

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

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

■ Einleitung

Diese Publikation ersetzt die bisherige aus dem Jahr 1993. Aufgrund der höheren Wärmedämmdicken, vor allem im Bereich des MINERGIE-Standards, gab es Lücken im Bauteilekatalog. Zudem wurden einige Normen und Empfehlungen verändert, so dass diese Überarbeitung notwendig wurde.

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

Der Bauteilekatalog richtet sich an Fachleute der Bau- und Haustechnikbranche sowie an Vollzugsorgane der kantonalen Energiegesetze, die sich mit der Kontrolle von energietechnischen Massnahmenachweisen und von Baustellen befassen. Der hier vorliegende Bauteilekatalog bezieht sich jedoch nur auf 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_w : Berechnung des Fenster- U -Werts
- Sie können vervielfältigt und als Nachweis-Bestandteil für die Eingabe an die Baubehörde verwendet werden.

Für die Erarbeitung des Bauteilekatalogs wurden folgende Publikationen verwendet:

Norm SN EN ISO 7345 SIA 180.051	Wärmeschutz – Physikalische Grössen und Definitionen	1995
Norm SN EN ISO 6946 SIA 180.071	Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient-Berechnungsverfahren	1996
Norm SIA 180	Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau	1999
Vornorm SIA 279	Wärmedämmstoffe	2000
SZFF Doku 31.03	Wärme- und Sonnenschutz für Fenster und Fensterelemente	2000
Norm SIA 380/1	Thermische Energie im Hochbau	2001
Dokumentation SIA D0170	Thermische Energie im Hochbau	2001
Merkblatt SIA 2001	Wärmedämmstoffe	2001
Bundesamt für Energie	k-Wert-Berechnung und Bauteilekatalog – 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

1 Allgemeines und Vorgehen	7
1.1 MINERGIE-Standard	8
1.2 Transparente Wärmedämmung (TWD)	8
2 U-Wert-Berechnung	9
2.1 Homogene Bauteile	9
2.2 Inhomogene Bauteile	10
2.3 Rechengrößen	11
2.3.1 Wärmeübergangskoeffizienten h	11
2.3.2 Wärmeleitfähigkeit λ von Baustoffen	11
2.3.3 Wärmedurchlasswiderstand R_g von Luftschichten	14
2.4 Wärmebrücken	14
2.5 Spezielle Hinweise	15
2.6 Beispiele	16
2.7 Übung	19
3 U-Wert-Bestimmung mit Bauteilekatalog	21
3.1 Beispiel	22
3.2 Übungen	23
4 Bauteilekatalog	25
4.1 Sanierung homogener Bauteile	26
4.2 Sanierung inhomogener Bauteile	52
5 Fenster und Türen	63
5.1 Fenster	64
5.2 Türen	67
Anhang	
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 _w (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 λ (Lambda) der einzelnen Baustoffe (Kap. 2.3.2).

■ **Wärmeübertragung vom Bauteil auf die Aussenluft.**

Dieser Vorgang wird mit dem Wärmeübergangskoeffizienten h_e beschrieben (Kap. 2.3.1).

Es gilt folgender Merksatz:

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

Neben einem raumseitig geringeren Heizenergiebedarf bringt ein niedrigerer U -Wert höhere Oberflächentemperaturen. Dadurch steigt die Behaglichkeit für die Bewohner. Auch die Gefahr von Oberflächenkondensat, als Folge davon graue Ecken, Schimmelpilz und muffige Gerüche, wird kleiner.

Die Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau» weist maximale Wärmedurchgangskoeffizienten für Behaglichkeit und Feuchteschutz auf.

Die Norm SIA 380/1 «Thermische Energie im Hochbau» weist Grenz- und Zielwerte für flächenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten auf.

Diese Normen und die kantonalen Wärmedämmvorschriften geben den Handlungsspielraum für die maximal zulässigen U -Werte an.

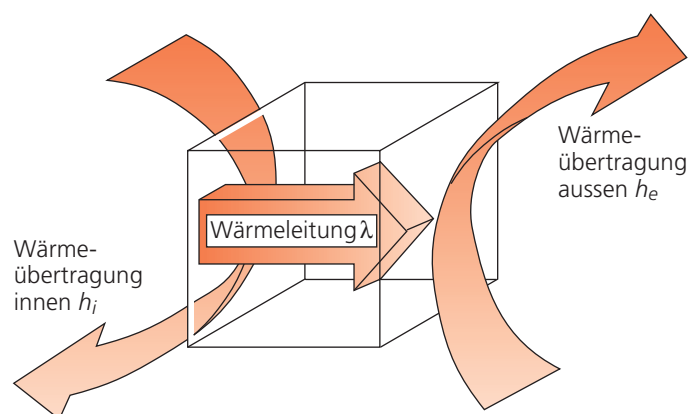


Bild 1
Wärmeübertragung (h) und Wärmeleitung (λ) beeinflussen den U -Wert eines Bauteils

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

Weitergehende Informationen zum Thema «MINERGIE» sind im Internet erhältlich unter: www.minergie.ch.



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» wärmedämmte Wände. Das Prinzip der solaren Wandheizung mit TWD verhindert nämlich nicht nur den Wärmeverlust, sondern lässt es zu, dass das Sonnenlicht die TWD durchdringt, das Mauerwerk erwärmt und die Wärme in den Raum abgegeben wird.

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

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

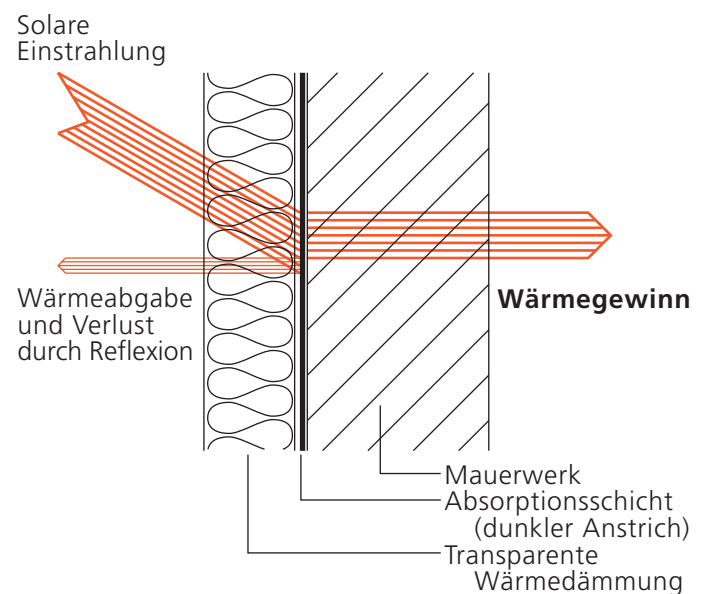


Bild 3

Funktion einer TWD

2 U-Wert-Berechnung

Das Kapitel **U-Wert-Berechnung** stellt die Berechnung einfacher Konstruktionen wie z.B. homogener bestehender oder sanierter 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 sanierter Bauteile wird, sofern die einzelnen Schichten genau bekannt sind, mit folgender Grundformel berechnet:

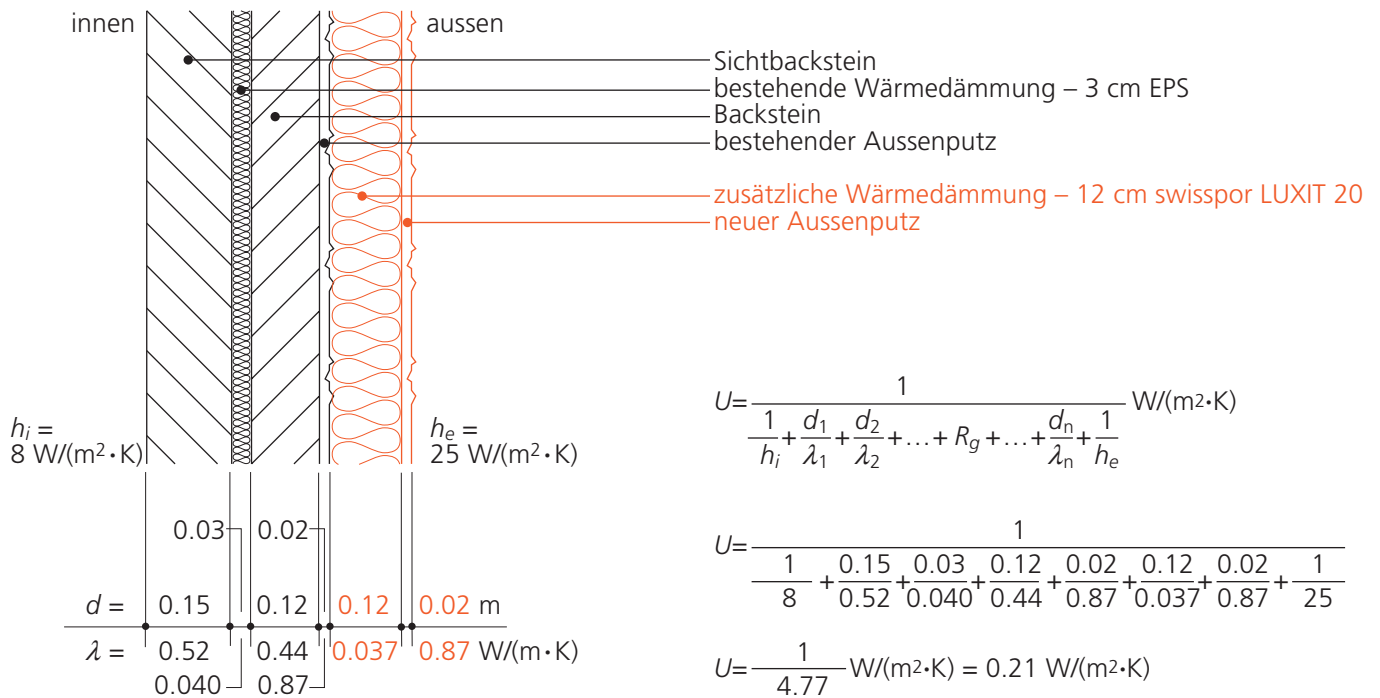
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_g + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

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

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

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

R_g Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten (Kap. 2.3.3)

**Bild 4**

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

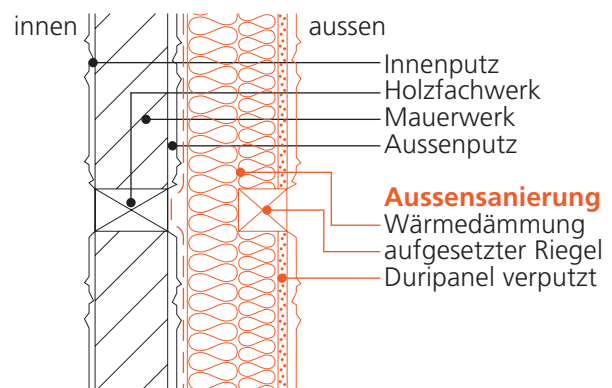
Die *U*-Werte der **gebräuchlichsten homogenen Bauteile** mit den am häufigsten vorkommenden Wärmedämmdicken finden sich in Kapitel 4.1. Die *U*-Werte für **homogen sanierte Bauteile** befinden sich in Anhang I.

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 α_i) und vom Bauteil auf die Aussenluft mit dem Wärmeübergangskoeffizienten h_e (früher α_a) angegeben.

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

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

$$R_{si} = \frac{1}{h_i} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad h_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$
$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad h_e = 25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Für Bauteile im Erdreich gilt:

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

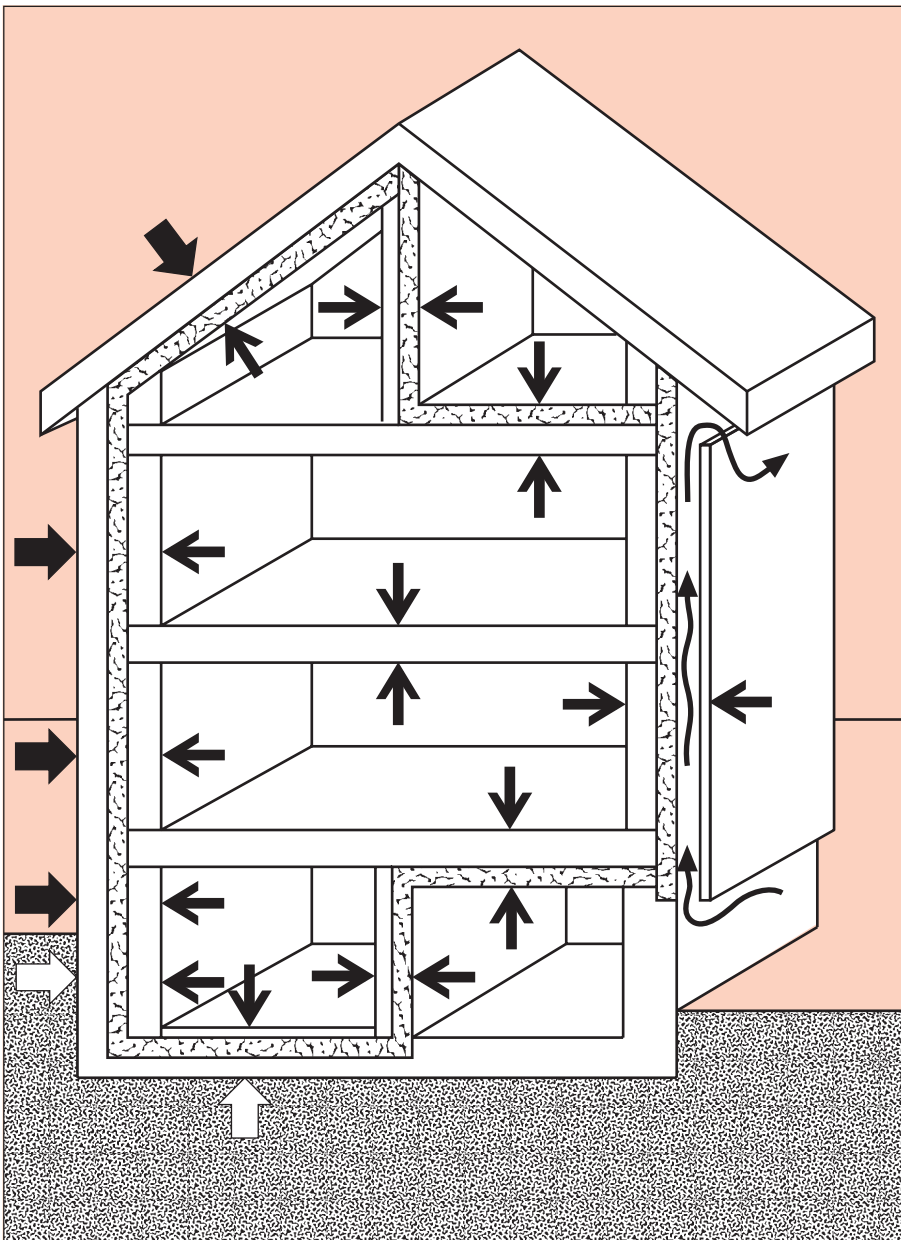






Bild 6

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

-  $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  $R_{si} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  $R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  Luftströmung

2.3.2 Wärmeleitfähigkeit λ von Baustoffen

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

Es gilt folgender Merksatz:

Je kleiner der λ -Wert, umso besser ist der Wärmeschutz

12 Auszug aus der Vornorm SIA 279 «Wärmedämmstoffe»:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

² Wert zur Zeit noch nicht festgelegt bzw. zu wenig Daten verfügbar.

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

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

Tabelle 2

Rohdichte ρ und Wärmeleitfähigkeit λ der wichtigsten allgemeinen Baustoffe

Auszug aus Dokumentation SIA D0170

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

¹ Die Rohdichte von Beton ist als Trockenrohddichte angegeben.

² Die Wärmeleitfähigkeit schliesst den Einfluss der Papierdeckschichten ein.

