Innenputz Gasbeton Aussenputz</p> <p>25 cm Gasbeton 30 cm Gasbeton 32.5 cm Gasbeton</p> <p>U-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K) U-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K) U-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ws 40</b></p> <p><b>Innensanierung</b> Verschalung: z. B. Gipsplatte Dampfbremse Wärmedämmung</p>	<p>innen aussen</p> <p>Innenputz Gasbeton Aussenputz</p> <p>innen aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Ws 41	Saniert Bauteil
<p>innen aussen</p> <p>Innenputz Backstein (Verbandmauerwerk) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p>5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Kompaktfassade</b> Wärmedämmung Aussenputz</p>	<p>innen aussen</p> <p>Innenputz Backstein (Verbandmauerwerk) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Ws 42	Saniert Bauteil
<p>innen aussen</p> <p>Innenputz Backstein (Verbandmauerwerk) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p>5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Hinterlüftete Fassade</b> Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	<p>innen aussen</p> <p>Innenputz Backstein (Verbandmauerwerk) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p>Sanierung homogen (mit metallischen Befestigungselementen). U-Werte im Anhang I. U-Wert-Zuschlag im Wärmebrückenkatalog.</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

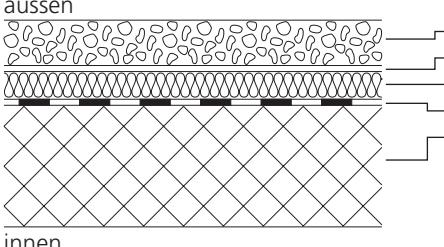
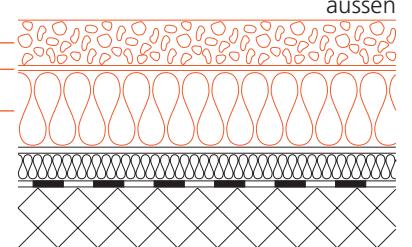
Bestehender Bauteil	Ws 43	Sanierter Bauteil
 <p>5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Innensanierung</b> Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Wärmedämmung</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

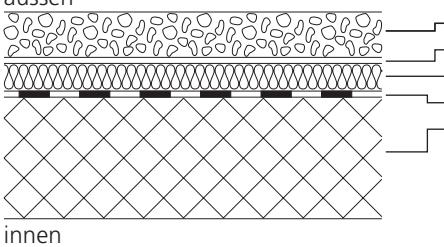
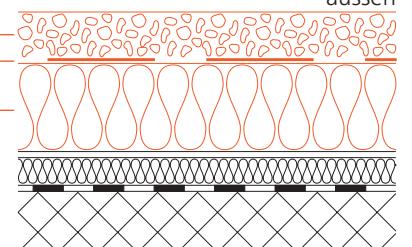
Bestehender Bauteil	Ws 44	Sanierter Bauteil
 <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.0 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Hinterlüftete Fassade</b> Luftdichtung Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

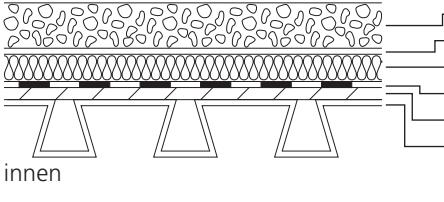
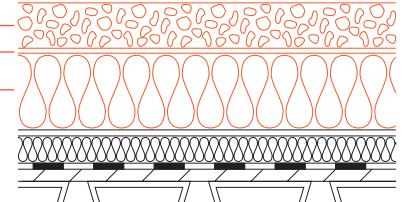
Bestehender Bauteil	Ws 45	Sanierter Bauteil
 <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.0 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Innensanierung</b> Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse / Luftdichtung Wärmedämmung evtl. Winddichtung</p>	 <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

## 46 4.1.3 Dächer und Decken

### Dächer gegen Aussenluft

Bestehender Bauteil	Ds 1	Saniert Bauteil
	<p><b>Ds 1</b></p> <p><b>Doppeldach</b> Schutzschicht Abdichtung Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	<p>Bestehende Wärmedämmung auf einwandfreien Zustand (z. B. Feuchtigkeit, Fugen) hin kontrollieren.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

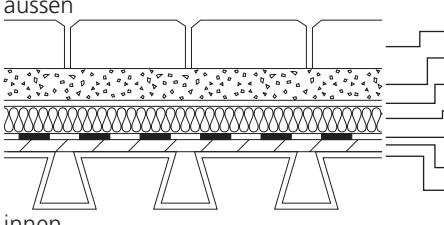
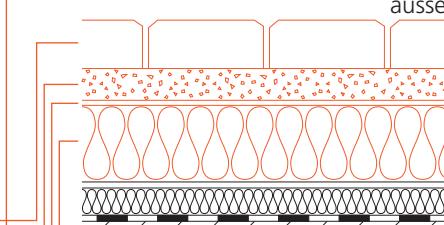
Bestehender Bauteil	Ds 2	Saniert Bauteil
	<p><b>Ds 2</b></p> <p><b>Umkehrdecke / Plusdach</b> Schutzschicht evtl. Filtermatte Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	<p>Wichtig: 20% Wärmedämmdickenzuschlag berücksichtigen (Kap. 2.5). Bestehende Dachhaut genau kontrollieren.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

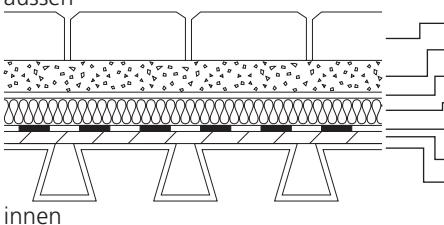
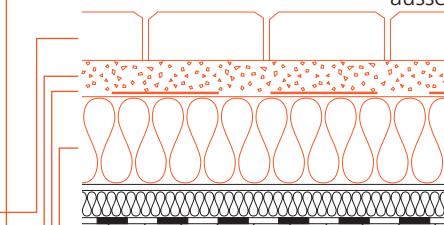
Bestehender Bauteil	Ds 3	Saniert Bauteil
	<p><b>Ds 3</b></p> <p><b>Doppeldach</b> Schutzschicht Abdichtung Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	<p>Bestehende Wärmedämmung auf einwandfreien Zustand (z. B. Feuchtigkeit, Fugen) hin kontrollieren.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Bestehender Bauteil	Ds 4	Sanierter Bauteil
	<p><b>Ds 4</b></p> <p><b>Umkehrdach / Plusdach</b></p> <p>Schutzschicht Filtermatte Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem <math>U</math>-Wert von 3.0 W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 3.0W/(m <sup>2</sup> ·K) 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 0.7W/(m <sup>2</sup> ·K) 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 0.5W/(m <sup>2</sup> ·K)	Wichtig: 20% Wärmedämmdickenzuschlag berücksichtigen (Kap. 2.5). Bestehende Dachhaut genau kontrollieren.	Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang I.

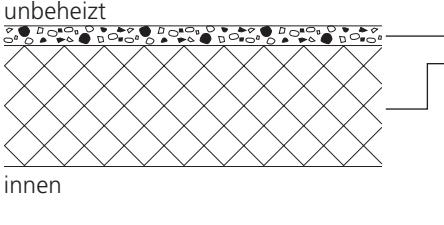
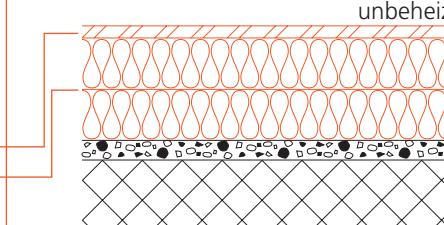
Bestehender Bauteil	Ds 5	Sanierter Bauteil
	<p><b>Ds 5</b></p> <p><b>Doppeldach</b></p> <p>Belag Sand Abdichtung Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem <math>U</math>-Wert von 3.5 W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 3.5W/(m <sup>2</sup> ·K) 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 0.7W/(m <sup>2</sup> ·K) 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 0.5W/(m <sup>2</sup> ·K)	Bestehende Wärmedämmung auf einwandfreien Zustand (z. B. Feuchtigkeit, Fugen) hin kontrollieren.	Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang I.

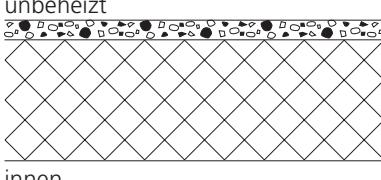
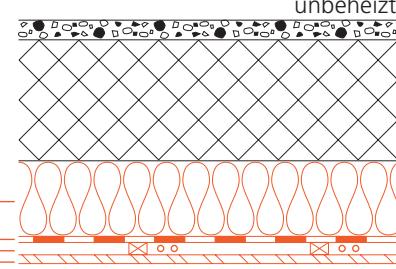
Bestehender Bauteil	Ds 6	Sanierter Bauteil
	<p><b>Ds 6</b></p> <p><b>Umkehrdach / Plusdach</b></p> <p>Belag Sand evtl. Filtermatte Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem <math>U</math>-Wert von 3.5 W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 3.5W/(m <sup>2</sup> ·K) 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 0.7W/(m <sup>2</sup> ·K) 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 0.5W/(m <sup>2</sup> ·K)	Wichtig: 20% Wärmedämmdickenzuschlag berücksichtigen (Kap. 2.5). Bestehende Dachhaut genau kontrollieren.	Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang I.

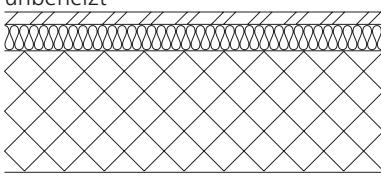
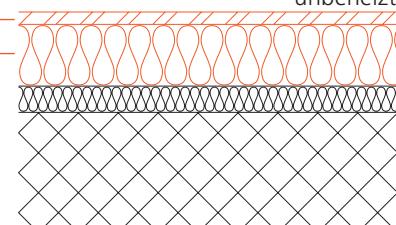
Bestehender Bauteil	Ds 7	Saniert Bauteil
	<p><b>Ds 7</b></p> <p><b>Doppeldach</b></p> <p>Belag Sand Abdichtung Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Bestehende Wärmedämmung auf einwandfreien Zustand (z. B. Feuchtigkeit, Fugen) hin kontrollieren.	Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang I.

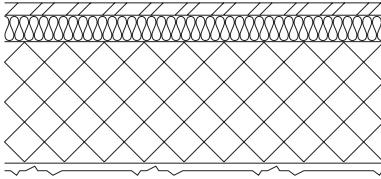
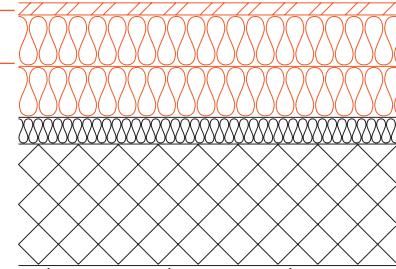
Bestehender Bauteil	Ds 8	Saniert Bauteil
	<p><b>intakte</b> Abdichtung</p> <p>Belag Sand intakte Abdichtung Wärmedämmung Dampfsperre Hartfaserplatte Trapezblech</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> auszugehen.</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Wichtig: 20% Wärmedämmdickenzuschlag berücksichtigen (Kap. 2.5). Bestehende Dachhaut genau kontrollieren.	Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang I.

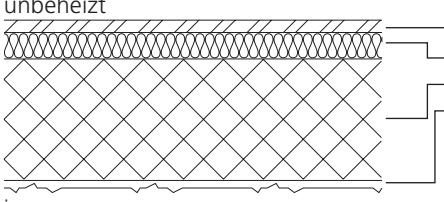
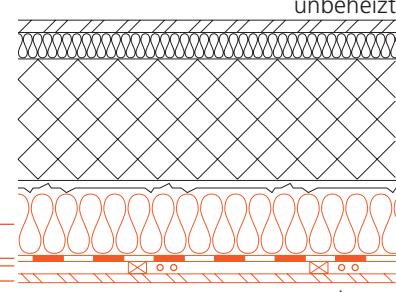
Decken gegen unbeheizte Räume

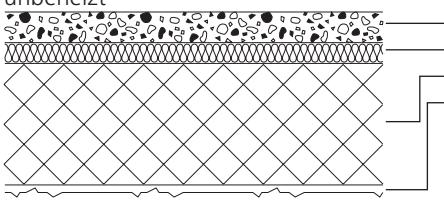
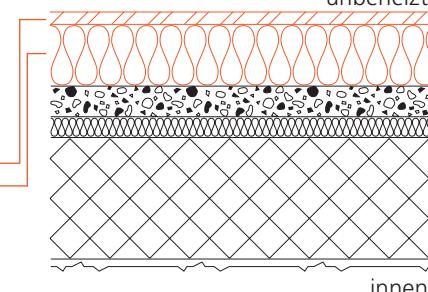
Bestehender Bauteil	Ds 10	Saniert Bauteil
	<p><b>Aussensanierung</b></p> <p>Spanplatte Wärmedämmung</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang I. ( $U$ -Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)

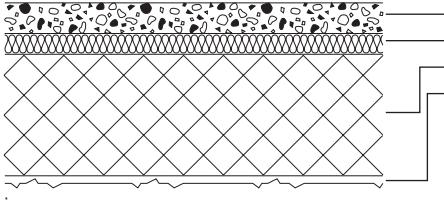
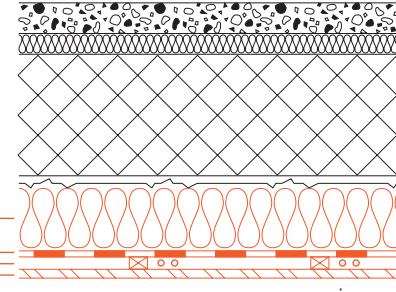
Bestehender Bauteil	Ds 11	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p> <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 3.0W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ds 11</b></p> <p>Zementüberzug Beton</p> <p><b>Innensanierung</b> Wärmedämmung (zwischen Lattenrost) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

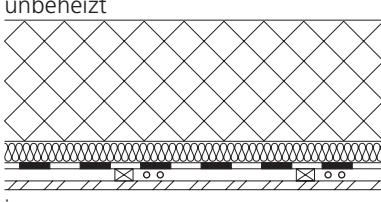
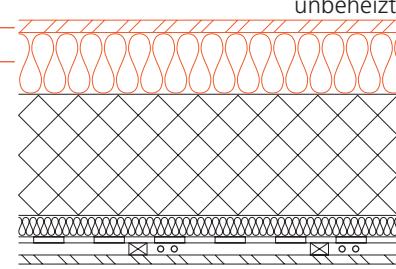
Bestehender Bauteil	Ds 12	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p> <p>2cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 1.2W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ds 12</b></p> <p>Belag: z. B. Spanplatte Wärmedämmung Beton</p> <p><b>Aussensanierung</b> Spanplatte Wärmedämmung</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Ds 13	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p> <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 3.0W/(m<sup>2</sup>·K) 5cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Ds 13</b></p> <p>Belag: z. B. Spanplatte Wärmedämmung Beton Deckenputz</p> <p><b>Aussensanierung</b> Spanplatte neue Wärmedämmung</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p> <p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem <math>U</math>-Wert von 3.0 W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen.</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Ds 14	Saniert Bauteil
 <p>unbeheizt Belag: z. B. Spanplatte Wärmedämmung Beton Deckenputz innen</p> <p>2 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.2 W/(m<sup>2</sup>·K) 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K) 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.5 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Ds 14</b>	 <p>unbeheizt Belag: z. B. Spanplatte Wärmedämmung (zwischen Lattenrost) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil	Ds 15	Saniert Bauteil
 <p>unbeheizt Zementüberzug Wärmedämmung Beton Deckenputz innen</p> <p>2 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.1 W/(m<sup>2</sup>·K) 3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K) 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Ds 15</b>	 <p>unbeheizt Zementüberzug Spanplatte Wärmedämmung innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Ds 16	Saniert Bauteil
 <p>unbeheizt Zementüberzug Wärmedämmung Beton Deckenputz innen</p> <p>2 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.1 W/(m<sup>2</sup>·K) 3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K) 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.7 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Ds 16</b>	 <p>unbeheizt Belag: z. B. Spanplatte Wärmedämmung (zwischen Lattenrost) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

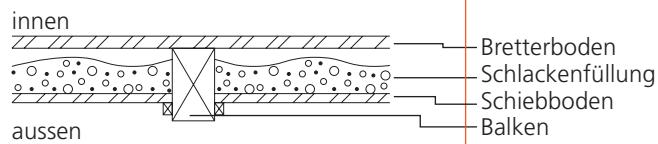
Bestehender Bauteil	Ds 17	Sanierter Bauteil
 <p>unbeheizt innen</p> <p>unbeheizt</p> <p>innen</p>	<p><b>Ds 17</b></p> <p>Beton Wärmedämmung Dampfbremse Lattung/Leitungen Verschalung: z.B. Täfer</p> <p><b>Aussensanierung</b> Spanplatte Wärmedämmung</p>	 <p>unbeheizt innen</p>
<p>2 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math>      3 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math>      4 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen.      Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I.      (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

## 52 4.2 Sanierung inhomogener Bauteile

### 4.2.1 Böden

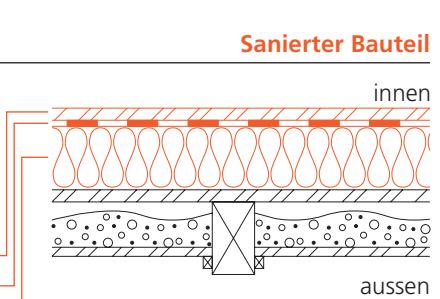
gegen Außenluft

#### Bestehender Bauteil



#### Bsi 4

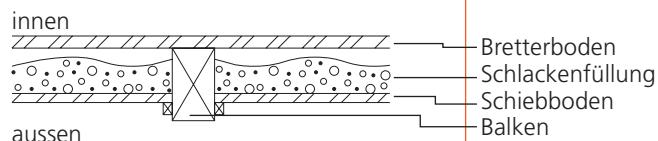
**Innensanierung**  
Bretterboden  
Dampfbremse  
Wärmedämmung



Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K)

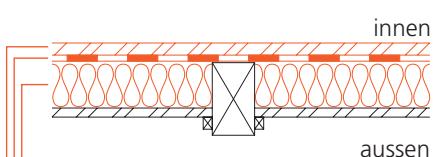
Diese Sanierungsvariante ist homogen.  
Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.  
(U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)

#### Bestehender Bauteil



#### Bsi 5

**Kernsanierung**  
Bretterboden  
Dampfbremse  
Wärmedämmung



Ohne Schlackenfüllung U-Wert ca. 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K)

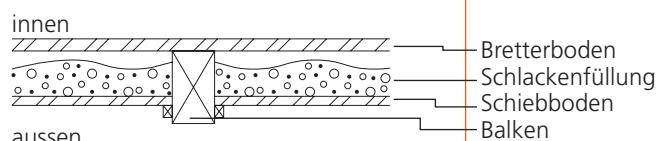
Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K)

Bodenbelag und Schlacke werden entfernt.  
Es ist von einem U-Wert von 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K)  
auszugehen. Einsetzbare Dämmdicke begrenzt.

Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.

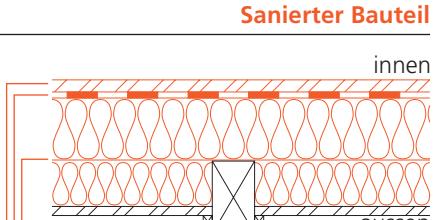
Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.

#### Bestehender Bauteil



#### Bsi 6

**Kern- und Innensanierung**  
Bretterboden  
Dampfbremse  
Wärmedämmung



Ohne Schlackenfüllung U-Wert ca. 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K)

Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K)

Bodenbelag und Schlacke werden entfernt.  
Es ist von einem U-Wert von 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K)  
auszugehen.

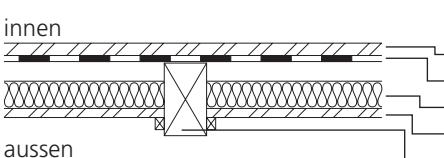
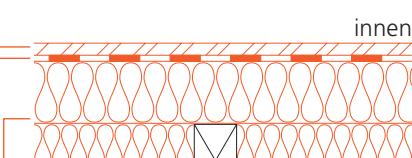
Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.

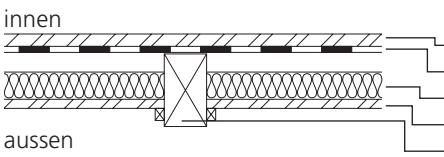
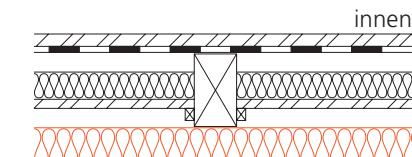
Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.

Bestehender Bauteil	Bsi 7	Sanierter Bauteil
<p>innen</p> <p>Bretterboden Schlackenfüllung Schiebboden Balken</p> <p>aussen</p>		<p>innen</p> <p>Wärmedämmung Deckenverkleidung</p> <p>aussen</p>
<p>Mit Schlackenfüllung <math>U</math>-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

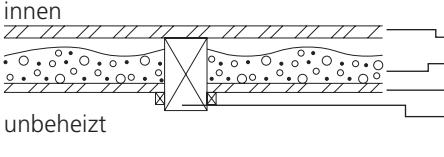
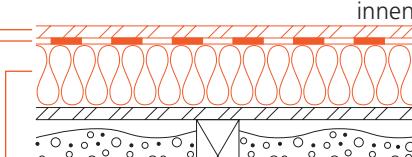
Bestehender Bauteil	Bsi 9	Sanierter Bauteil
<p>innen</p> <p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p> <p>aussen</p>	<p>innen</p> <p>Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden</p> <p>aussen</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang II)</p>
<p>4 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K)</p> <p>6 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>		

Bestehender Bauteil	Bsi 10	Sanierter Bauteil
<p>innen</p> <p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p> <p>aussen</p>	<p>innen</p> <p>Dampfbremse neue Wärmedämmung Schiebboden</p> <p>aussen</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>
<p>0 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K)</p> <p>4 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.8 W/(m<sup>2</sup>·K)</p> <p>6 cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. 0.6 W/(m<sup>2</sup>·K)</p>		

Bestehender Bauteil	Bsi 11	Saniert Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p><b>Bsi 11</b></p> <p><b>Kern- und Innensanierung</b></p> <p>Bretterboden Dampfbremse neue Wärmedämmung</p>	 <p>innen aussen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 2.0W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.8W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.6W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

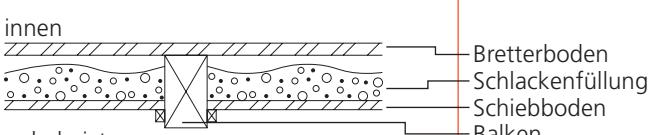
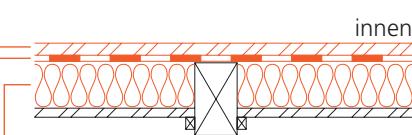
Bestehender Bauteil	Bsi 12	Saniert Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p><b>Bsi 12</b></p> <p><b>Aussensanierung</b></p> <p>Wärmedämmung Deckenverkleidung</p>	 <p>innen aussen</p>

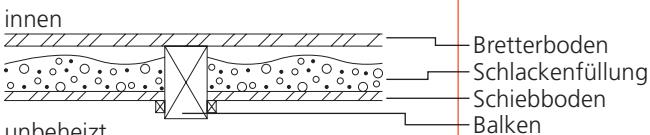
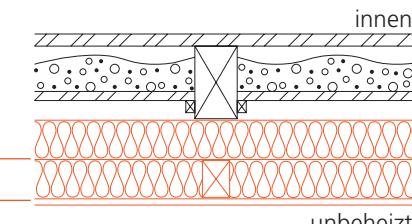
gegen unbeheizte Räume

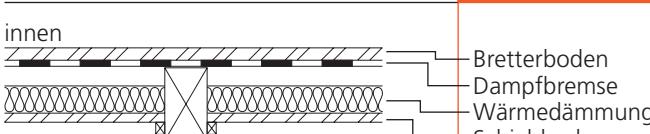
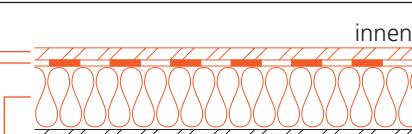
Bestehender Bauteil	Bsi 13	Saniert Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Bretterboden Schlackenfüllung Schiebboden Balken</p>	<p><b>Bsi 13</b></p> <p><b>Innensanierung</b></p> <p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen unbeheizt</p>

Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. 0.9 W/(m<sup>2</sup>·K)

Diese Sanierungsvariante ist homogen.  
Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.  
(U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)

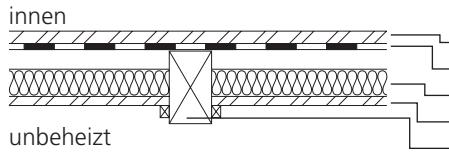
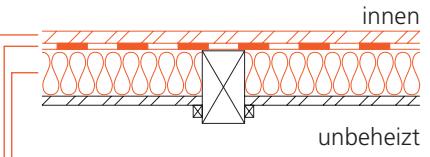
Bestehender Bauteil	Bsi 14	Sanierter Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>innen unbeheizt</p> <p>Bretterboden Schlackenfüllung Schiebboden Balken</p>	<b>Bsi 14</b>	 <p>innen unbeheizt</p> <p>Kernsanierung Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung</p>
<p>Ohne Schlackenfüllung <math>U</math>-Wert ca. <math>2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p> <p>Mit Schlackenfüllung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>	<p>Bodenbelag und Schlacke werden entfernt. Es ist von einem <math>U</math>-Wert von <math>2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> auszugehen. Einsetzbare Dämmdicke begrenzt.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

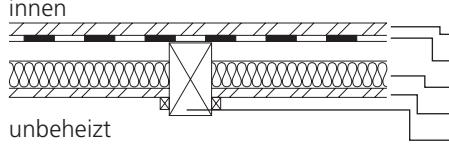
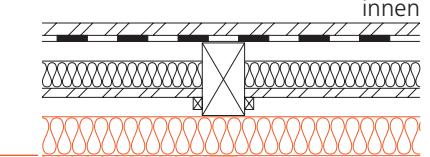
Bestehender Bauteil	Bsi 15	Sanierter Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>innen unbeheizt</p> <p>Bretterboden Schlackenfüllung Schiebboden Balken</p>	<b>Bsi 15</b>	 <p>innen unbeheizt</p> <p>Aussensanierung Wärmedämmung Deckenverkleidung</p>