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

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

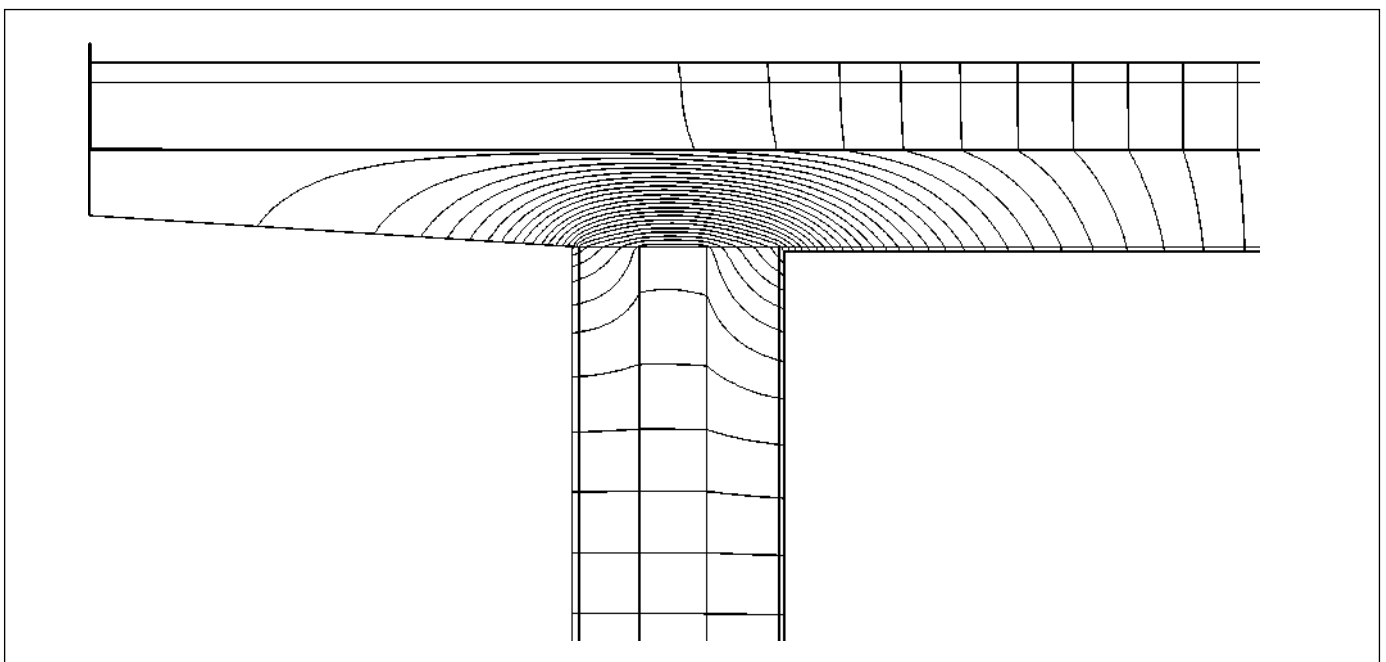
Wärmebrücken (Bild 7) sind thermische Schwachstellen der Gebäudehülle, bei denen örtlich mehr Wärme als bei den benachbarten Bauteilen abfließt. Materialwechsel, Geometrieänderungen, Durchdringungen und Bauteilübergänge bewirken oft Wärmebrücken.

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 «Wärmebrücken-katalog» in vereinfachter Weise dargestellt und behandelt. Neben den Zuschlägen für Wärmebrücken bei Bauteilübergängen (z.B. Flachdach – Aussenwand) sind dort auch U -Wertkorrekturen für regelmässig auftretende Störungen wie z.B. Aufhängungen bei der hinterlüfteten Fassade aufgeführt.

Bild 7

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



2.5 Spezielle Hinweise

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

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

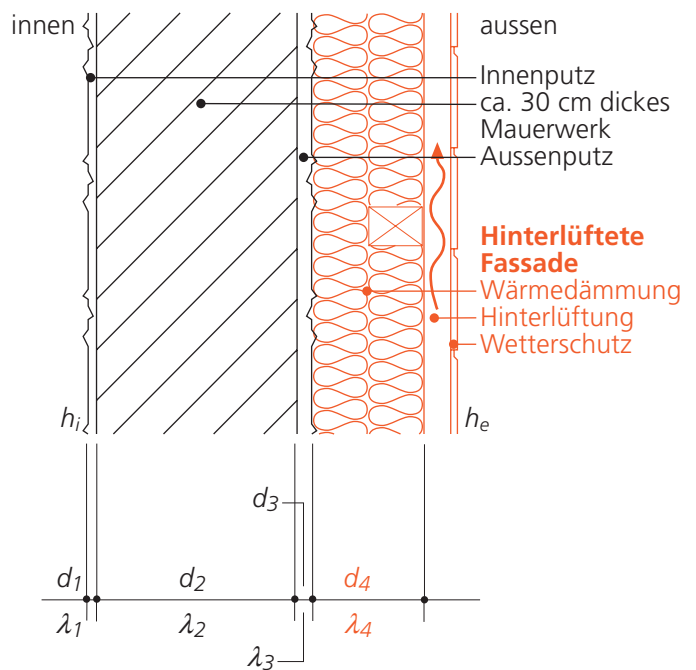


Bild 8
Hinterlüftete Fassade

- **Bei Fussbodenheizungen** werden bei der U -Wert-Berechnung die Schichten oberhalb der Wärmedämmung und der innere Wärmeübergangskoeffizient h_i nicht mit eingerechnet (Bild 9).

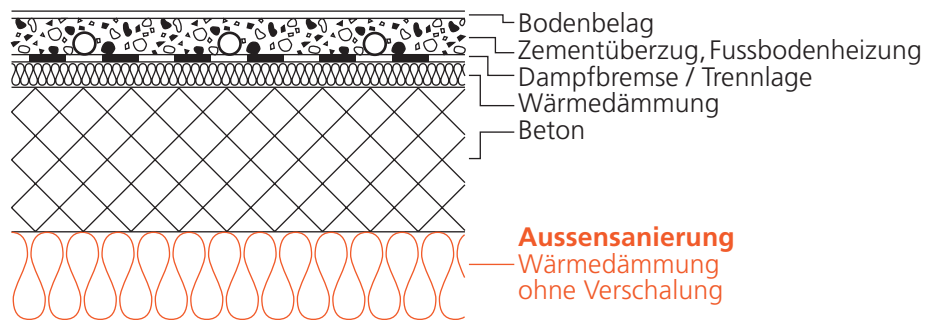


Bild 9
Fussbodenheizung

- Die Wärmedämmschicht eines **Umkehrdachs** muss mit einem Zuschlag von 20% versehen werden, damit der errechnete U -Wert erreicht wird. Wird beispielsweise der U -Wert eines Umkehrdachs mit einer 8 cm dicken Dämmschicht mit $0.26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ berechnet, so muss die effektive Wärmedämmschicht 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 <u>Aussenwand</u>			$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$	
	Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	$\frac{h}{\lambda}$ $\frac{W}{(m^2 \cdot K)}$ $\frac{W}{(m \cdot K)}$	$m^2 \cdot K/W$
	②	Wärmeübergang innen (h_i)	—	8	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	
U-Wert = $\frac{1}{R_{total}} = 0.22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$				⑦	$R_{total} = 4.52$

Tab. A

- 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)
 λ = Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs in $W/(m \cdot K)$ (Kap. 2.3.2)
- ⑥ Berechnung von $\frac{1}{h} = \frac{1}{\text{⑤}}$ bzw. $\frac{d}{\lambda} = \frac{\text{④}}{\text{⑤}}$ 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: $U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{\text{⑦}}$ in $W/(m^2 \cdot K)$

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

Beispiel 2

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

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} = 0.21 \text{ W}/(m^2 \cdot K) \quad \leftarrow \quad R_{total} = 4.79$$

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

Beispiel 3

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

Tab. A

$$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} = 0.27 \text{ W}/(m^2 \cdot K) \quad \leftarrow \quad R_{total} = 3.72$$

- 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 überwachtetes, jedoch noch nicht festgelegtes Dämmmaterial eingesetzt, ist der höchste λ -Wert dieser Materialgruppe einzusetzen. Bei einer genauen Produkteangabe wie z.B. Flumroc ECCO mit einem λ -Wert von 0.036 W/(m · K) anstelle «Steinwolle» würde sich ein U-Wert von 0.22 W/(m² · K) ergeben.
Hinweis: Der Einfluss einer Holzlattung kann mit einem Zuschlag, welcher dem Wärmebrücken-katalog 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 <u>Kellerwand</u>			$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	$\frac{h}{\lambda}$ W/(m ² ·K)	$\frac{R}{h}$ m ² ·K/W	
—	Wärmeübergang innen (h_i)	—	B	0.13	
1	Täfer	0.015	0.14	0.11	
2	Hohlraum (Lattg./Leitg.) ¹	0.02	—	0.17	
3	Dampfbremse ²	—	—	—	
4	Styrodur 2800C	0.12	0.035	3.43	
5	Beton	0.25	2.3	0.11	
6	Feuchtesperre ²	—	—	—	
7	bestehende Wärmedämm.	0.03	0.040	0.75	
8	Erdreich	—	—	—	
—	Wärmeübergang aussen (h_e)	—	∞	0	

Tab. A

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

$$R_{total} = 4.70$$

- ¹ Für abgeschlossene Luftschichten 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 <u>Flachdach</u>			$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	$\frac{h}{\lambda}$ W/(m ² ·K)	$\frac{R}{h}$ m ² ·K/W	
—	Wärmeübergang innen (h_i)	—	B	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) ¹	0.133	0.037	3.59	
6	Filtermatte	—	—	—	
7	Schutzschicht (Sand, Kies) ²	0.10	2.0	0.05	
—	Wärmeübergang aussen (h_e)	—	25	0.04	

Tab. A

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

$$R_{total} = 4.90$$

- 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 λ -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 <u>Boden gegen Keller</u>			$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
	Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	$\frac{h}{W/(m^2 \cdot K)}$ $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$	$m^2 \cdot K/W$
	—	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

$U\text{-Wert} = \frac{1}{R_{total}} = 0.21 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$R_{total} = 4.76$
-----------------------------------------------------------------------------	--------------------

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 <u>Boden gegen Keller</u>			$\frac{R}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
	Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	$\frac{h}{W/(m^2 \cdot K)}$ $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$	$m^2 \cdot K/W$
	—	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

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

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>			R $\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
Schicht Nr.	Material, Baustoff	d m	h W/(m ² ·K) λ W/(m·K)	$m^2 \cdot K/W$	
—	Wärmeübergang innen (h_i)	—	8 ¹	0.13	
1	Keramikplatten	0.02	1.3	0.02	
2	Zementüberzug	0.06	1.4	0.04 ²	
3	Trennlage	—	—	—	
4	bestehende Wärmedämm.	0.03	0.040 ³	0.63	
5	Beton	0.20	2.3	0.09	
6	Isover Decotherm	0.12	0.034 ⁴	3.53	
—	Wärmeübergang aussen (h_e)	—	8 ¹	0.13	

Tab. A

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

$$R_{\text{total}} = 4.57$$

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

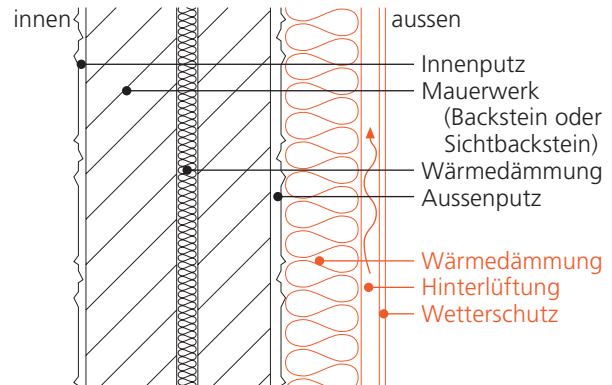
Weniger gebräuchliche Konstruktionen, die in diesem Katalog nicht enthalten sind, können gemäss Kap. 2 berechnet werden. Bestehen überprüfte Herstellerangaben, so können auch diese verwendet werden.

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/m²: $\Delta U = 0.04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Dieser Zuschlag wird dem Wärmebrückenkatalog entnommen.



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

Tab. C

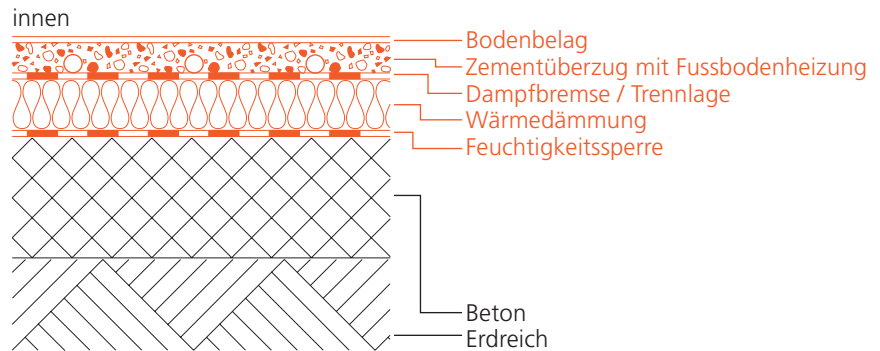
- ① Nummer des homogenen, zu sanierenden Bauteils gemäss Bauteilekatalog aus Kap. 4.1.2
- ② Dicke d der **bestehenden** Wärmedämmung
- ③ Spezifische Produktebezeichnung (oder Materialbezeichnung gemäss Tab. 1, Kap. 2.3.2)
- ④ Dicke d des **neuen** Wärmedämmstoffs
- ⑤ Wärmeleitfähigkeit λ gemäss Tab. 1, Kap. 2.3.2 **oder** spezifischer Produktebezeichnung. Bei spezifischen Produktebezeichnungen können die λ -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 $0.21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Hinzu kommt aus dem Wärmebrückenkatalog der Wärmebrückenzuschlag von $0.04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Der U -Wert des sanierten Bauteils beträgt somit $0.25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
Dieses Verfahren erfolgt jeweils bei hinterlüfteten Fassaden mit Vollmetallsystemen. Der spezifische Wärmebrückenzuschlag muss dem Wärmebrückenkatalog entnommen werden.

Bei hinterlüfteten Fassaden mit Kreuzlattung zwischen der Wärmedämmung kann der U -Wert des 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

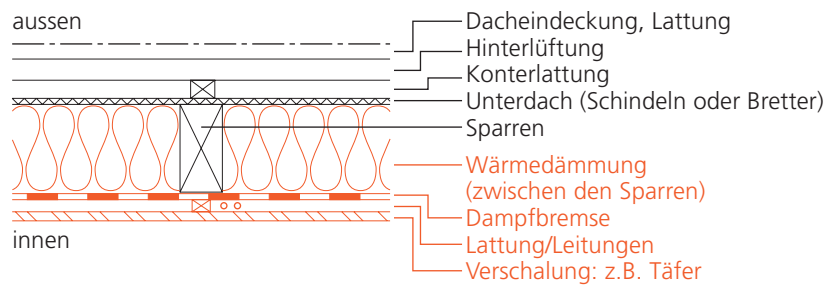
Ein Kellerraum wird ausgebaut und eine Fussbodenheizung installiert. Aufgrund der knappen Raumhöhe wird ein Wärmedämmmaterial mit einer möglichst kleinen Wärmeleitfähigkeit gewählt (8 cm go PF-Superdämmplatte).



Nummer des Bauteils	Angaben zum bestehenden und neuen Wärmedämmstoff				U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	
	$d_{\text{bestehend}}$ m	Neuer Wärmedämmstoff: Material und Produkt	d_{neu} m	λ_{neu} $W/(m \cdot K)$	$U_{\text{bestehend}}$	U_{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 $W/(m^2 \cdot K)$	
	$d_{\text{bestehend}}$ m	Neuer Wärmedämmstoff: Material und Produkt	d_{neu} m	λ_{neu} $W/(m \cdot K)$	$U_{\text{bestehend}}$	U_{saniert}

24 Lösung der Übungen von Seite 23

Lösung zu Übung 1

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

- 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.
- 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 $W/(m^2 \cdot K)$ zu den λ -Werten 0.020 und 0.025 $W/(m \cdot K)$. Der U -Wert kann interpoliert werden: $U = 0.25$ $W/(m^2 \cdot K)$.

Lösung zu Übung 2

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

- 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.
- Die vorgesehene Sanierung ist ebenfalls inhomogen, so dass der U -Wert des sanierten Bauteils aus den Tabellen aus Anhang II entnommen werden kann. $U = 0.24$ $W/(m^2 \cdot K)$.

4 Bauteilekatalog

Die *U*-Wert-Angaben von bestehenden Bauteilen sind für die am häufigsten vorkommenden Wärmedämmdicken aufgeführt. Bei Abweichungen von diesen Dämmdicken 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».

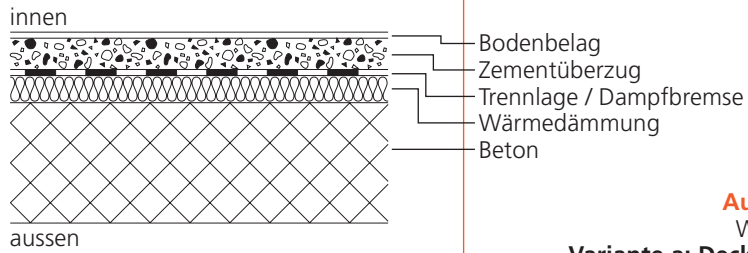
4.1 Sanierung homogener Bauteile	26
4.1.1 Böden	26
– gegen Aussenluft	26
– gegen unbeheizte Räume	26
– gegen Erdreich	28
– mit Fussbodenheizung	29
– Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1993	30
4.1.2 Wände	31
– gegen Aussenluft, ohne bestehende Wärmedämmung	31
– gegen Aussenluft, mit bestehender Wärmedämmung	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
4.2 Sanierung inhomogener Bauteile	52
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

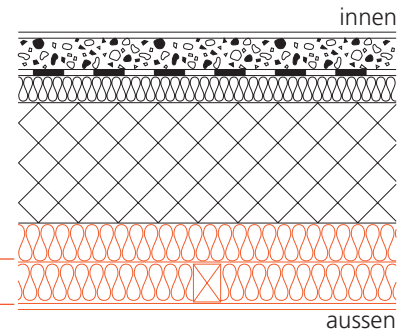


0cm Wärmedämmung U -Wert ca. $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 2cm Wärmedämmung U -Wert ca. $1.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 4cm Wärmedämmung U -Wert ca. $0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Bs 1

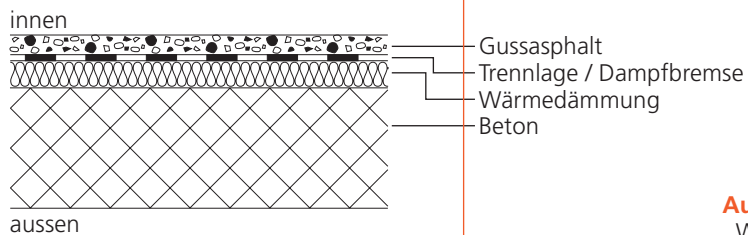
Aussensanierung
 Wärmedämmung
Variante a: Deckenverkleidung
 Variante b: Aussenputz

Sanierter Bauteil



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

Bestehender Bauteil

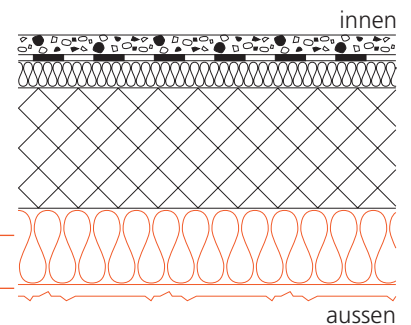


0cm Wärmedämmung U -Wert ca. $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 2cm Wärmedämmung U -Wert ca. $1.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 4cm Wärmedämmung U -Wert ca. $0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Bs 2

Aussensanierung
 Wärmedämmung
 Variante a: Deckenverkleidung
Variante b: Aussenputz

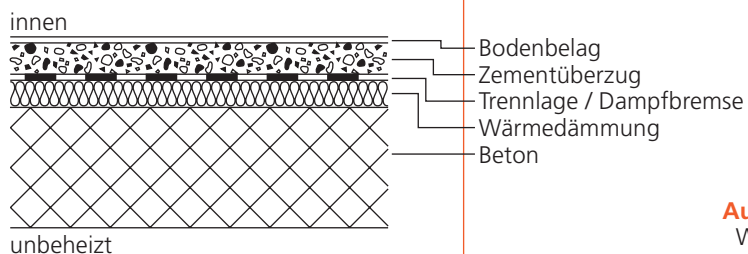
Sanierter Bauteil



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

gegen unbeheizte Räume

Bestehender Bauteil

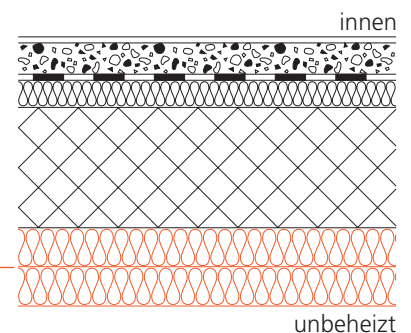


0cm Wärmedämmung U -Wert ca. $2.4\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 2cm Wärmedämmung U -Wert ca. $1.1\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 4cm Wärmedämmung U -Wert ca. $0.7\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

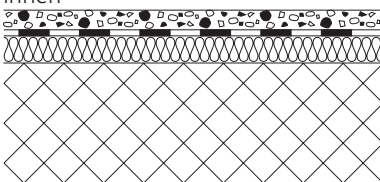
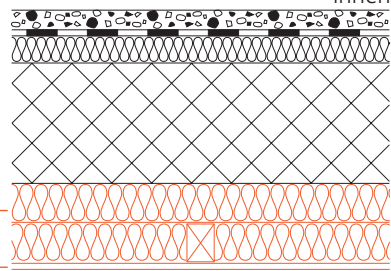
Bs 3

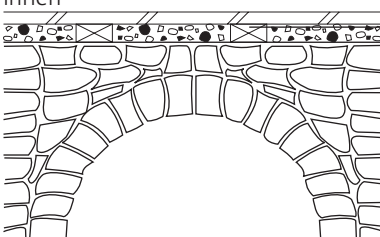
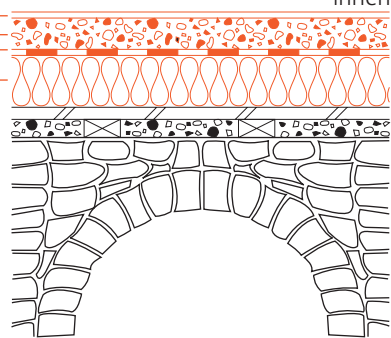
Aussensanierung
 Wärmedämmung
 Variante a: mit Deckenverkleidung
Variante b: ohne Deckenverkleidung

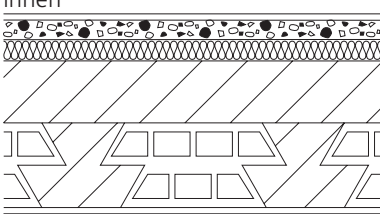
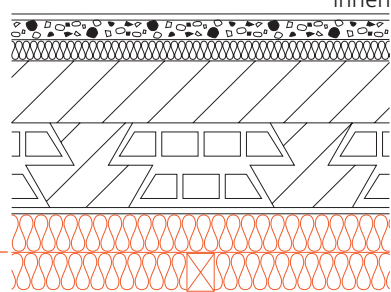
Sanierter Bauteil



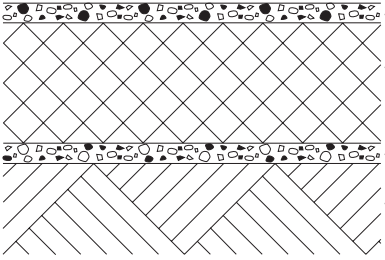
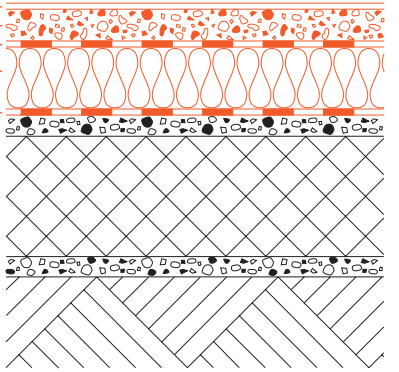
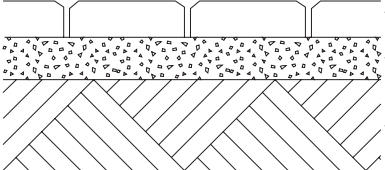
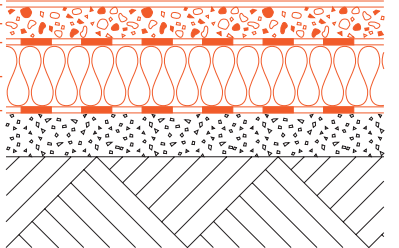
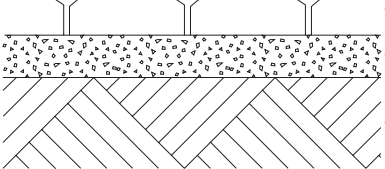
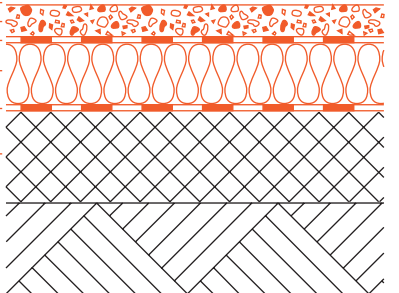
Diese Sanierungsvariante ist homogen.
 Die U -Werte dazu befinden sich in Anhang I.
 (U -Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)

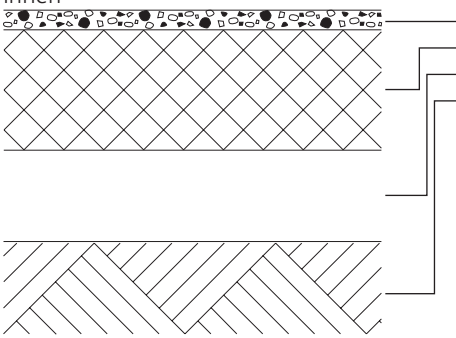
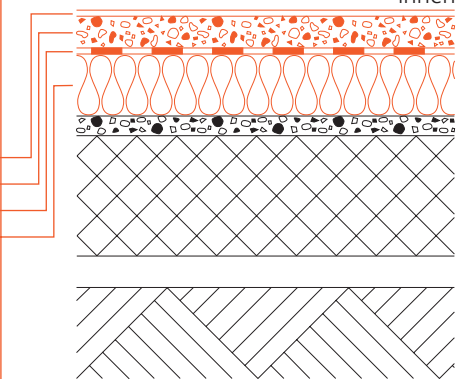
Bestehender Bauteil	Bs 4	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p>	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Variante a: mit Deckenverkleidung Variante b: ohne Deckenverkleidung</p>	<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $2.4\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 2cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.1\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil	Bs 5	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p>	<p>Innensanierung Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse Wärmedämmung</p>	<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.5\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

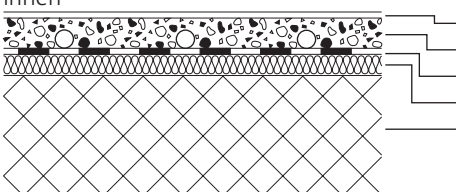
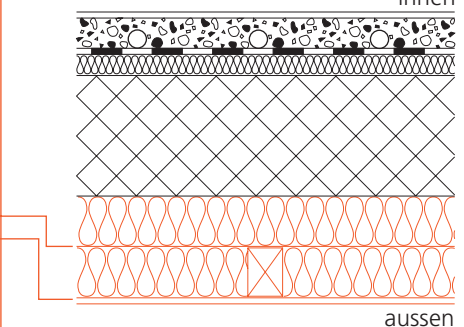
Bestehender Bauteil	Bs 6	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p>	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Variante a: mit Deckenverkleidung Variante b: ohne Deckenverkleidung</p>	<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 2cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.1\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.9\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

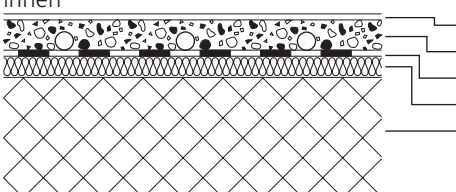
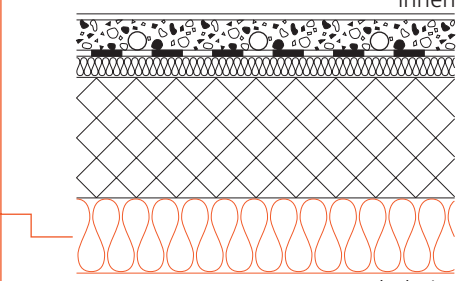
gegen Erdreich

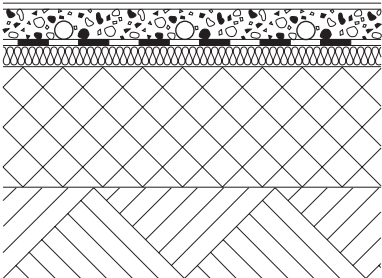
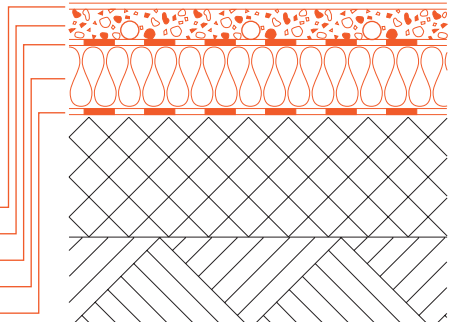
Bestehender Bauteil	Bs 7	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>Zementüberzug Beton Geröllschicht / Magerbeton Erdreich</p>	<p>Innensanierung Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre</p>	<p>innen</p> 
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 3.0W/(m²·K)</p>	<p>Druckfeste Wärmedämmung bei grossen Dämmstärken.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>
Bestehender Bauteil	Bs 8	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>Steingutplatten Sand Erdreich</p>	<p>Innensanierung Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre</p>	<p>innen</p> 
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 4.3W/(m²·K)</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>
Bestehender Bauteil	Bs 9	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>Steingutplatten Sand Erdreich</p>	<p>Innensanierung Bodenbelag Zementüberzug Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre Beton</p>	<p>innen</p> 
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. 4.3W/(m²·K)</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

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

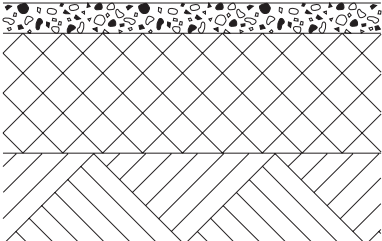
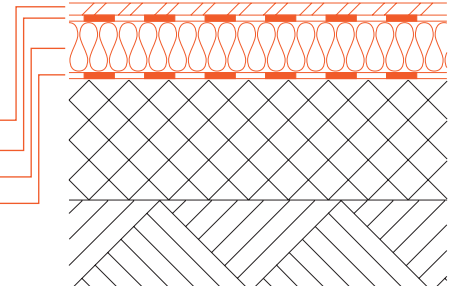
mit Fussbodenheizung

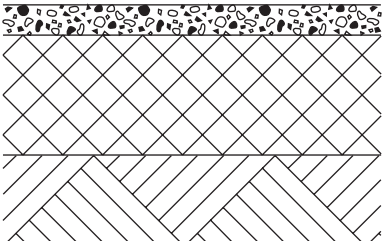
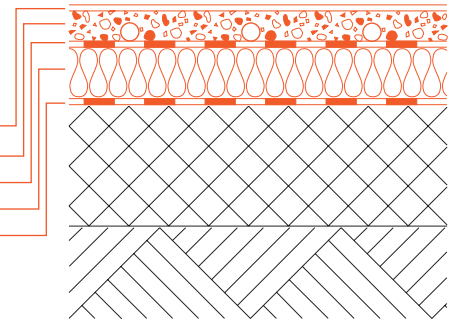
Bestehender Bauteil	Bs 11	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>Bodenbelag Zementüberzug mit Fussbodenheizung Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Beton</p> <p>aussen</p> <p>2cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.5W/(m^2 \cdot K)$ 3cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.2W/(m^2 \cdot K)$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.9W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Deckenverkleidung</p>	<p>innen</p>  <p>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	Bs 12	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>Bodenbelag Zementüberzug mit Fussbodenheizung Dampfbremse / Trennlage Wärmedämmung Beton</p> <p>unbeheizt</p> <p>2cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.4W/(m^2 \cdot K)$ 3cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.1W/(m^2 \cdot K)$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Ohne Verschalung (Auch mit Verbundplatten möglich)</p>	<p>innen</p>  <p>unbeheizt</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