Bestehender Bauteil	Bsi 17	Sanierter Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>innen unbeheizt</p> <p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<b>Bsi 17</b>	 <p>innen unbeheizt</p> <p>Innensanierung Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung</p>

4 cm Wärmedämmung  $U$ -Wert ca.  $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$   
 6 cm Wärmedämmung  $U$ -Wert ca.  $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die  $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)

Bestehender Bauteil	Bsi 18	Saniert Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p><b>Bsi 18</b></p> <p><b>Kernsanierung</b></p> <p>Bretterboden Dampfbremse neue Wärmedämmung</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca.2.0W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.6W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen. Einsetzbare Dämmdicke begrenzt.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

Bestehender Bauteil	Bsi 19	Saniert Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p><b>Bsi 19</b></p> <p><b>Aussensanierung</b></p> <p>Wärmedämmung Deckenverkleidung</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
<p>4cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung U-Wert ca.0.6W/(m<sup>2</sup>·K)</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

## 4.2.2 Wände

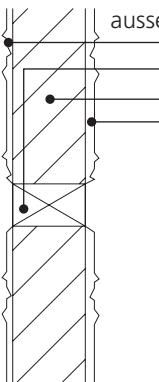
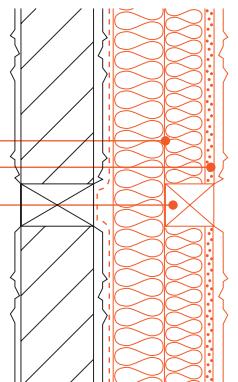
gegen Aussenluft

57

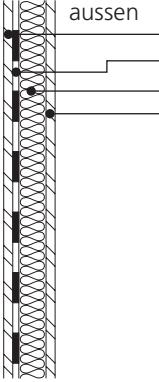
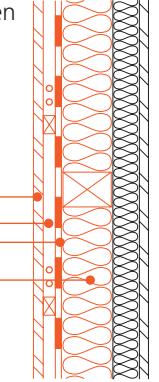
Bestehender Bauteil	Wsi 1	Sanierter Bauteil
<p>innen      aussen</p> <p>4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math>  6cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math>  8cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>	<p><b>Wsi 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Innenverkleidung: z. B. Täfer</li> <li>Luft</li> <li>Dampfbremse</li> <li>Wärmedämmung</li> <li>Riegel</li> <li>Holzfaserplatte</li> <li>Hinterlüftung</li> <li>Wetterschutz</li> </ul> <p><b>Innensanierung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verschalung: z. B. Täfer</li> <li>Lattung / Leitungen</li> <li>Dampfbremse</li> <li>Wärmedämmung</li> </ul>	<p>innen      aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.  Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.  (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

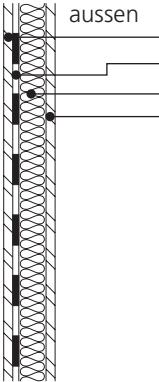
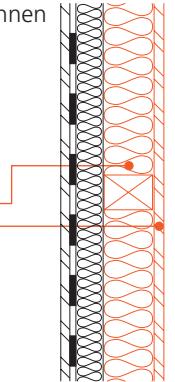
Bestehender Bauteil	Wsi 2	Sanierter Bauteil
<p>innen      aussen</p> <p>4cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math>  6cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math>  8cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>	<p><b>Wsi 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Innenverkleidung: z. B. Täfer</li> <li>Luft</li> <li>Dampfbremse</li> <li>Wärmedämmung</li> <li>Riegel</li> <li>Holzfaserplatte</li> <li>Hinterlüftung</li> <li>Wetterschutz</li> </ul> <p><b>Aussensanierung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmedämmung</li> <li>Windpapier / Holzfaserplatte</li> <li>Hinterlüftung</li> <li>Wetterschutz</li> </ul>	<p>innen      aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.  Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.  (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil	Wsi 3	Sanierter Bauteil
<p>innen      aussen</p> <p>0cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca. <math>1.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math></p>	<p><b>Wsi 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Innenputz</li> <li>Holzfachwerk</li> <li>Mauerwerk</li> <li>Aussenputz</li> </ul> <p><b>Innensanierung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verkleidung: z. B. Gipskartonplatte</li> <li>Lattung / Leitungen</li> <li>Dampfbremse</li> <li>Wärmedämmung</li> </ul>	<p>innen      aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.  Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II.  (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil	Wsi 4	Saniert Bauteil
 <p>innen aussen Innenputz Holzfachwerk Mauerwerk Aussenputz</p> <p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.9W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Duripanel verputzt aufgesetzter Riegel</p>	 <p>innen aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

gegen unbeheizte Räume

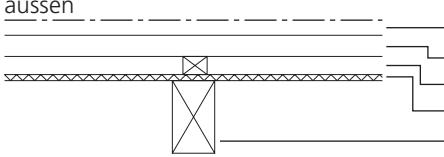
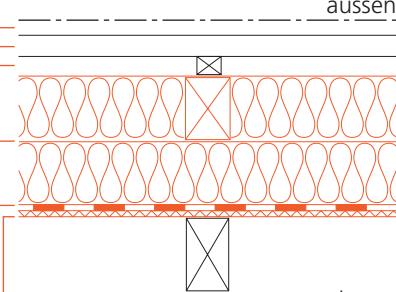
Bestehender Bauteil	Wsi 5	Saniert Bauteil
 <p>innen aussen Innenverkleidung: z. B. Täfer Dampfbremse Wärmedämmung zwischen Lattung Aussenverkleidung: z. B. Spanplatte</p> <p>2cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.0W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.6W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Innensanierung</b> Innenverkleidung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

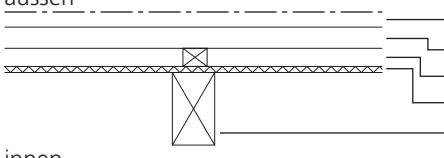
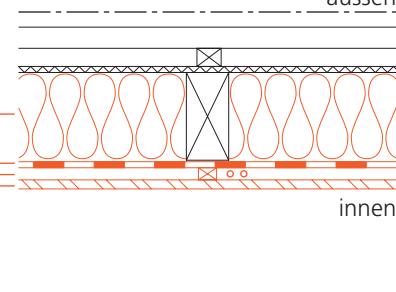
Bestehender Bauteil	Wsi 6	Saniert Bauteil
 <p>innen aussen Innenverkleidung: z. B. Täfer Dampfbremse Wärmedämmung zwischen Lattung Aussenverkleidung: z. B. Spanplatte</p> <p>2cm Wärmedämmung U-Wert ca. 1.0W/(m<sup>2</sup>·K) 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.7W/(m<sup>2</sup>·K) 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.6W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<p><b>Aussensanierung</b> Wärmedämmung Aussenverkleidung: z. B. Spanplatte</p>	 <p>innen aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

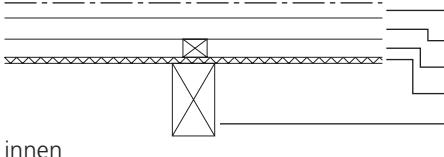
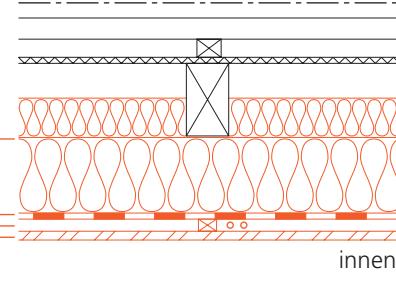
#### 4.2.3 Dächer und Decken

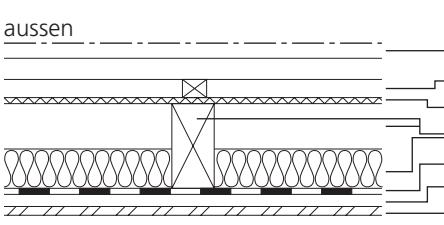
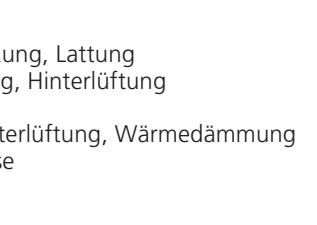
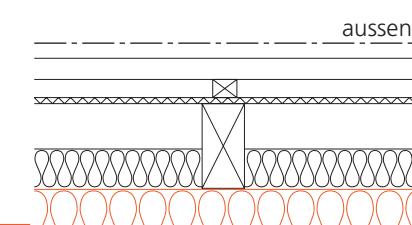
Dächer gegen Außenluft