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

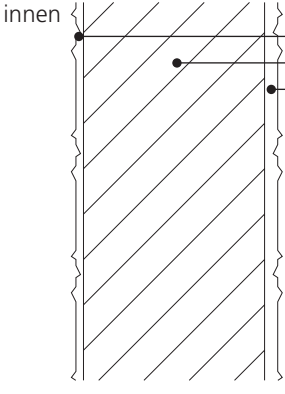
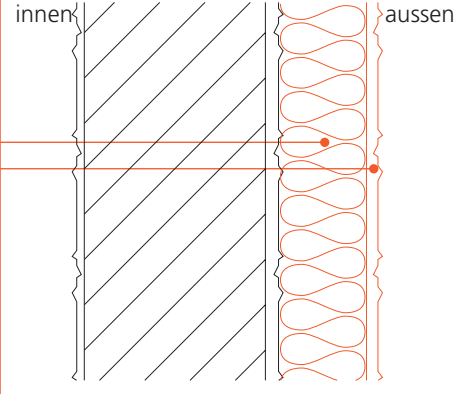
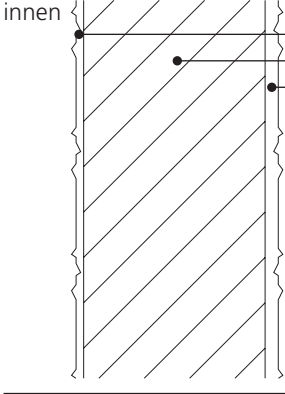
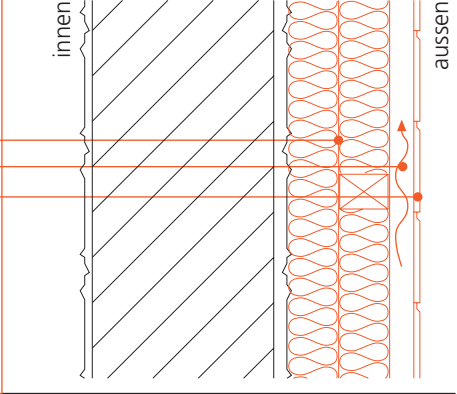
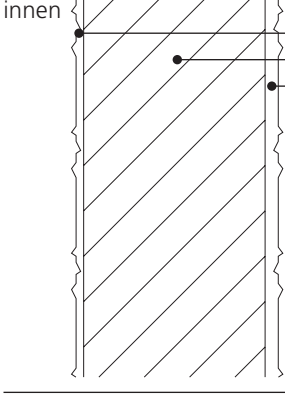
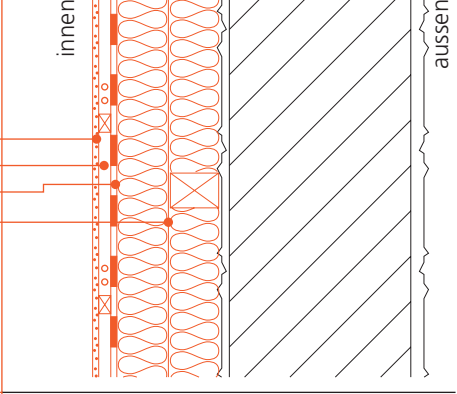
Ergänzungen gegenüber der Ausgabe 1993

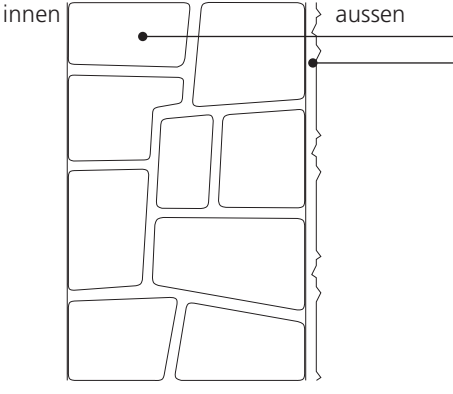
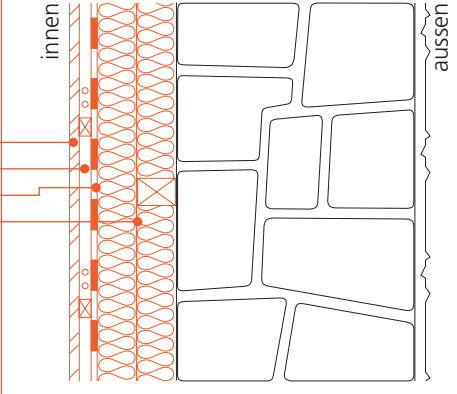
Bestehender Bauteil	Bs 14	Sanierter Bauteil
<p>innen</p> 	<p>Zementüberzug Beton Erdreich</p> <p>Innensanierung Spanplattenboden Dampfbremse/Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre</p>	<p>innen</p> 
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Der Zementüberzug, 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	Sanierter Bauteil
<p>innen</p> 	<p>Zementüberzug Beton Erdreich</p> <p>Innensanierung Bodenbelag Zementüberzug mit Fussbodenheizung Dampfbremse/Trennlage Wärmedämmung Feuchtigkeitssperre</p>	<p>innen</p> 
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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>

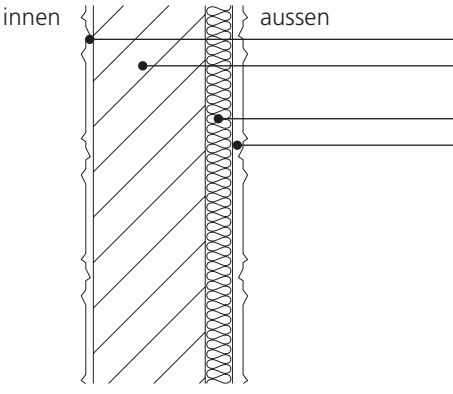
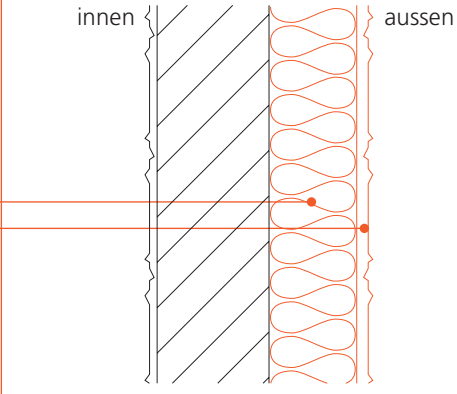
4.1.2 Wände

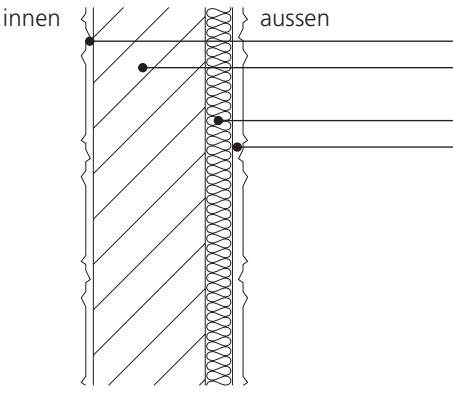
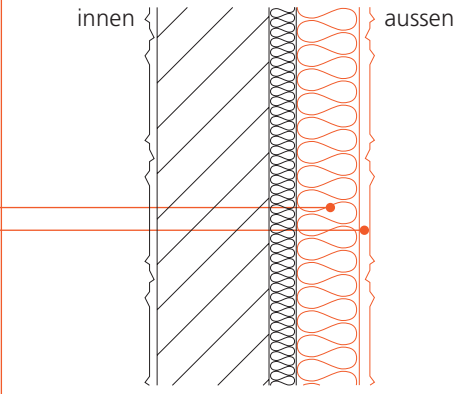
gegen Aussenluft, ohne bestehende Wärmedämmung

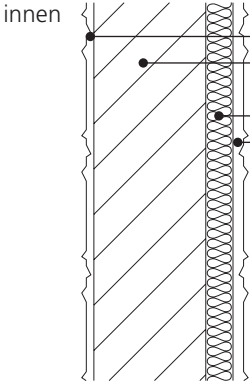
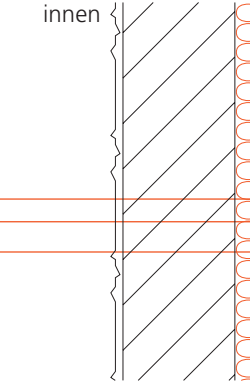
Bestehender Bauteil	Ws 1	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>aussen</p> <p>Innenputz ca. 30 cm dickes Mauerwerk Aussenputz</p>	<p>Kompaktfassade Wärmedämmung neuer Aussenputz</p>	 <p>innen</p> <p>aussen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>
Bestehender Bauteil	Ws 2	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>aussen</p> <p>Innenputz ca. 30 cm dickes Mauerwerk Aussenputz</p>	<p>Hinterlüftete Fassade Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	 <p>innen</p> <p>aussen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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 3	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>aussen</p> <p>Innenputz ca. 30 cm dickes Mauerwerk Aussenputz</p>	<p>Innensanierung Verkleidung: z.B. Gipskartonplatte Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen</p> <p>aussen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

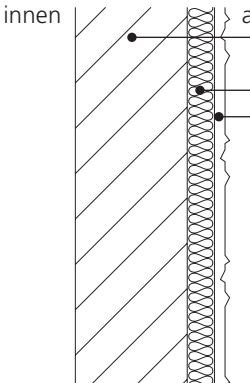
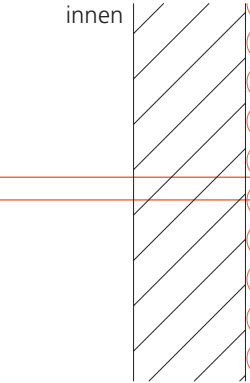
Bestehender Bauteil	Ws4	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>aussen</p> <p>Natursteinmauerwerk Aussenputz</p>	<p>Innensanierung Verschalung: z.B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen</p> <p>aussen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.9W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

gegen Aussenluft, mit bestehender Wärmedämmung

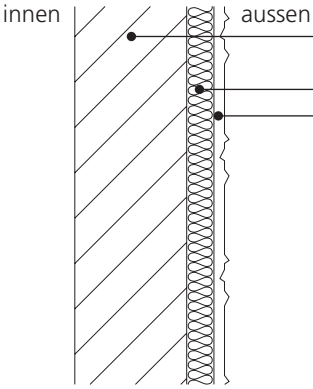
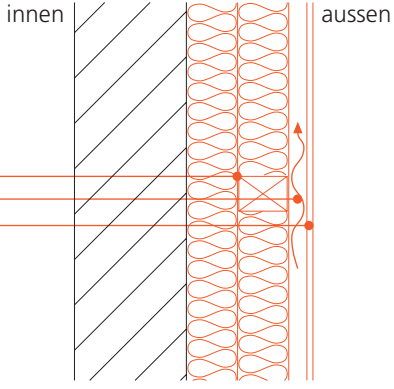
Bestehender Bauteil	Ws5	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>aussen</p> <p>Innenputz Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) Wärmedämmung Aussenputz</p>	<p>Kompaktfassade neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	 <p>innen</p> <p>aussen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $2.0W/(m^2 \cdot K)$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7W/(m^2 \cdot K)$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $2.0W/(m^2 \cdot K)$ auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Bestehender Bauteil	Ws6	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>aussen</p> <p>Innenputz Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) Wärmedämmung Aussenputz</p>	<p>Kompaktfassade neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	 <p>innen</p> <p>aussen</p>
<p>4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7W/(m^2 \cdot K)$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

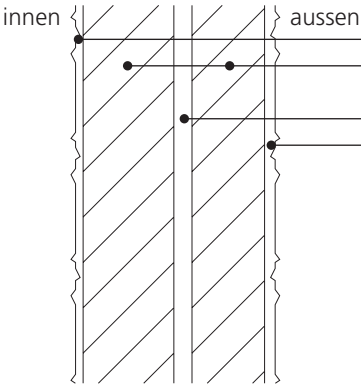
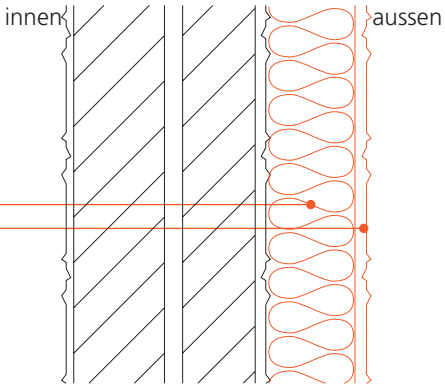
Bestehender Bauteil	Ws7	Sanierter Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Innenputz Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) Wärmedämmung Aussenputz</p>	<p>Kompaktfassade neue Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p> <p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $2.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ auszugehen.</p>	 <p>innen aussen</p>
<p>0 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $2.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</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>

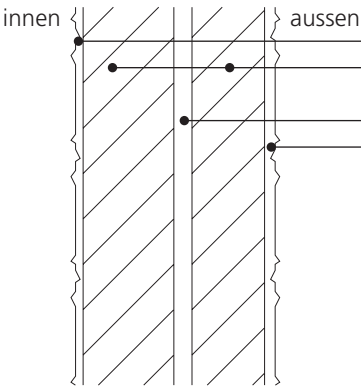
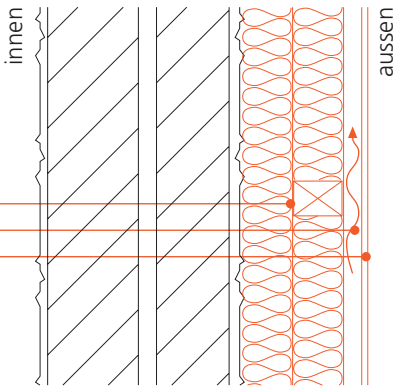
Bestehender Bauteil	Ws8	Sanierter Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton) Wärmedämmung Aussenputz</p>	<p>Kompaktfassade neue Wärmedämmung Aussenputz</p> <p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ auszugehen.</p>	 <p>innen aussen</p>
<p>0 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

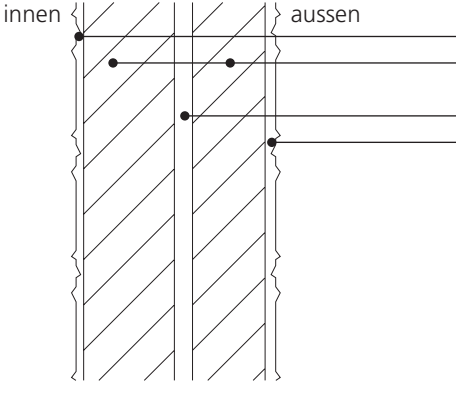
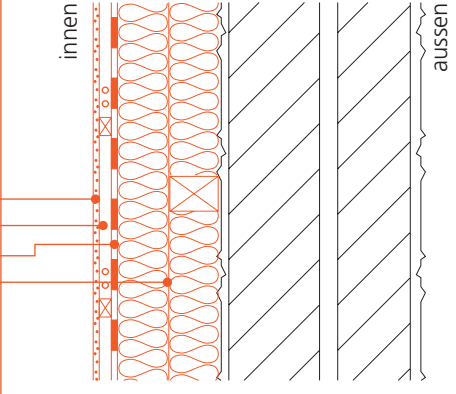
Bestehender Bauteil	Ws9	Sanierter Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton) Wärmedämmung Aussenputz</p>	<p>Kompaktfassade neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	 <p>innen aussen</p>
<p>4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

		Ws 10	
Bestehender Bauteil			Saniertes Bauteil
	<p>Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton) Wärmedämmung Aussenputz</p> <p style="color: #e67e22;">Hinterlüftete Fassade neue Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>		
<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ auszugehen.</p>		<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ auszugehen.</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</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>	

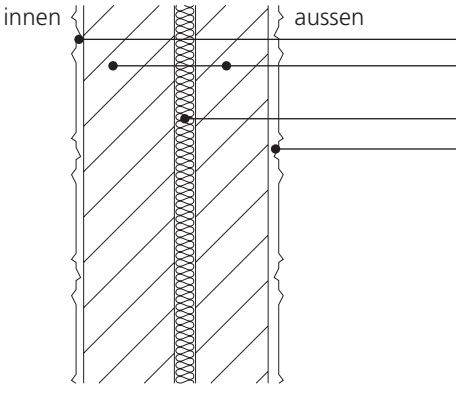
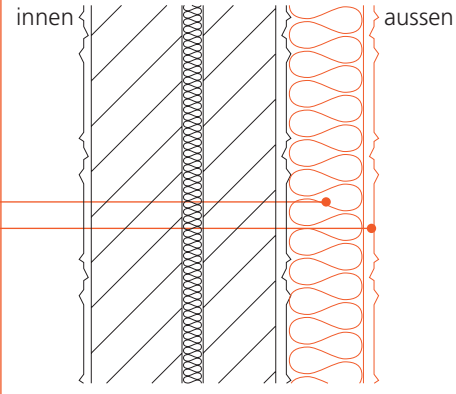
gegen Aussenluft, mit Hohlraum

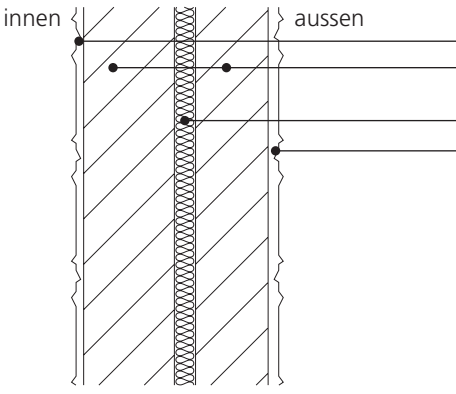
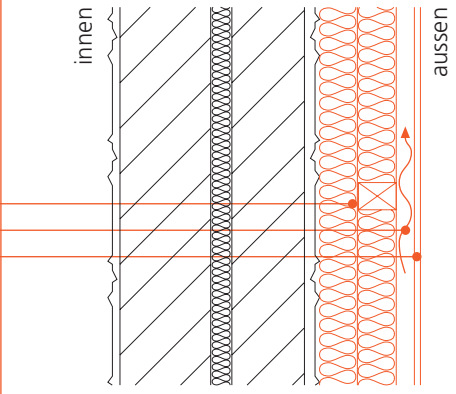
		Ws 11	
Bestehender Bauteil			Saniertes Bauteil
	<p>Innenputz Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) Luftspalt (4–6 cm) Aussenputz</p> <p style="color: #e67e22;">Kompaktfassade neue Wärmedämmung Aussenputz</p>		
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>	

		Ws 12	
Bestehender Bauteil			Saniertes Bauteil
	<p>Innenputz Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) Luftspalt (4–6 cm) Aussenputz</p> <p style="color: #e67e22;">Hinterlüftete Fassade Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>		
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</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 13	Sanierter Bauteil
	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Gipskartonplatte Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.2W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

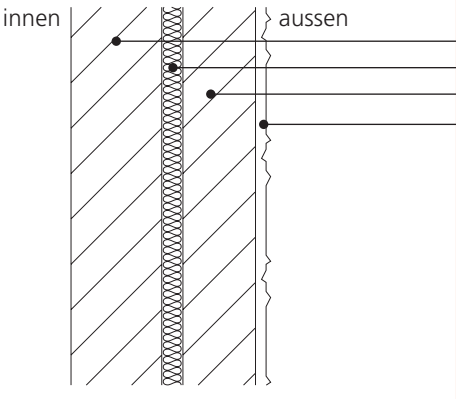
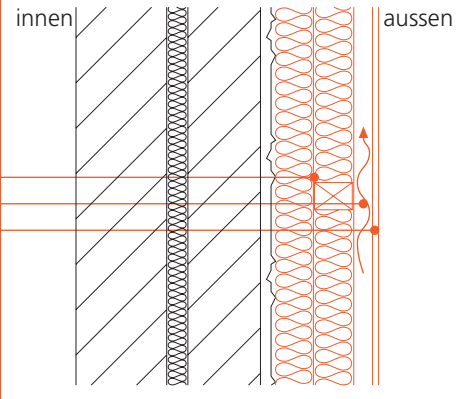
gegen Aussenluft, mit bestehender Kerndämmung

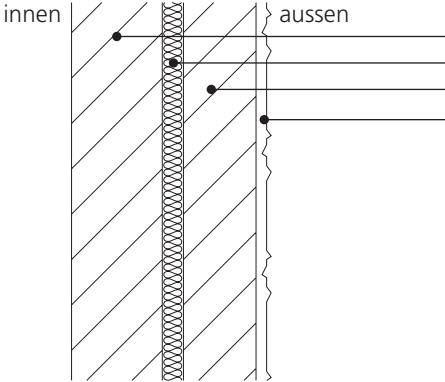
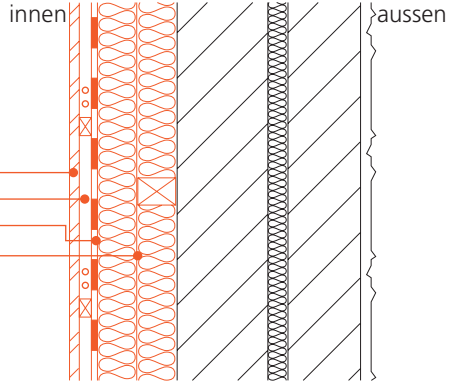
Bestehender Bauteil	Ws 14	Sanierter Bauteil
	<p>Kompaktfassade neue Wärmedämmung Aussenputz</p>	
<p>3cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7W/(m^2 \cdot K)$ 5cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5W/(m^2 \cdot K)$ 8cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.4W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

Bestehender Bauteil	Ws 15	Sanierter Bauteil
	<p>Hinterlüftete Fassade Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	
<p>3cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7W/(m^2 \cdot K)$ 5cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5W/(m^2 \cdot K)$ 8cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.4W/(m^2 \cdot K)$</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>

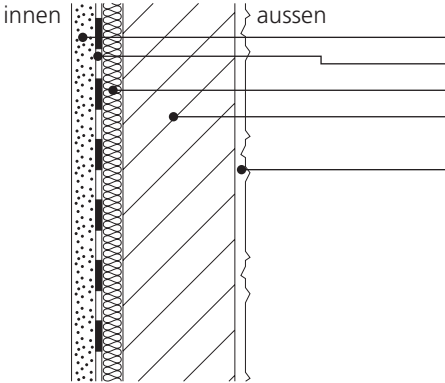
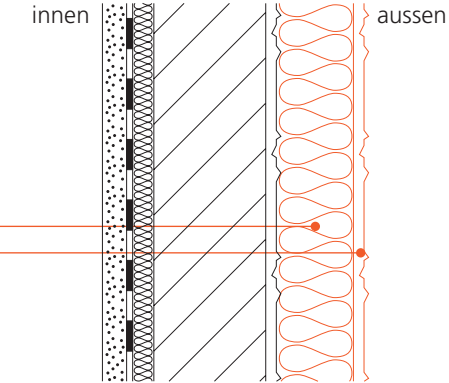
Bestehender Bauteil	Ws 16	Sanierter Bauteil
	<p style="text-align: center;">Innensanierung</p> <p>Verschalung: z. B. Gipskartonplatte Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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	Sanierter Bauteil
	<p style="text-align: center;">Kompaktfassade</p> <p>Wärmedämmung Aussenputz</p>	
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

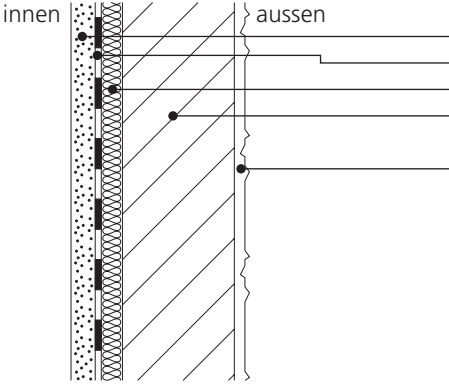
Bestehender Bauteil	Ws 18	Sanierter Bauteil
	<p style="text-align: center;">Hinterlüftete Fassade</p> <p>Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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>innen aussen</p> <p>Kalksandstein-Mauerwerk Wärmedämmung Backstein Aussenputz</p>	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen aussen</p>
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

gegen Aussenluft, mit bestehender Innendämmung

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

Bestehender Bauteil	Ws 21	Sanierter Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Verschalung: z. B. Gipsplatte Dampfbremse Wärmedämmung Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) evtl. Aussenputz</p>	<p>Hinterlüftete Fassade Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	 <p>innen aussen</p>
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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>

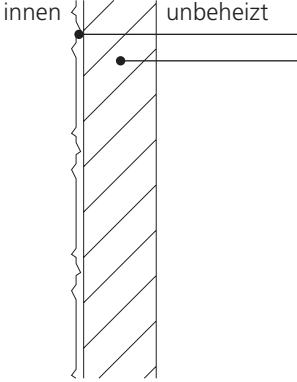
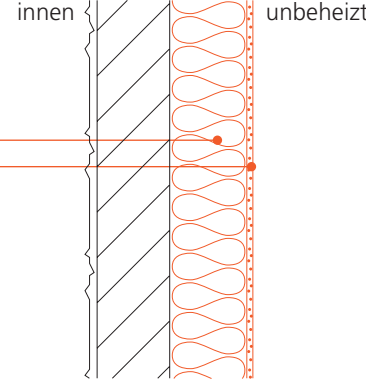
Bestehender Bauteil	Ws22	Sanierter Bauteil
	<p>Verschalung: z. B. Gipsplatte Dampfbremse Wärmedämmung Mauerwerk (Backstein oder Sichtbackstein) evtl. Aussenputz</p> <p>Innensanierung Verschalung: z. B. Gipskartonplatte Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>0 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

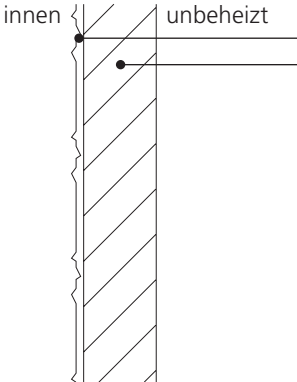
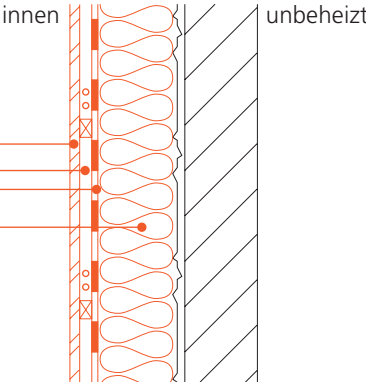
Bestehender Bauteil	Ws23	Sanierter Bauteil
	<p>Verschalung: z. B. Täfer Dampfbremse Wärmedämmung Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton)</p> <p>Kompaktfassade Wärmedämmung Aussenputz</p>	
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

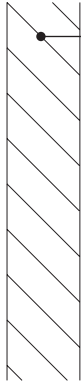
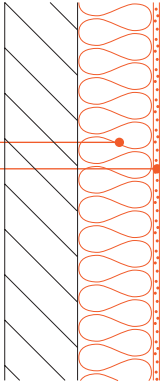
Bestehender Bauteil	Ws24	Sanierter Bauteil
	<p>Verschalung: z. B. Täfer Dampfbremse Wärmedämmung Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton)</p> <p>Hinterlüftete Fassade Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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>

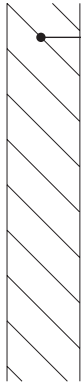
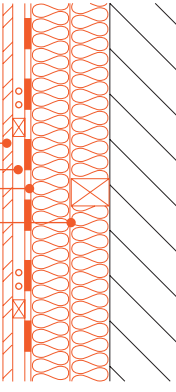
Bestehender Bauteil	Ws25	Sanierter Bauteil
	<p>Verschälung: z. B. Täfer Dampfbremse Wärmedämmung Kalksandstein-Mauerwerk (oder Sichtbeton)</p> <p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse neue Wärmedämmung</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $2.5W/(m^2 \cdot K)$ 3cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8W/(m^2 \cdot K)$ 5cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $2.5W/(m^2 \cdot K)$ auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

gegen unbeheizte Räume, ohne bestehende Wärmedämmung

Bestehender Bauteil	Ws26	Sanierter Bauteil
	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $2.0W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

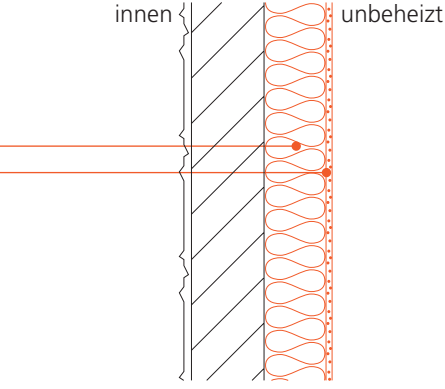
Bestehender Bauteil	Ws27	Sanierter Bauteil
	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung/Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $2.0W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

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

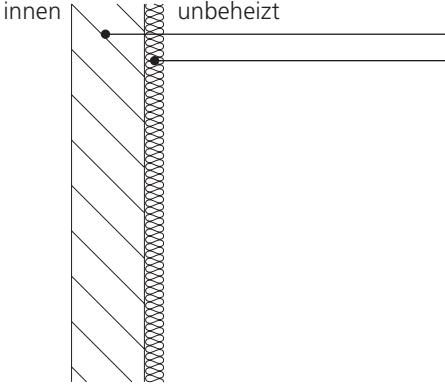
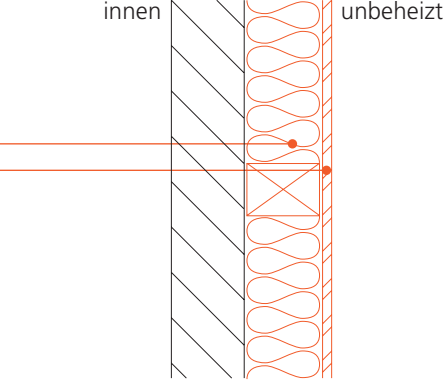
Bestehender Bauteil	Ws 29	Sanierter Bauteil
<p>innen unbeheizt</p>  <p>Kalksandstein</p>	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	<p>innen unbeheizt</p> 
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante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

gegen unbeheizte Räume, mit bestehender Wärmedämmung

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

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

Bestehender Bauteil	Ws32	Sanierter Bauteil
 <p>innen unbeheizt</p> <p>Kalksandstein Wärmedämmung</p>	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	 <p>innen unbeheizt</p>
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

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

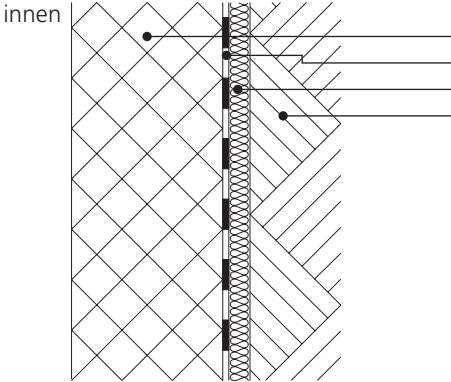
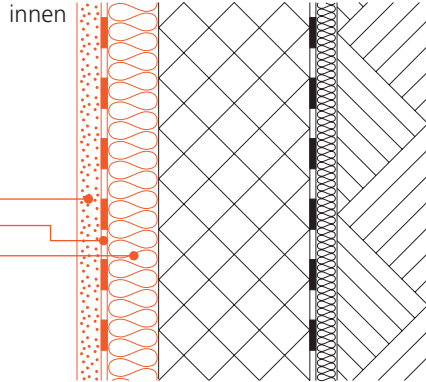
Bestehender Bauteil	Ws 34	Sanierter Bauteil
<p>innen unbeheizt</p> <p>Verschalung: z. B. Gipsplatte Wärmedämmung Backstein</p>	<p>Aussensanierung neue Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	<p>innen unbeheizt</p>
<p>2 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm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

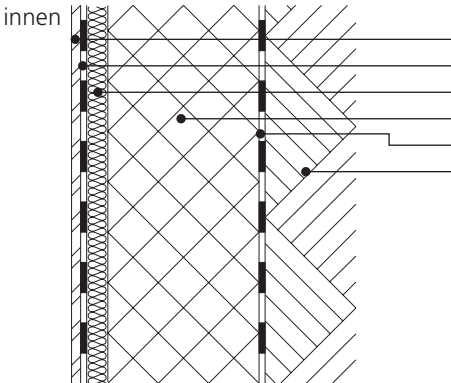
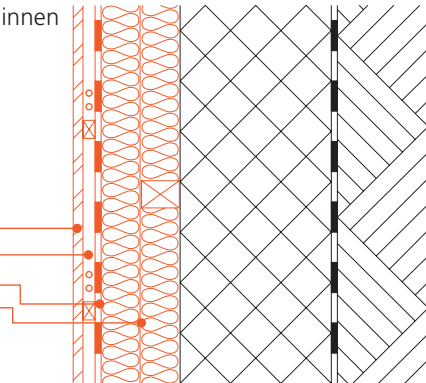
Bestehender Bauteil	Ws 35	Sanierter Bauteil
<p>innen unbeheizt</p> <p>Verschalung: z. B. Täfer Lattung/Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung Kalksandstein</p>	<p>Aussensanierung neue Wärmedämmung Verschalung: z. B. Gipskarton</p>	<p>innen unbeheizt</p>
<p>2 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2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

gegen Erdreich, ohne bestehende Wärmedämmung

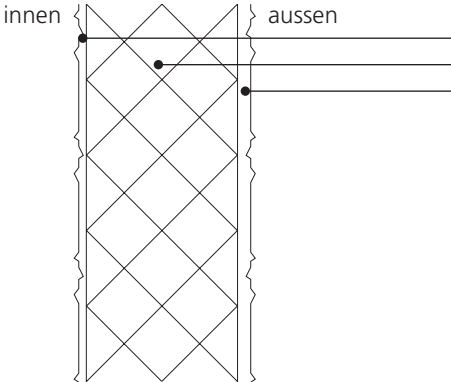
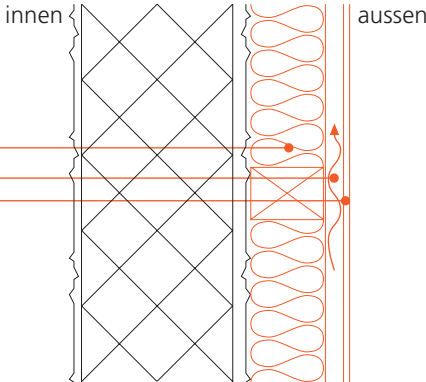
Bestehender Bauteil	Ws 36	Sanierter Bauteil
<p>innen</p> <p>Beton Feuchtsperre Erdreich</p>	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	<p>innen</p>
<p>0 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