59

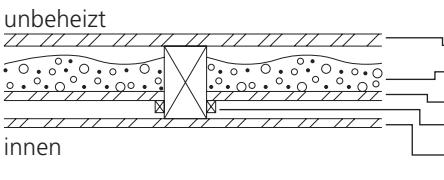
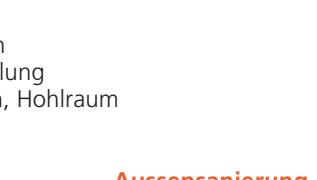
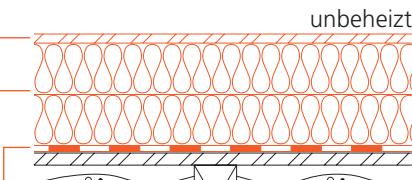
Bestehender Bauteil	Dsi 1	Sanierter Bauteil
	<p><b>Dsi 1</b></p> <p>Dachindeckung, Lattung Hinterlüftung Konterlattung Unterdach (Schindeln oder Bretter) Sparren</p> <p><b>Aussensanierung</b></p> <p>Dachindeckung, Lattung Hinterlüftung Konterlattung, Unterdach Wärmedämmung Dampfbremse Täfer</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 4.0W/(m <sup>2</sup> ·K)	Die bestehende Dachhaut wird bis auf das Unterdach entfernt.	Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang II. ( $U$ -Werte homogene Sanierung: Anhang I)

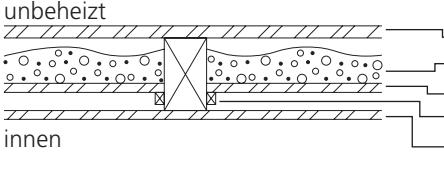
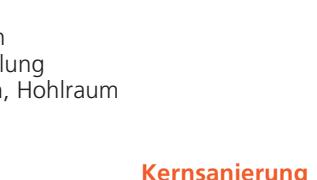
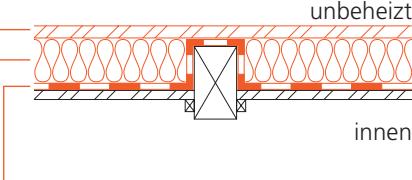
Bestehender Bauteil	Dsi 2	Sanierter Bauteil
	<p><b>Dsi 2</b></p> <p>Dachindeckung, Lattung Hinterlüftung Konterlattung Unterdach (Schindeln oder Bretter) Sparren</p> <p><b>Kernsanierung</b></p> <p>Wärmedämmung (zwischen den Sparren) Dampfbremse Lattung/Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 4.0W/(m <sup>2</sup> ·K)	Die bestehende Dachhaut wird belassen. Die einsetzbare Dämmdicke ist begrenzt.	Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang II. ( $U$ -Werte homogene Sanierung: Anhang I)

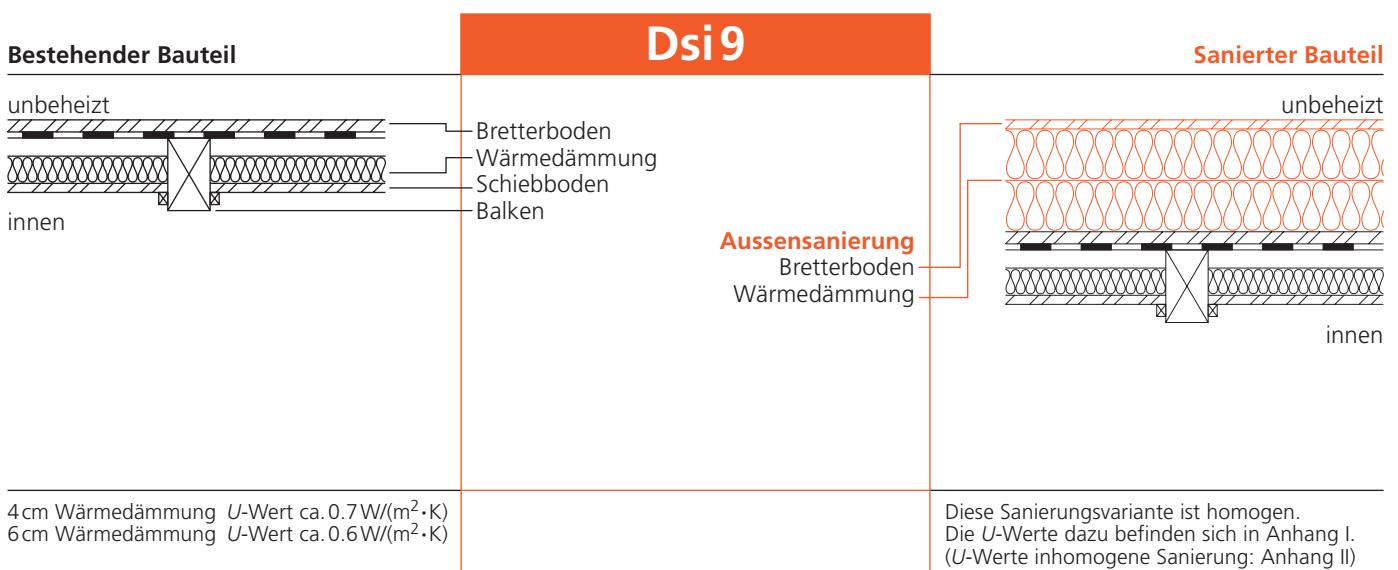
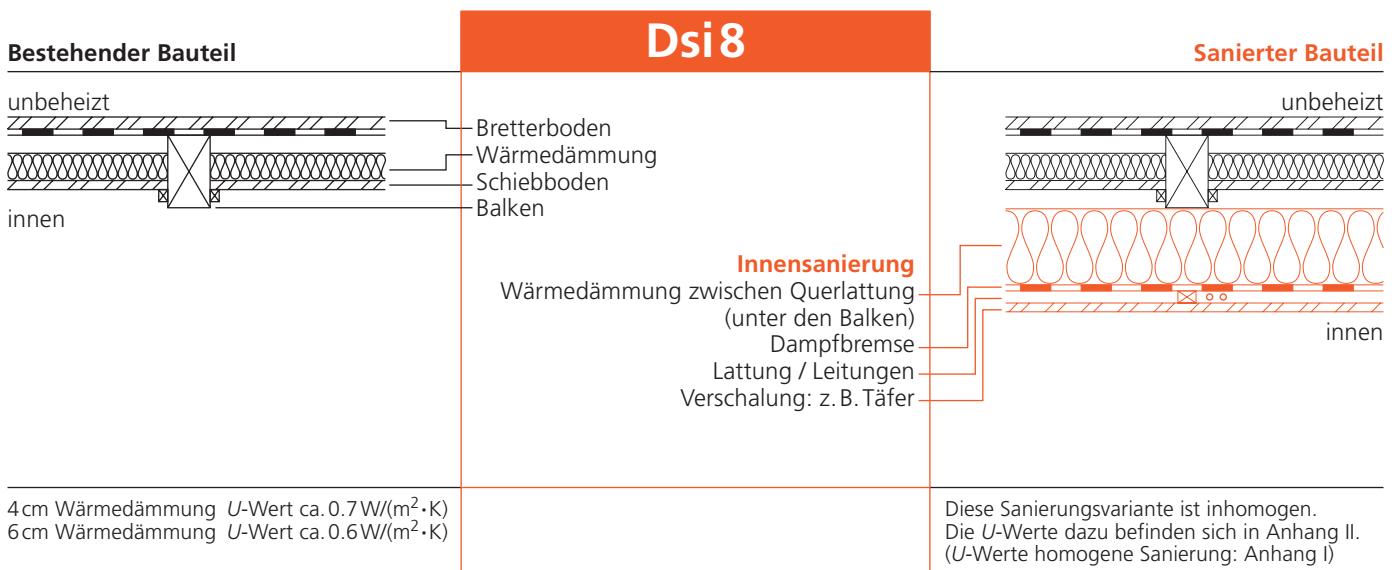
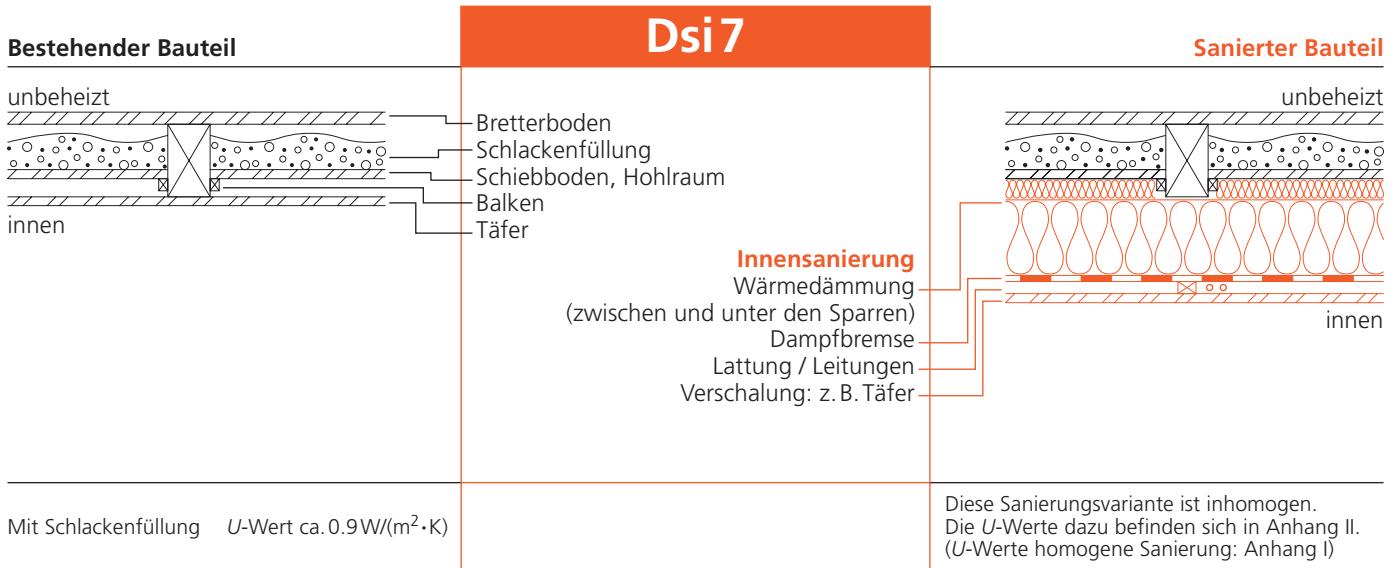
Bestehender Bauteil	Dsi 3	Sanierter Bauteil
	<p><b>Dsi 3</b></p> <p>Dachindeckung, Lattung Hinterlüftung Konterlattung Unterdach (Schindeln oder Bretter) Sparren</p> <p><b>Innensanierung</b></p> <p>Wärmedämmung zwischen und unter den Sparren Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	
0cm Wärmedämmung $U$ -Wert ca. 4.0W/(m <sup>2</sup> ·K)		Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die $U$ -Werte dazu befinden sich in Anhang II. ( $U$ -Werte homogene Sanierung: Anhang I)