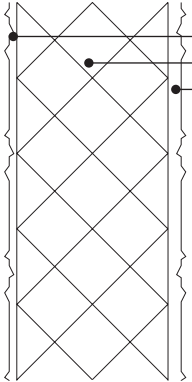
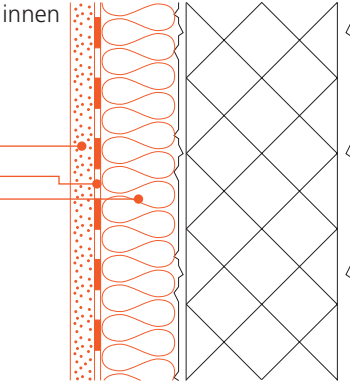
gegen Erdreich, mit bestehender Wärmedämmung

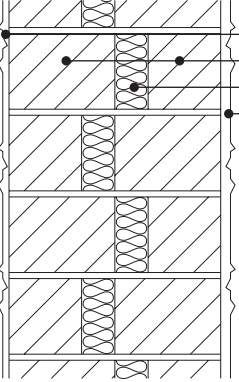
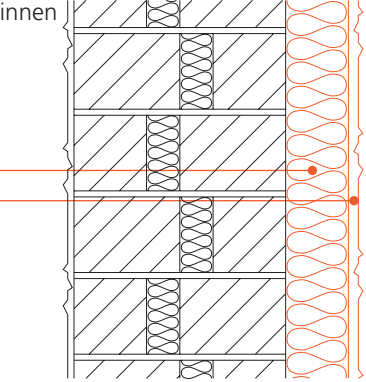
Ws37		Saniertes Bauteil
<p>Bestehender Bauteil</p> 	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Gipsplatte Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Ws38		Saniertes Bauteil
<p>Bestehender Bauteil</p> 	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse neue Wärmedämmung</p>	
<p>0 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $4.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $4.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

mit Spezialmauerwerk

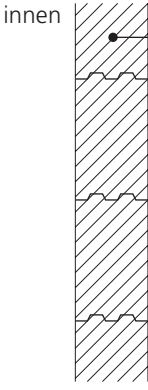
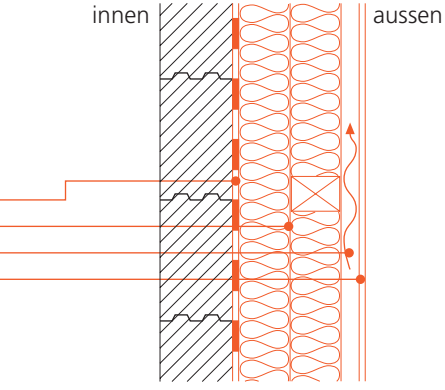
Ws39		Saniertes Bauteil
<p>Bestehender Bauteil</p> 	<p>Hinterlüftete Fassade Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	
<p>25 cm Gasbeton U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 30 cm Gasbeton U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 32.5 cm Gasbeton U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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>

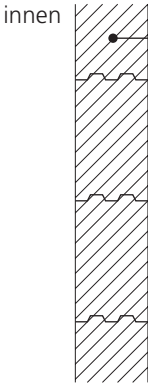
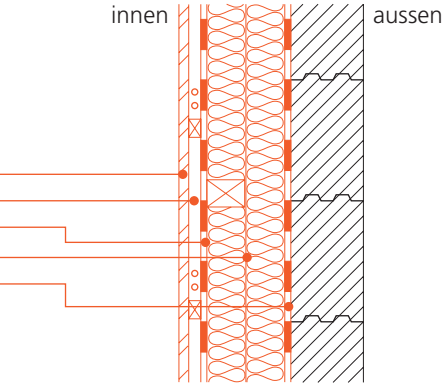
Bestehender Bauteil		Ws40	Sanierter Bauteil	
<p>innen aussen</p>  <p>Innenputz Gasbeton Aussenputz</p>		<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Gipsplatte Dampfbremse Wärmedämmung</p>	<p>innen aussen</p> 	
<p>25 cm Gasbeton U-Wert ca. 0.7 W/(m²·K) 30 cm Gasbeton U-Wert ca. 0.6 W/(m²·K) 32.5 cm Gasbeton U-Wert ca. 0.6 W/(m²·K)</p>			<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>	

Bestehender Bauteil		Ws41	Sanierter Bauteil	
<p>innen aussen</p>  <p>Innenputz Backstein (Verbandmauerwerk) Wärmedämmung Aussenputz</p>		<p>Kompaktfassade Wärmedämmung Aussenputz</p>	<p>innen aussen</p> 	
<p>5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.6 W/(m²·K)</p>			<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>	

Bestehender Bauteil		Ws42	Sanierter Bauteil	
<p>innen aussen</p>  <p>Innenputz Backstein (Verbandmauerwerk) Wärmedämmung Aussenputz</p>		<p>Hinterlüftete Fassade Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	<p>innen aussen</p> 	
<p>5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. 0.6 W/(m²·K)</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	Ws43	Sanierter Bauteil
 <p>innen aussen</p> <ul style="list-style-type: none"> Innenputz Backstein (Verbandmauerwerk) Wärmedämmung Aussenputz <p>5cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen 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	Ws44	Sanierter Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Blockwand</p> <p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.0W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Hinterlüftete Fassade Luftdichtung Wärmedämmung Hinterlüftung Wetterschutz</p>	 <p>innen aussen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen (mit Kreuzlattung). Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

Bestehender Bauteil	Ws45	Sanierter Bauteil
 <p>innen aussen</p> <p>Blockwand</p> <p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.0W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse / Luftdichtung Wärmedämmung evtl. Winddichtung</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>

46 4.1.3 Dächer und Decken

Dächer gegen Aussenluft

Bestehender Bauteil	Ds 1	Sanierter Bauteil
<p>aussen</p> <p>innen</p> <p>Schutzschicht Abdichtung Wärmedämmung Dampfsperre Beton</p>	<p>Doppeldach Schutzschicht Abdichtung Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem U-Wert von $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen.</p> <p>Bestehende Wärmedämmung auf einwandfreien Zustand (z. B. Feuchtigkeit, Fugen) hin kontrollieren.</p>	<p>aussen</p> <p>innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>
<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>		

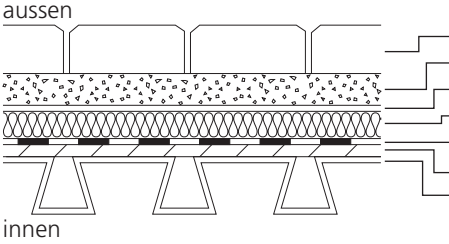
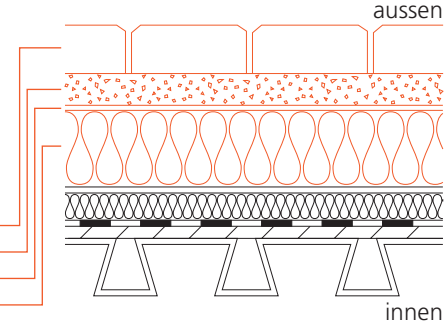
Bestehender Bauteil	Ds 2	Sanierter Bauteil
<p>aussen</p> <p>innen</p> <p>Schutzschicht intakte Abdichtung Wärmedämmung Dampfsperre Beton</p>	<p>Umkehrdecke / Plusdach Schutzschicht evtl. Filtermatte Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem U-Wert von $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen.</p> <p>Wichtig: 20% Wärmedämmdickenzuschlag berücksichtigen (Kap. 2.5). Bestehende Dachhaut genau kontrollieren.</p>	<p>aussen</p> <p>innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>
<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>		

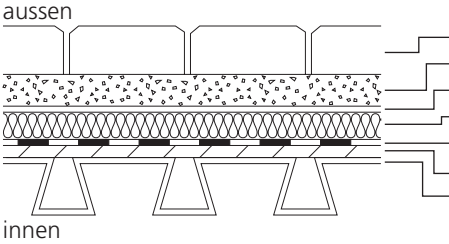
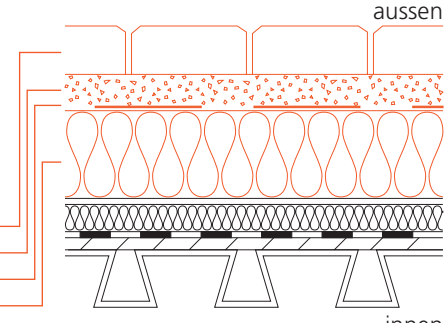
Bestehender Bauteil	Ds 3	Sanierter Bauteil
<p>aussen</p> <p>innen</p> <p>Schutzschicht Wasserisolation Wärmedämmung Dampfsperre Hartfaserplatte Trapezblech</p>	<p>Doppeldach Schutzschicht Abdichtung Wärmedämmung</p> <p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem U-Wert von $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen.</p> <p>Bestehende Wärmedämmung auf einwandfreien Zustand (z. B. Feuchtigkeit, Fugen) hin kontrollieren.</p>	<p>aussen</p> <p>innen</p> <p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>
<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>		

Bestehender Bauteil	Ds4	Sanierter Bauteil
<p>aussen</p> <p>innen</p>	<p>Umkehrdach / Plusdach Schutzschicht Filtermatte Wärmedämmung</p>	<p>aussen</p> <p>innen</p>
<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>	<p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem U-Wert von $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen.</p> <p>Wichtig: 20% Wärmedämmdickenzuschlag berücksichtigen (Kap. 2.5). Bestehende Dachhaut genau kontrollieren.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

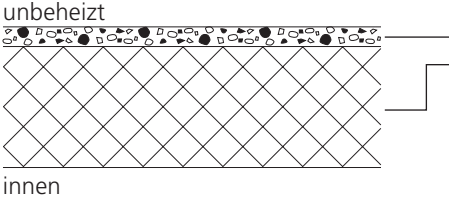
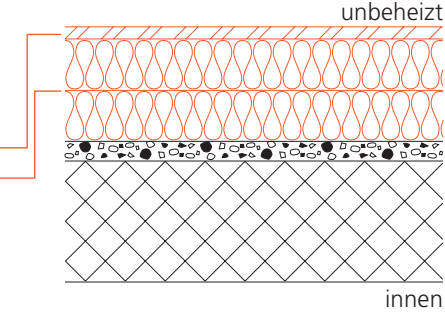
Bestehender Bauteil	Ds5	Sanierter Bauteil
<p>aussen</p> <p>innen</p>	<p>Doppeldach Belag Sand Abdichtung Wärmedämmung</p>	<p>aussen</p> <p>innen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem U-Wert von $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen.</p> <p>Bestehende Wärmedämmung auf einwandfreien Zustand (z. B. Feuchtigkeit, Fugen) hin kontrollieren.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

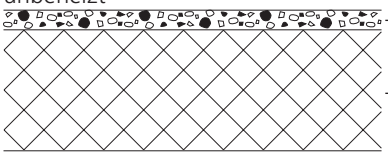
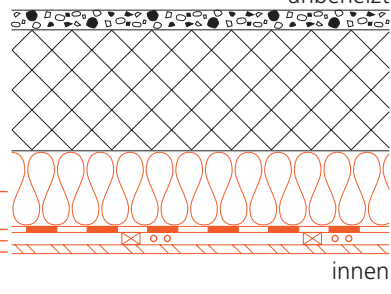
Bestehender Bauteil	Ds6	Sanierter Bauteil
<p>aussen</p> <p>innen</p>	<p>Umkehrdach / Plusdach Belag Sand evtl. Filtermatte Wärmedämmung</p>	<p>aussen</p> <p>innen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem U-Wert von $3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen.</p> <p>Wichtig: 20% Wärmedämmdickenzuschlag berücksichtigen (Kap. 2.5). Bestehende Dachhaut genau kontrollieren.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

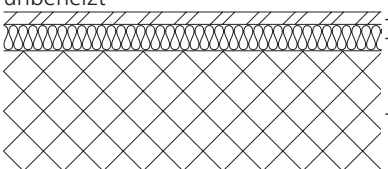
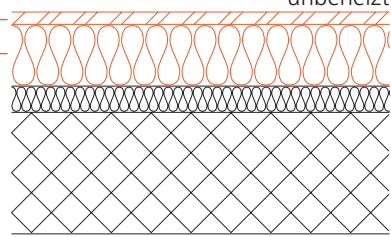
Bestehender Bauteil	Ds7	Sanierter Bauteil
	<p>Doppeldach Belag Sand Abdichtung Wärmedämmung</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem U-Wert von $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen. Bestehende Wärmedämmung auf einwandfreien Zustand (z. B. Feuchtigkeit, Fugen) hin kontrollieren.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

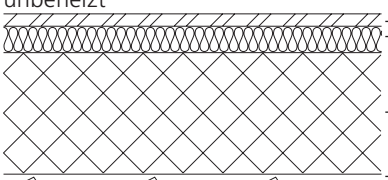
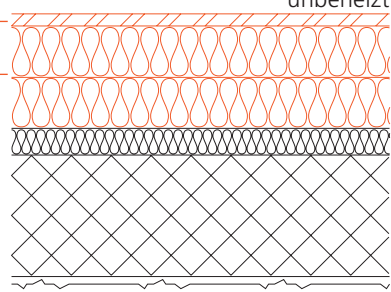
Bestehender Bauteil	Ds8	Sanierter Bauteil
	<p>Umkehrdach/ Plusdach Belag Sand evtl. Filtermatte Wärmedämmung</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Wird die Wärmedämmung entfernt, ist von einem U-Wert von $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen. Wichtig: 20% Wärmedämmdickenzuschlag berücksichtigen (Kap. 2.5). Bestehende Dachhaut genau kontrollieren.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I.</p>

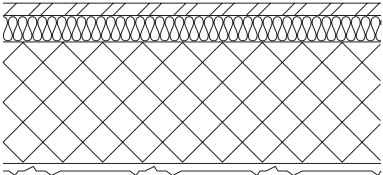
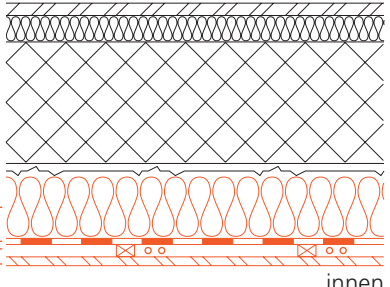
Decken gegen unbeheizte Räume

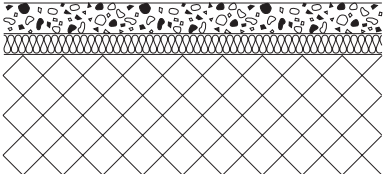
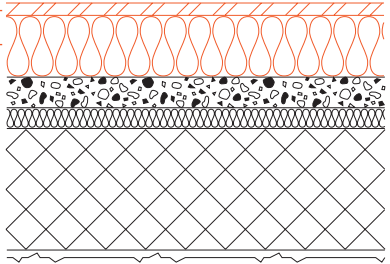
Bestehender Bauteil	Ds10	Sanierter Bauteil
	<p>Aussensanierung Spanplatte Wärmedämmung</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