Bestehender Bauteil	Dsi 4	Saniert Bauteil
 <p>aussen innen</p> <p>6cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca.0.6W/(m<sup>2</sup>·K) 8cm Wärmedämmung <math>U</math>-Wert ca.0.5W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Dsi 4</b>  <p><b>Innensanierung</b> Wärmedämmung (unter den Sparren) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	 <p>aussen innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Decken gegen unbeheizte Räume

Bestehender Bauteil	Dsi 5	Saniert Bauteil
 <p>unbeheizt innen</p> <p>Mit Schlackenfüllung <math>U</math>-Wert ca.0.9W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Dsi 5</b>  <p><b>Aussensanierung</b> Spanplatte Wärmedämmung Dampfbremse</p>	 <p>unbeheizt innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (<math>U</math>-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Dsi 6	Saniert Bauteil
 <p>unbeheizt innen</p> <p>Ohne Schlackenfüllung <math>U</math>-Wert ca.2.0W/(m<sup>2</sup>·K) Mit Schlackenfüllung <math>U</math>-Wert ca.0.9W/(m<sup>2</sup>·K)</p>	<b>Dsi 6</b>  <p><b>Kernsanierung</b> Holzschalung Wärmedämmung Dampfbremse</p>	 <p>unbeheizt innen</p> <p>Bodenbelag und Schlacke werden entfernt. Es ist von einem <math>U</math>-Wert von 2.0 W/(m<sup>2</sup>·K) auszugehen. Einsetzbare Dämmdicke begrenzt.</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die <math>U</math>-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (<math>U</math>-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>





# 5 Fenster und Türen

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

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

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

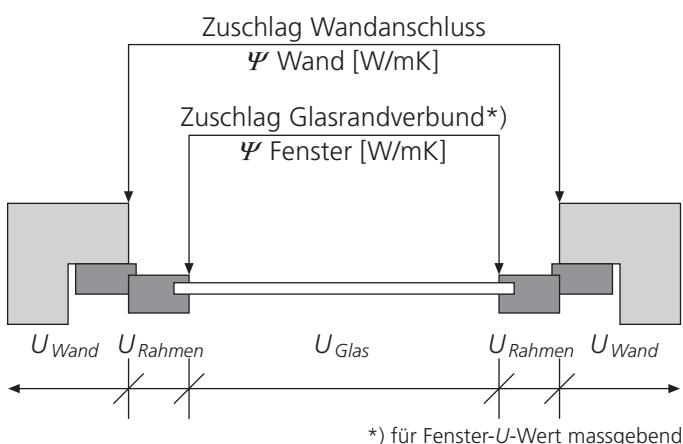
<b>5.1 Fenster .....</b>	<b>64</b>
5.1.1 Grundlagen zur Berechnung des Fenster- $U$ -Wertes $U_w$ .....	64
5.1.2 Rahmen- $U$ -Wert $U_f$ .....	64
5.1.3 Glasrandverbund .....	64
5.1.4 Fenster- $g$ -Wert .....	64
5.1.5 Tabelle zur Bestimmung der Fenster- $U$ -Werte .....	65
5.1.6 Wahl des Fensters .....	65
5.1.7 Weitere Hinweise .....	65
5.1.8 Beispiele .....	66
<b>5.2 Türen .....</b>	<b>67</b>

## 64 5.1 Fenster

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

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

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



**Bild 10**  
Teilbereiche des Fensters

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

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

$U_f$   $U$ -Wert des Rahmens in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$A_f$  Projektionsfläche des Rahmens in  $\text{m}^2$

$U_g$   $U$ -Wert des Glases in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$A_g$  Projektionsfläche des Glases in  $\text{m}^2$

$\Psi_g$  längenbezogener Durchgangskoeffizient des Glasrandverbunds (bezüglich Glas-Lichtmass) in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

$l_g$  Perimeterlänge des Glasrands in  $\text{m}$

$A_w$  Projektionsfläche des Fensters in  $\text{m}^2$

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

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

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

### 5.1.3 Glasrandverbund

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

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

**Tabelle 4:**

$\Psi_g$ -Werte für Aluminiumabstandhalter (Richtwerte)

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

### 5.1.4 Fenster- $g$ -Wert

Der  $g$ -Wert ist für die Beurteilung einer Verglasung in Bezug auf die Gesamtenergiedurchlässigkeit entscheidend. Aussenliegende 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

65

	Glas 1			U <sub>w</sub> (Fenster) in W/(m <sup>2</sup> · K) 3				
	Typ	U <sub>g</sub> W/(m <sup>2</sup> · K)	g-Wert 2	U <sub>f</sub> (Rahmen) in W/(m <sup>2</sup> · K) 4				
				1.0	1.4	1.9	2.5	3.3
<b>Rahmen-anteil:</b> <b>30%</b>	2IV	1.5	62	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3
	2IV	1.3	62	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3
	2IV	1.1	62	1.3	1.4	1.6	1.9	2.1
	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
<b>Rahmen-anteil:</b> <b>20%</b>	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
	2IV	1.5	62	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2
	2IV	1.3	62	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1
	2IV	1.1	62	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9
	2IV	1.0	62	1.2	1.3	1.4	1.7	1.8
<b>Rahmen-anteil:</b> <b>15%</b>	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
	2IV	1.5	62	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0
	2IV	1.3	62	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8
	2IV	1.1	62	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7
	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<sub>g</sub>-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<sub>w</sub>-Werte den Angaben mit «Rahmenanteil 30%» zu entnehmen.

Bei U<sub>g</sub>-Zwischenwerten dürfen die U<sub>w</sub>-Werte interpoliert werden. Es sind nur Werte aufgeführt, die den maximalen U<sub>w</sub>-Wert gemäss Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau» erfüllen.

4 Weitere U<sub>f</sub>-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<sub>w</sub>-Wert.
2. Innerhalb der gewählten Glasart sollte anschliessend ein Glas mit möglichst hohem g-Wert gewählt werden. Weisen zwei Gläser die gleichen U<sub>g</sub>-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<sub>g</sub>-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 64 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 ≤ 15% vorgeschrieben. Isolierverglasungen, Wärmeschutz- sowie Sonnenschutzgläser erfüllen diese Anforderung in der Regel nur in Kombination mit einem aussenliegenden Sonnenschutz.

## 66 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/(m<sup>2</sup> · K).

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

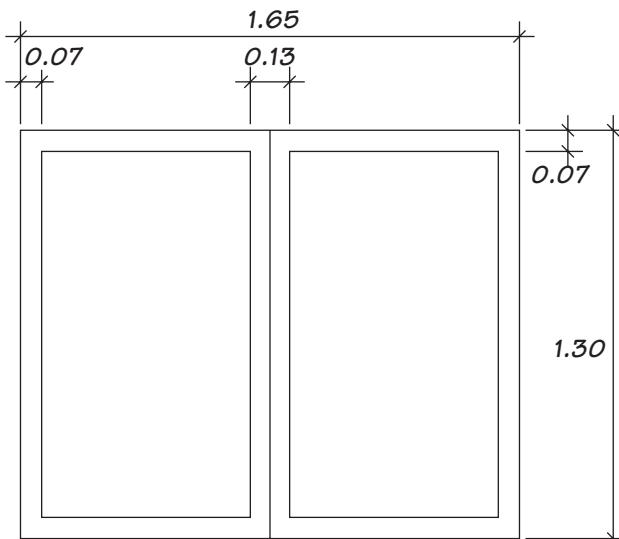
Rahmen- anteil:	Typ 2IV	Glas		$U_w$ (Fenster) in W/(m <sup>2</sup> · K)				
		$U_g$ W/(m <sup>2</sup> · K)	g-Wert %	$U_f$ (Rahmen) in W/(m <sup>2</sup> · K)				
				1.0	1.4	1.9	2.5	3.3
30%	2IV	1.5	62	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3
		1.3	62	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3
		1.1	62	1.3	1.4	1.6	1.9	2.1

- 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/(m<sup>2</sup> · 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 Aw aus dem Anhang.

Die Tabelle Aw im Anhang kann für eigene Beispiele vervielfältigt und als Nachweis für die Eingabe an die Baubehörde verwendet werden.

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

**Tab. Aw**

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot I_g}{A_w} = \frac{1.9 \cdot 0.54 + 1.1 \cdot 1.60 + 0.07 \cdot 7.40}{2.14} \quad U_w = 1.54 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K})$$

Nr. des Bauteils	Aufbau	U-Wert W/(m <sup>2</sup> · K)
<b>Haus- und Wohnungseingangstüren</b>		
T1	Spanplatte 20 mm Wärmedämmeschicht 30 mm Täferaufdopplung 21 mm	1.1
T2	Spanplatte 22 mm Wärmedämmeschicht 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 Wärmedämmeschicht 20 mm	2.1
T7	Aluminiumblech beidseitig Wärmedämmeschicht 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 Wärmedämmeschicht 18 mm	1.1
<b>Innentüren</b>		
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 I

## **U-Werte der homogen sanierten Bauteile**

Bestehender Bauteil	$\lambda$ W/(m·K)	Wärmedämmung in cm							U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
$U$ -Wert = 2.0 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.59	0.48	0.40	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	
	<b>0.045</b>	0.55	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	
	<b>0.040</b>	0.50	0.40	0.33	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	
	<b>0.035</b>	0.45	0.36	0.30	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	
	<b>0.030</b>	0.40	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	
	<b>0.025</b>	0.34	0.27	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
	<b>0.020</b>	0.29	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	

Bestehender Bauteil	$\lambda$ W/(m·K)	Wärmedämmsschicht in cm						U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
<b>U-Wert = 1.8 W/(m<sup>2</sup> · K)</b>	<b>0.050</b>	0.57	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
	<b>0.045</b>	0.53	0.43	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	<b>0.040</b>	0.49	0.39	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
	<b>0.035</b>	0.44	0.35	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
	<b>0.030</b>	0.39	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.025</b>	0.34	0.27	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	<b>0.020</b>	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08

Bestehender Bauteil	$\lambda$ W/(m·K)	Wärmedämmsschicht in cm							U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)		
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$U\text{-Wert} = 1.6 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.55	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18
	<b>0.045</b>	0.51	0.42	0.35	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	<b>0.040</b>	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
	<b>0.035</b>	0.43	0.34	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	<b>0.030</b>	0.38	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.025</b>	0.33	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	<b>0.020</b>	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08
$U\text{-Wert} = 1.4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.52	0.43	0.37	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
	<b>0.045</b>	0.49	0.40	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17
	<b>0.040</b>	0.45	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	<b>0.035</b>	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	<b>0.030</b>	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11
	<b>0.025</b>	0.32	0.26	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.11	0.10
	<b>0.020</b>	0.27	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
$U\text{-Wert} = 1.2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.49	0.41	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	<b>0.045</b>	0.46	0.38	0.33	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
	<b>0.040</b>	0.43	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	<b>0.035</b>	0.39	0.32	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
	<b>0.030</b>	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11
	<b>0.025</b>	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
	<b>0.020</b>	0.26	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08
$U\text{-Wert} = 1.0 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
	<b>0.045</b>	0.43	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16
	<b>0.040</b>	0.40	0.33	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
	<b>0.035</b>	0.37	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	<b>0.030</b>	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	<b>0.025</b>	0.29	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
	<b>0.020</b>	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08
$U\text{-Wert} = 0.9 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.43	0.37	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
	<b>0.045</b>	0.41	0.35	0.30	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16
	<b>0.040</b>	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	<b>0.035</b>	0.35	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	<b>0.030</b>	0.32	0.26	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	<b>0.025</b>	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	<b>0.020</b>	0.24	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Bestehender Bauteil	$\lambda$ W/(m·K)	Wärmedämmsschicht in cm								$U$ -Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$U$ -Wert = 0.8 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.41	0.35	0.31	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17
	<b>0.045</b>	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	<b>0.040</b>	0.36	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
	<b>0.035</b>	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12
	<b>0.030</b>	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	<b>0.025</b>	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	<b>0.020</b>	0.24	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08
$U$ -Wert = 0.7 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16
	<b>0.045</b>	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	<b>0.040</b>	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13
	<b>0.035</b>	0.32	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.030</b>	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11
	<b>0.025</b>	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	<b>0.020</b>	0.23	0.18	0.16	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
$U$ -Wert = 0.6 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.35	0.31	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	<b>0.045</b>	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
	<b>0.040</b>	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	<b>0.035</b>	0.30	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.030</b>	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	<b>0.025</b>	0.25	0.21	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
	<b>0.020</b>	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07
$U$ -Wert = 0.5 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15
	<b>0.045</b>	0.30	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	<b>0.040</b>	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.13
	<b>0.035</b>	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	<b>0.030</b>	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	<b>0.025</b>	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
	<b>0.020</b>	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07
$U$ -Wert = 0.4 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14
	<b>0.045</b>	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.13
	<b>0.040</b>	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12
	<b>0.035</b>	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11
	<b>0.030</b>	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
	<b>0.025</b>	0.20	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08
	<b>0.020</b>	0.18	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07

# ■ Anhang II

## ***U*-Werte der inhomogen sanierten Bauteile**

Bestehender Bauteil	$\lambda$ W/(m·K)	Wärmedämmsschicht in cm								<i>U</i> -Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)
		6	8	10	12	14	16	18	20	
<i>U</i> -Wert $\geq 3.0$ W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22
	<b>0.045</b>	0.53	0.44	0.38	0.33	0.29	0.27	0.24	0.22	0.20
	<b>0.040</b>	0.49	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
	<b>0.035</b>	0.57	0.45	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18
	<b>0.030</b>	0.52	0.41	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17
	<b>0.025</b>	0.46	0.36	0.30	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
	<b>0.020</b>	0.40	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
<i>U</i> -Wert = 2.5 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.55	0.46	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26	0.23	0.22
	<b>0.045</b>	0.51	0.43	0.37	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	<b>0.040</b>	0.60	0.48	0.40	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20
	<b>0.035</b>	0.55	0.44	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18
	<b>0.030</b>	0.50	0.40	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17
	<b>0.025</b>	0.45	0.35	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.15
	<b>0.020</b>	0.39	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
<i>U</i> -Wert = 2.0 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.52	0.44	0.38	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
	<b>0.045</b>	0.60	0.49	0.41	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21
	<b>0.040</b>	0.56	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.20
	<b>0.035</b>	0.52	0.42	0.35	0.30	0.26	0.24	0.21	0.19	0.18
	<b>0.030</b>	0.47	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
	<b>0.025</b>	0.43	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14
	<b>0.020</b>	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12
<i>U</i> -Wert = 1.8 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.51	0.43	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
	<b>0.045</b>	0.58	0.47	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21
	<b>0.040</b>	0.54	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
	<b>0.035</b>	0.50	0.41	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18
	<b>0.030</b>	0.46	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
	<b>0.025</b>	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14
	<b>0.020</b>	0.36	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12

Bestehender Bauteil	$\lambda$ W/(m·K)	Wärmedämmsschicht in cm								$U$ -Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20		
$U$ -Wert = 1.6 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.59	0.49	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21
	<b>0.045</b>	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	<b>0.040</b>	0.52	0.43	0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	<b>0.035</b>	0.49	0.40	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
	<b>0.030</b>	0.45	0.36	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14
	<b>0.025</b>	0.40	0.32	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
	<b>0.020</b>	0.35	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
$U$ -Wert = 1.4 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.56	0.47	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20
	<b>0.045</b>	0.53	0.44	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19
	<b>0.040</b>	0.50	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
	<b>0.035</b>	0.46	0.38	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
	<b>0.030</b>	0.43	0.35	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
	<b>0.025</b>	0.39	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	<b>0.020</b>	0.34	0.28	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
$U$ -Wert = 1.2 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.52	0.44	0.38	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20
	<b>0.045</b>	0.50	0.42	0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18
	<b>0.040</b>	0.47	0.39	0.34	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	<b>0.035</b>	0.44	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
	<b>0.030</b>	0.41	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	<b>0.025</b>	0.37	0.30	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12
	<b>0.020</b>	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
$U$ -Wert = 1.0 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.48	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19
	<b>0.045</b>	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18
	<b>0.040</b>	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16
	<b>0.035</b>	0.41	0.34	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	<b>0.030</b>	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
	<b>0.025</b>	0.35	0.29	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.020</b>	0.31	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11
$U$ -Wert = 0.9 W/(m <sup>2</sup> · K)	<b>0.050</b>	0.46	0.39	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19
	<b>0.045</b>	0.44	0.37	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
	<b>0.040</b>	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
	<b>0.035</b>	0.39	0.33	0.29	0.25	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15
	<b>0.030</b>	0.36	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	<b>0.025</b>	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.020</b>	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10