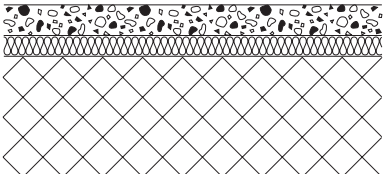
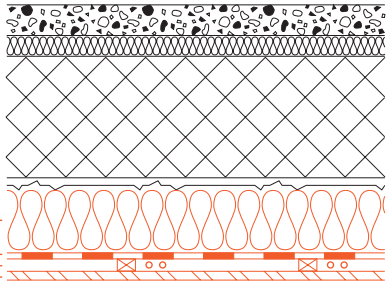
Bestehender Bauteil	Ds 11	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>Zementüberzug Beton</p> <p>innen</p>	<p>Innensanierung Wärmedämmung (zwischen Lattenrost) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $3.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</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 12	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>Belag: z. B. Spanplatte Wärmedämmung Beton</p> <p>innen</p>	<p>Aussensanierung Spanplatte Wärmedämmung</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>
<p>2cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 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>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

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

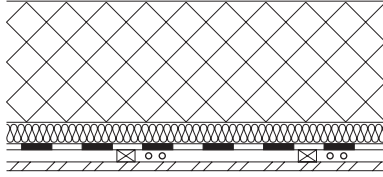
Bestehender Bauteil	Ds 14	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>	<p>Belag: z. B. Spanplatte Wärmedämmung Beton Deckenputz</p> <p>Innensanierung Wärmedämmung (zwischen Lattenrost) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>
<p>2 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 5 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>	<p>Zementüberzug Wärmedämmung Beton Deckenputz</p> <p>Aussensanierung Spanplatte Wärmedämmung</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>
<p>2 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>	<p>Zementüberzug Wärmedämmung Beton Deckenputz</p> <p>Innensanierung Wärmedämmung (zwischen Lattenrost) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z.B. Täfer</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>
<p>2 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 3 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil

unbeheizt



innen

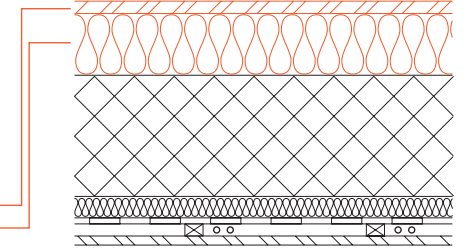
Beton
Wärmedämmung
Dampfbremse
Lattung/Leitungen
Verschalung: z. B. Täfer

Ds 17

Aussensanierung
Spanplatte
Wärmedämmung

Sanierter Bauteil

unbeheizt



innen

2 cm Wärmedämmung U -Wert ca. $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3 cm Wärmedämmung U -Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4 cm Wärmedämmung U -Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

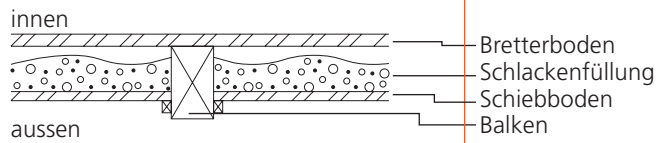
Diese Sanierungsvariante ist homogen.
Die U -Werte dazu befinden sich in Anhang I.
(U -Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)

52 4.2 Sanierung inhomogener Bauteile

4.2.1 Böden

gegen Aussenluft

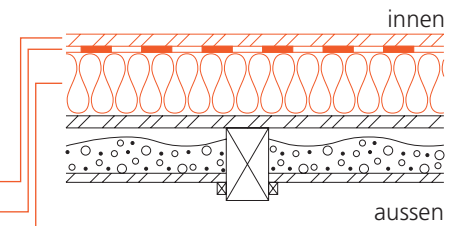
Bestehender Bauteil



Bsi 4

Sanierter Bauteil

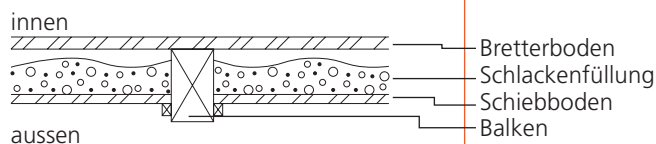
Innensanierung
Bretterboden
Dampfbremse
Wärmedämmung



Mit Schlackenfüllung U -Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

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

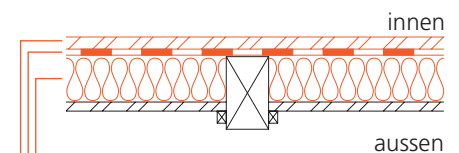
Bestehender Bauteil



Bsi 5

Sanierter Bauteil

Kernsanierung
Bretterboden
Dampfbremse
Wärmedämmung



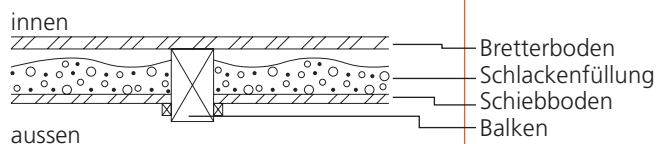
Ohne Schlackenfüllung U -Wert ca. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Mit Schlackenfüllung U -Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Bodenbelag und Schlacke werden entfernt.
Es ist von einem U -Wert von $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
auszugehen. Einsetzbare Dämmdicke begrenzt.

Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.
Die U -Werte dazu befinden sich in Anhang II.

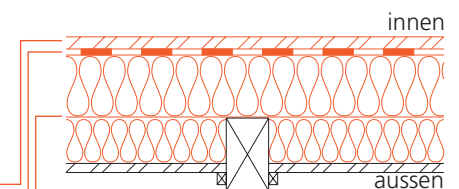
Bestehender Bauteil



Bsi 6

Sanierter Bauteil

Kern- und Innensanierung
Bretterboden
Dampfbremse
Wärmedämmung

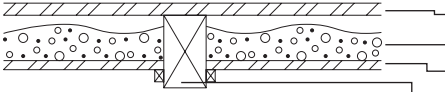
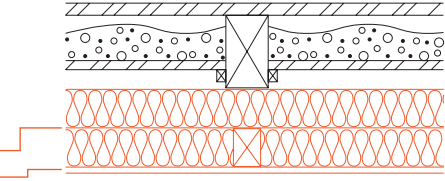


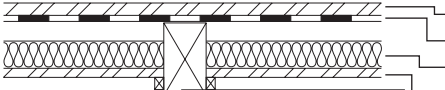
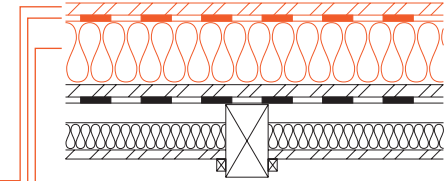
Ohne Schlackenfüllung U -Wert ca. $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

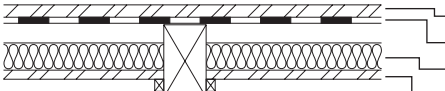
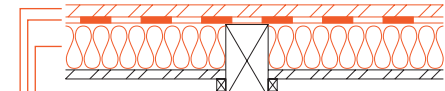
Mit Schlackenfüllung U -Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

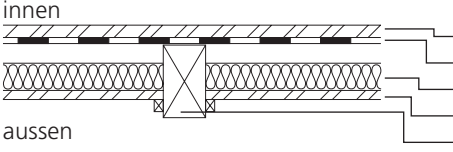
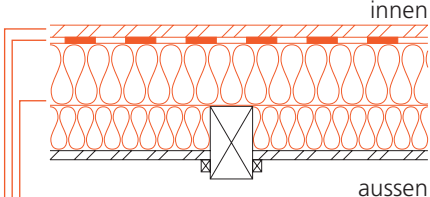
Bodenbelag und Schlacke werden entfernt.
Es ist von einem U -Wert von $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
auszugehen.

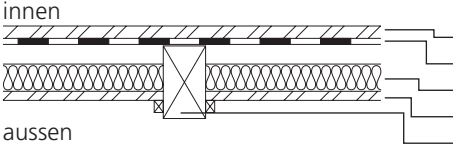
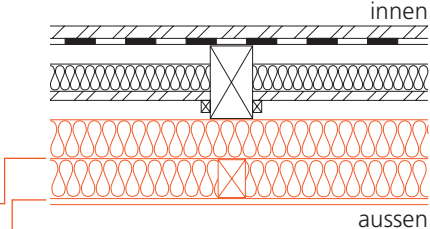
Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.
Die U -Werte dazu befinden sich in Anhang II.

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

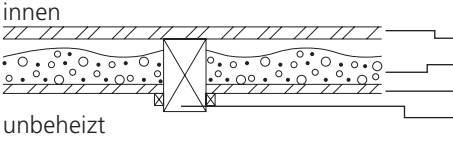
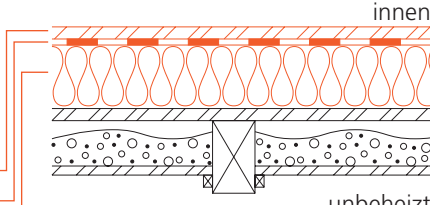
Bestehender Bauteil	Bsi 9	Sanierter Bauteil
<p>innen</p>  <p>aussen</p>	<p>Bretterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p>innen</p>  <p>aussen</p>
<p>4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot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

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

Bestehender Bauteil	Bsi11	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>aussen</p> <p>Breterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p>Kern- und Innensanierung</p> <p>Breterboden Dampfbremse neue Wärmedämmung</p>	 <p>innen</p> <p>aussen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $2.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $2.0\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ auszugehen.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

Bestehender Bauteil	Bsi 12	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>aussen</p> <p>Breterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p>Aussensanierung</p> <p>Wärmedämmung Deckenverkleidung</p>	 <p>innen</p> <p>aussen</p>
<p>4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

gegen unbeheizte Räume

Bestehender Bauteil	Bsi 13	Sanierter Bauteil
 <p>innen</p> <p>unbeheizt</p> <p>Breterboden Schlackenfüllung Schiebboden Balken</p>	<p>Innensanierung</p> <p>Breterboden Dampfbremse Wärmedämmung</p>	 <p>innen</p> <p>unbeheizt</p>
<p>Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. $0.9\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

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

Bestehender Bauteil	Bsi 15	Sanierter Bauteil
	<p>Breterboden Schlackenfüllung Schiebboden Balken</p>	
	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Deckenverkleidung</p>	
<p>Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen.</p>
		<p>Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

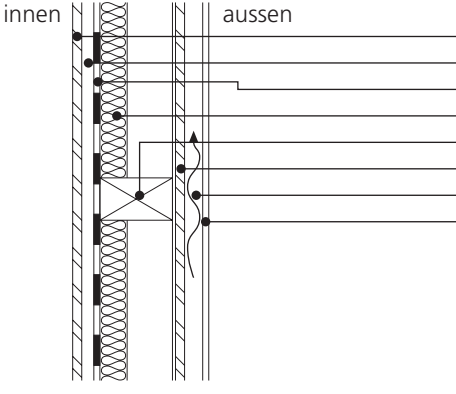
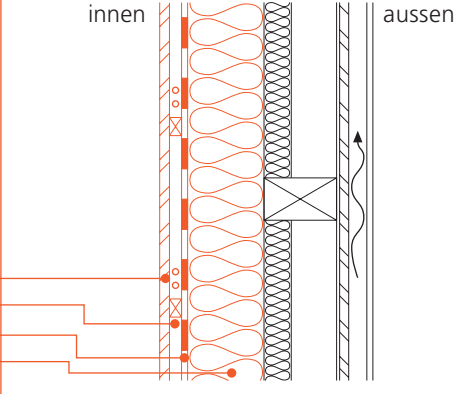
Bestehender Bauteil	Bsi 17	Sanierter Bauteil
	<p>Breterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	
	<p>Innensanierung Breterboden Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen.</p>
<p>6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Bsi 18	Sanierter Bauteil
<p>innen</p> <p>unbeheizt</p> <p>Breterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p>Kernsanierung Breterboden Dampfbremse neue Wärmedämmung</p>	<p>innen</p> <p>unbeheizt</p>
<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. $0.6\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Die bestehende Wärmedämmung wird entfernt. Es ist von einem U-Wert von $2.0\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auszugehen. Einsetzbare Dämmdicke begrenzt.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

Bestehender Bauteil	Bsi 19	Sanierter Bauteil
<p>innen</p> <p>unbeheizt</p> <p>Breterboden Dampfbremse Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Deckenverkleidung</p>	<p>innen</p> <p>unbeheizt</p>
<p>4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

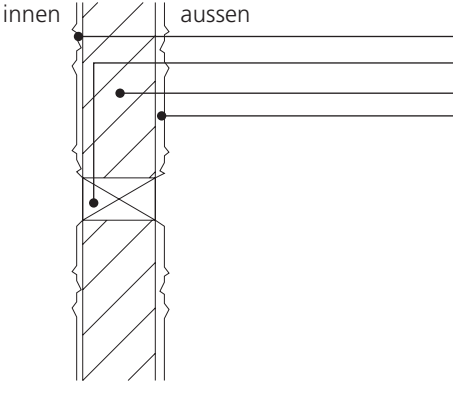
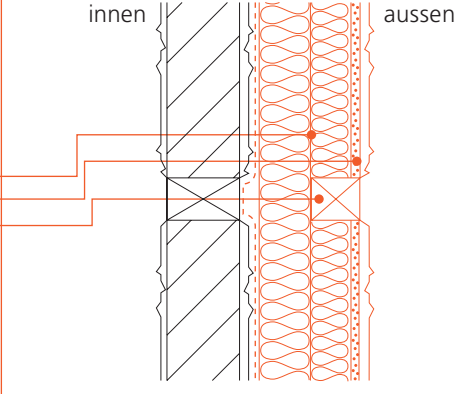
4.2.2 Wände

gegen Aussenluft

Bestehender Bauteil	Wsi 1	Sanierter Bauteil
	<p>Innensanierung Verschalung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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 2	Sanierter Bauteil
	<p>Aussensanierung Wärmedämmung Windpapier / Holzfaserplatte Hinterlüftung Wetterschutz</p>	
<p>4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 8 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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	Wsi 3	Sanierter Bauteil
	<p>Innensanierung Verkleidung: z. B. Gipskartonplatte Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>0 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</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 4	Sanierter Bauteil
	<p style="color: #e67e22; text-align: center;">Aussensanierung</p> <p>Wärmedämmung Duripanel verputzt aufgesetzter Riegel</p>	
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.9W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II.</p>

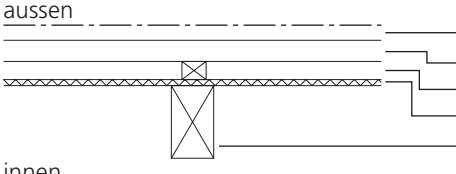
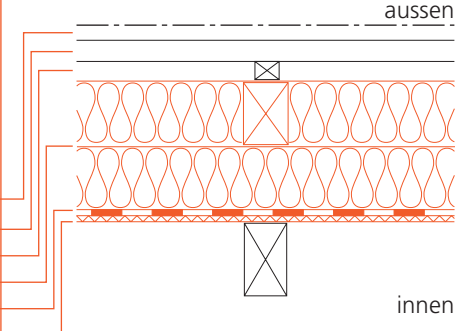
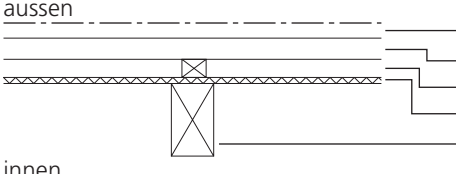
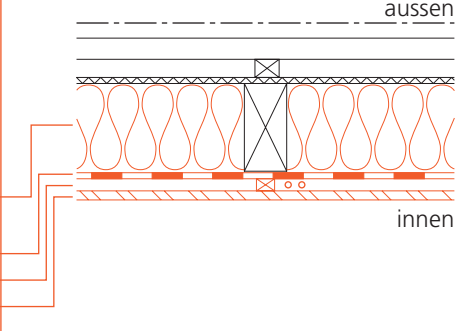
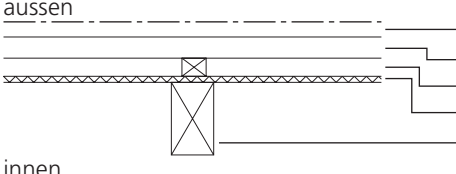
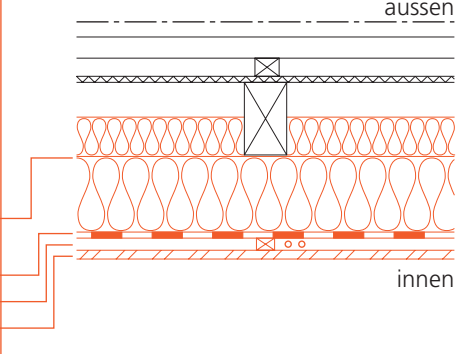
gegen unbeheizte Räume