Bestehender Bauteil	$\lambda$ W/(m·K)	Wärmedämmsschicht in cm							U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)		
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$U\text{-Wert} = 0.8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.43	0.37	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18
	<b>0.045</b>	0.41	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
	<b>0.040</b>	0.39	0.34	0.29	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16
	<b>0.035</b>	0.37	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	<b>0.030</b>	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	<b>0.025</b>	0.32	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.020</b>	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
$U\text{-Wert} = 0.7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18
	<b>0.045</b>	0.38	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16
	<b>0.040</b>	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	<b>0.035</b>	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
	<b>0.030</b>	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	<b>0.025</b>	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	<b>0.020</b>	0.27	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
$U\text{-Wert} = 0.6 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17
	<b>0.045</b>	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
	<b>0.040</b>	0.34	0.29	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	<b>0.035</b>	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14	0.14
	<b>0.030</b>	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.025</b>	0.28	0.24	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	<b>0.020</b>	0.25	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
$U\text{-Wert} = 0.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
	<b>0.045</b>	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	<b>0.040</b>	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	<b>0.035</b>	0.29	0.25	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	<b>0.030</b>	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.025</b>	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11
	<b>0.020</b>	0.23	0.20	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
$U\text{-Wert} = 0.4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	<b>0.050</b>	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.16	0.15
	<b>0.045</b>	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	<b>0.040</b>	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	<b>0.035</b>	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	<b>0.030</b>	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	<b>0.025</b>	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	<b>0.020</b>	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09

Aufbau des Bauteils (Skizze, Schnitt)		Bezeichnung des Bauteils			$R$ $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	$d$ m	$h$ $W/(m^2 \cdot K)$	$\lambda$ $W/(m \cdot K)$	
	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )				
	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )				

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} =$$

W/(m<sup>2</sup> · 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	$h$ $W/(m^2 \cdot K)$	$\lambda$ $W/(m \cdot K)$	
	Wärmeübergang innen ( $h_i$ )				
	Wärmeübergang aussen ( $h_e$ )				

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} =$$

W/(m<sup>2</sup> · K)

$$R_{total} =$$



---

**Tab. C**

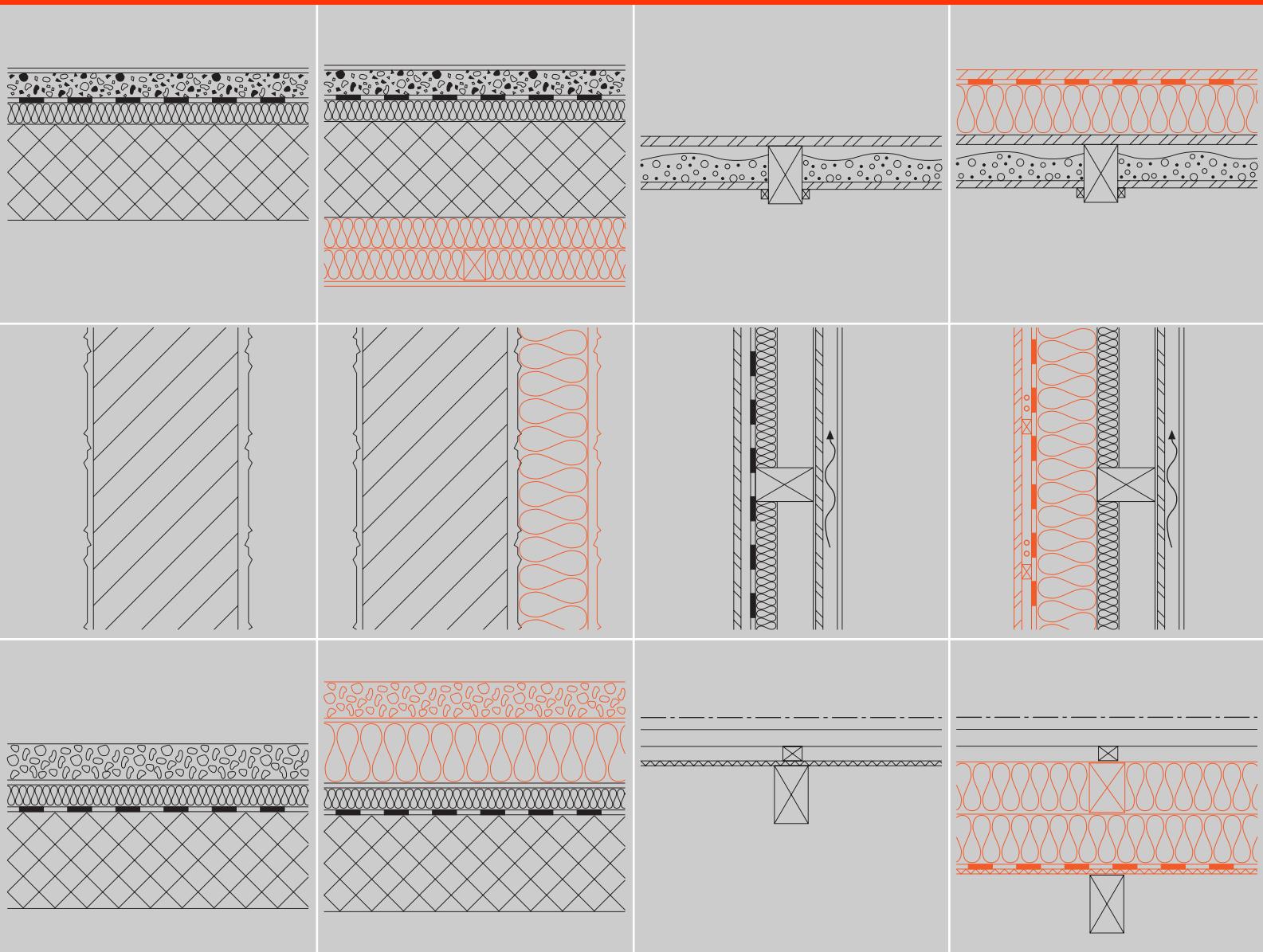


Fensterskizze mit Vermassung	<b>Rahmen</b> Material: _____ Rahmen-U-Wert: $U_f =$ _____ W/(m <sup>2</sup> · K) Projektionsfläche des Rahmens: $A_f =$ _____ m <sup>2</sup>
	<b>Verglasung</b> Glasbezeichnung: _____ Produkt/Typ: _____ Glas-U-Wert: $U_g =$ _____ W/(m <sup>2</sup> · K) Projektionsfläche des Glases: $A_g =$ _____ m <sup>2</sup>
	<b>Glasrandverbund</b> Material des Abstandhalters: <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Edelstahl <input type="checkbox"/> Kunststoff / Butyl Längenbezogener-U-Wert: $\Psi_g =$ _____ W/(m · K) Perimeterlänge des Glasrands: $L_g =$ _____ m
Rahmenanteil: $A_f =$ _____ %	Projektionsfläche des Fensters: $A_w =$ _____ m <sup>2</sup>
<b>Tab. A<sub>w</sub></b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <math display="block">U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} =</math> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin: 0 10px;"></span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin: 0 10px;"></span> </div>	

Fensterskizze mit Vermassung	<b>Rahmen</b> Material: _____ Rahmen-U-Wert: $U_f =$ _____ W/(m <sup>2</sup> · K) Projektionsfläche des Rahmens: $A_f =$ _____ m <sup>2</sup>
	<b>Verglasung</b> Glasbezeichnung: _____ Produkt/Typ: _____ Glas-U-Wert: $U_g =$ _____ W/(m <sup>2</sup> · K) Projektionsfläche des Glases: $A_g =$ _____ m <sup>2</sup>
	<b>Glasrandverbund</b> Material des Abstandhalters: <input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Edelstahl <input type="checkbox"/> Kunststoff / Butyl Längenbezogener-U-Wert: $\Psi_g =$ _____ W/(m · K) Perimeterlänge des Glasrands: $L_g =$ _____ m
Rahmenanteil: $A_f =$ _____ %	Projektionsfläche des Fensters: $A_w =$ _____ m <sup>2</sup>
<b>Tab. A<sub>w</sub></b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <math display="block">U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_w} =</math> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin: 0 10px;"></span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin: 0 10px;"></span> </div>	





**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](http://www.energie-schweiz.ch)

BBL-Bestellnummer 805.155 d