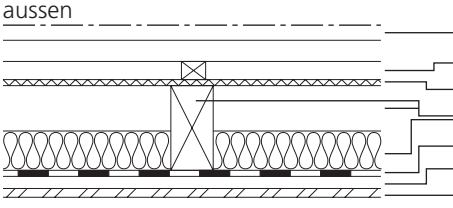
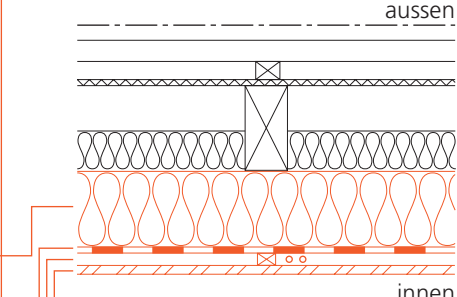
Bestehender Bauteil	Wsi 5	Sanierter Bauteil
	<p style="color: #e67e22; text-align: center;">Innensanierung</p> <p>Innenverkleidung: z. B. Täfer Lattung / Leitungen Dampfbremse Wärmedämmung</p>	
<p>2cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.0W/(m^2 \cdot K)$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7W/(m^2 \cdot K)$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6W/(m^2 \cdot K)$</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	Sanierter Bauteil
	<p style="color: #e67e22; text-align: center;">Aussensanierung</p> <p>Wärmedämmung Aussenverkleidung: z. B. Spanplatte</p>	
<p>2cm Wärmedämmung U-Wert ca. $1.0W/(m^2 \cdot K)$ 4cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7W/(m^2 \cdot K)$ 6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

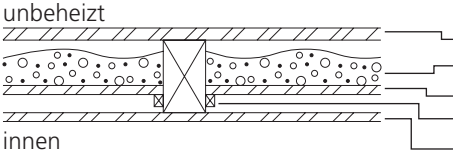
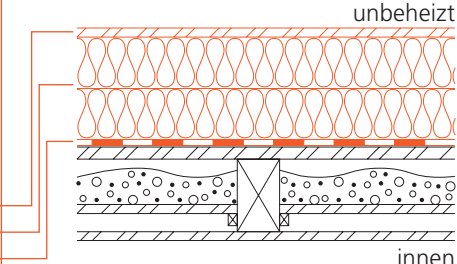
4.2.3 Dächer und Decken

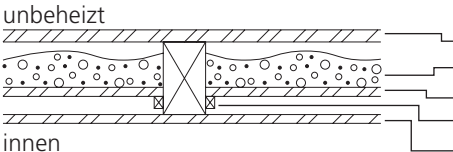
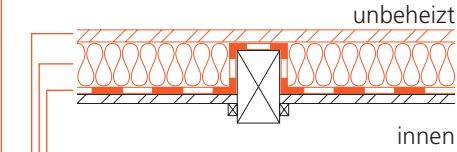
Dächer gegen Aussenluft

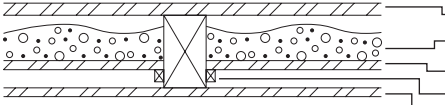
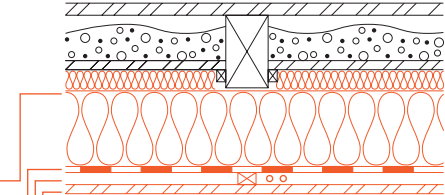
Bestehender Bauteil	Dsi 1	Sanierter Bauteil
 <p>aussen</p> <p>innen</p>	<p>Aussensanierung</p> <p>Dacheindeckung, Lattung Hinterlüftung Konterlattung, Unterdach Wärmedämmung Dampfbremse Täfer</p>	 <p>aussen</p> <p>innen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $4.0W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Die bestehende Dachhaut wird bis auf das Unterdach entfernt.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>
Bestehender Bauteil	Dsi 2	Sanierter Bauteil
 <p>aussen</p> <p>innen</p>	<p>Kernsanierung</p> <p>Wärmedämmung (zwischen den Sparren) Dampfbremse Lattung/Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	 <p>aussen</p> <p>innen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $4.0W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Die bestehende Dachhaut wird belassen. Die einsetzbare Dämmdicke ist begrenzt.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>
Bestehender Bauteil	Dsi 3	Sanierter Bauteil
 <p>aussen</p> <p>innen</p>	<p>Innensanierung</p> <p>Wärmedämmung zwischen und unter den Sparren Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	 <p>aussen</p> <p>innen</p>
<p>0cm Wärmedämmung U-Wert ca. $4.0W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

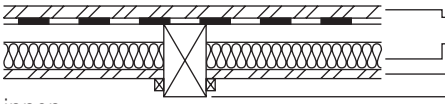
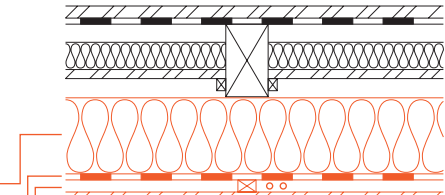
Bestehender Bauteil	Dsi4	Sanierter Bauteil
 <p>aussen</p> <p>innen</p>	<p>Innensanierung Wärmedämmung (unter den Sparren) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	 <p>aussen</p> <p>innen</p>
<p>6cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6W/(m^2 \cdot K)$ 8cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.5W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

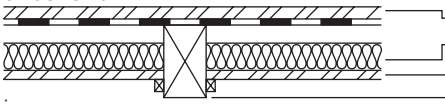
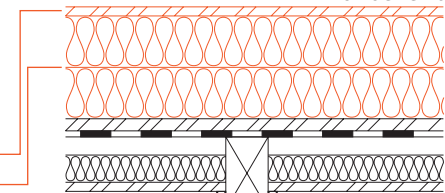
Decken gegen unbeheizte Räume

Bestehender Bauteil	Dsi5	Sanierter Bauteil
 <p>unbeheizt</p> <p>innen</p>	<p>Aussensanierung Spanplatte Wärmedämmung Dampfbremse</p>	 <p>unbeheizt</p> <p>innen</p>
<p>Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. $0.9W/(m^2 \cdot K)$</p>		<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</p>

Bestehender Bauteil	Dsi6	Sanierter Bauteil
 <p>unbeheizt</p> <p>innen</p>	<p>Kernsanierung Holzschalung Wärmedämmung Dampfbremse</p>	 <p>unbeheizt</p> <p>innen</p>
<p>Ohne Schlackenfüllung U-Wert ca. $2.0W/(m^2 \cdot K)$ Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. $0.9W/(m^2 \cdot K)$</p>	<p>Bodenbelag und Schlacke werden entfernt. Es ist von einem U-Wert von $2.0W/(m^2 \cdot K)$ auszugehen. Einsetzbare Dämmdicke begrenzt.</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil	Dsi7	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>	<p>Bretterboden Schlackenfüllung Schiebboden, Hohlraum Balken Täfer</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>
<p>Mit Schlackenfüllung U-Wert ca. $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Innensanierung Wärmedämmung (zwischen und unter den Sparren) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil	Dsi8	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>	<p>Bretterboden Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>
<p>4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Innensanierung Wärmedämmung zwischen Querlattung (unter den Balken) Dampfbremse Lattung / Leitungen Verschalung: z. B. Täfer</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist inhomogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang II. (U-Werte homogene Sanierung: Anhang I)</p>

Bestehender Bauteil	Dsi9	Sanierter Bauteil
<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>	<p>Bretterboden Wärmedämmung Schiebboden Balken</p>	<p>unbeheizt</p>  <p>innen</p>
<p>4 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 6 cm Wärmedämmung U-Wert ca. $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p>	<p>Aussensanierung Bretterboden Wärmedämmung</p>	<p>Diese Sanierungsvariante ist homogen. Die U-Werte dazu befinden sich in Anhang I. (U-Werte inhomogene Sanierung: Anhang II)</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.

5.1 Fenster	64
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
5.2 Türen	67

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.

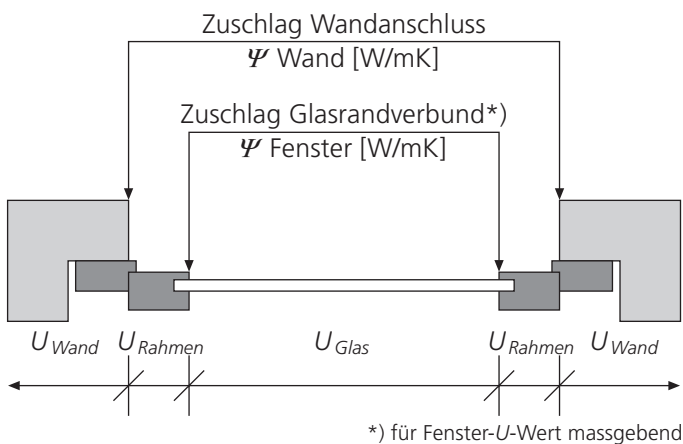


Bild 10

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

5.1.2 Rahmen- U -Wert U_f

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

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

5.1.3 Glasrandverbund

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

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

Tabelle 4:

Ψ_g -Werte für Aluminiumabstandhalter (Richtwerte)

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

5.1.4 Fenster- g -Wert

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

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

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

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

Tabelle 5:

Fenster- g -Werte für Wärmeschutzgläser

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

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

Es gilt folgender Merksatz:

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

5.1.5 Tabelle zur Bestimmung der Fenster- U -Werte

	Glas ¹			U_w (Fenster) in $W/(m^2 \cdot K)$ ³					
	Typ	U_g $W/(m^2 \cdot K)$	g -Wert ² %	U_f (Rahmen) in $W/(m^2 \cdot K)$ ⁴					
				1.0	1.4	1.9	2.5	3.3	
Rahmen- anteil:	2IV	1.5	62	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3	
	2IV	1.3	62	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3	
	2IV	1.1	62	1.3	1.4	1.6	1.9	2.1	
30%	2IV	1.0	62	1.2	1.3	1.5	1.8	2.0	
	3IV	1.1	45	1.3	1.4	1.5	1.8	2.0	
	3IV	0.9	45	1.1	1.2	1.4	1.7	1.9	
	3IV	0.7	45	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	
	3IV	0.5	45	0.9	1.0	1.1	1.4	1.7	
	Rahmen- anteil:	2IV	1.5	62	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2
	2IV	1.3	62	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	
2IV	1.1	62	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9		
20%	2IV	1.0	62	1.2	1.3	1.4	1.7	1.8	
	3IV	1.1	45	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	
	3IV	0.9	45	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	
	3IV	0.7	45	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	
	3IV	0.5	45	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	
	Rahmen- anteil:	2IV	1.5	62	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0
	2IV	1.3	62	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	
2IV	1.1	62	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7		
15%	2IV	1.0	62	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	
	3IV	1.1	45	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	
	3IV	0.9	45	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	
	3IV	0.7	45	0.9	1.0	1.0	1.2	1.3	
	3IV	0.5	45	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	

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

² Höhere g -Werte sind zu belegen. Bei Produktespezifikationen ist der entsprechende g -Wert zu berücksichtigen.

Für Schall- und Sonnenschutzgläser sind nur Herstellerangaben zu verwenden.

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

Bei U_g -Zwischenwerten dürfen die U_w -Werte interpoliert werden.

Es sind nur Werte aufgeführt, die den maximalen U_w -Wert gemäss Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau» erfüllen.

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

5.1.6 Wahl des Fensters

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

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

5.1.7 Weitere Hinweise

- Liegen Herstellerangaben zum U_g -Wert und g -Wert vor, so müssen diese gemäss dem Stand der Technik ermittelt und deklariert worden sein.
- Wenn keine Herstellerangaben zum g -Wert vorhanden sind, so muss für die Berechnung des Heizenergiebedarfs der g -Wert der entsprechenden Verglasung gemäss Tabelle 5 auf Seite 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 $g \leq 15\%$ 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 $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Bestimmung des Fenster- U -Werts U_w mit Tabellenwerten

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

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

Berechnung des Fenster- U -Werts U_w mit Tabelle A_w

Nachfolgend ist der detaillierte Berechnungsgang zur Bestimmung des Fenster- U -Werts dargestellt. Als Hilfsmittel dienen dabei Angaben aus diesem Kapitel sowie Tabelle A_w aus dem Anhang.

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

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

Tab. A_w

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

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

5.2 Türen

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

Bei den in dieser Tabelle aufgeführten Beispielen handelt es sich um die gebräuchlichsten Türkonstruktionen. Sie sind ausgesprochen herstellerepezifisch 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	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert ≥ 3.0 W/(m ² ·K)	0.050		0.52	0.43	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
	0.045	0.60	0.47	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18
	0.040	0.55	0.43	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
	0.035	0.49	0.38	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
	0.030	0.43	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.37	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.020	0.30	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 2.5 W/(m ² ·K)	0.050		0.50	0.42	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
	0.045	0.58	0.46	0.38	0.33	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17
	0.040	0.53	0.42	0.34	0.29	0.26	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16
	0.035	0.47	0.37	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.030	0.42	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.36	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.020	0.29	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08

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

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

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 1.6 W/(m ² ·K)	0.050	0.55	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18
	0.045	0.51	0.42	0.35	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	0.040	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
	0.035	0.43	0.34	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.030	0.38	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.33	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.020	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 1.4 W/(m ² ·K)	0.050	0.52	0.43	0.37	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
	0.045	0.49	0.40	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17
	0.040	0.45	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	0.035	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.030	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11
	0.025	0.32	0.26	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.11	0.10
	0.020	0.27	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 1.2 W/(m ² ·K)	0.050	0.49	0.41	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	0.045	0.46	0.38	0.33	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16
	0.040	0.43	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	0.035	0.39	0.32	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
	0.030	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
	0.020	0.26	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 1.0 W/(m ² ·K)	0.050	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
	0.045	0.43	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16
	0.040	0.40	0.33	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
	0.035	0.37	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.030	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.29	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
	0.020	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.9 W/(m ² ·K)	0.050	0.43	0.37	0.32	0.28	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
	0.045	0.41	0.35	0.30	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16
	0.040	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.035	0.35	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.030	0.32	0.26	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	0.020	0.24	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.8 W/(m ² ·K)	0.050	0.41	0.35	0.31	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17
	0.045	0.39	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	0.040	0.36	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.035	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12
	0.030	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	0.020	0.24	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.7 W/(m ² ·K)	0.050	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16
	0.045	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	0.040	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.035	0.32	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.030	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11
	0.025	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
	0.020	0.23	0.18	0.16	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.6 W/(m ² ·K)	0.050	0.35	0.31	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	0.045	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.040	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.035	0.30	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.030	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.025	0.25	0.21	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
	0.020	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.5 W/(m ² ·K)	0.050	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15
	0.045	0.30	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.040	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.13
	0.035	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.030	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
	0.025	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09
	0.020	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.4 W/(m ² ·K)	0.050	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14
	0.045	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.13
	0.040	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12
	0.035	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11
	0.030	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
	0.025	0.20	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08
	0.020	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	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert ≥ 3.0 W/(m ² ·K)	0.050		0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22
	0.045		0.53	0.44	0.38	0.33	0.29	0.27	0.24	0.22	0.20
	0.040		0.49	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
	0.035	0.57	0.45	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17
	0.030	0.52	0.41	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15
	0.025	0.46	0.36	0.30	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.020	0.40	0.32	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 2.5 W/(m ² ·K)	0.050		0.55	0.46	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26	0.23	0.22
	0.045		0.51	0.43	0.37	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	0.040	0.60	0.48	0.40	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18
	0.035	0.55	0.44	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17
	0.030	0.50	0.40	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
	0.025	0.45	0.35	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13
	0.020	0.39	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 2.0 W/(m ² ·K)	0.050		0.52	0.44	0.38	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
	0.045	0.60	0.49	0.41	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20
	0.040	0.56	0.45	0.38	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.20	0.18
	0.035	0.52	0.42	0.35	0.30	0.26	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16
	0.030	0.47	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	0.025	0.43	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
	0.020	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm								U-Wert in W/(m ² ·K)	
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 1.8 W/(m ² ·K)	0.050		0.51	0.43	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
	0.045	0.58	0.47	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
	0.040	0.54	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18
	0.035	0.50	0.41	0.34	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16
	0.030	0.46	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15
	0.025	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
	0.020	0.36	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm							U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
U-Wert = 1.6 W/(m ² ·K)	0.050	0.59	0.49	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	
	0.045	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	
	0.040	0.52	0.43	0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	
	0.035	0.49	0.40	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	
	0.030	0.45	0.36	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	
	0.025	0.40	0.32	0.27	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	
	0.020	0.35	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm							U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
U-Wert = 1.4 W/(m ² ·K)	0.050	0.56	0.47	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20	
	0.045	0.53	0.44	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	
	0.040	0.50	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	
	0.035	0.46	0.38	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	
	0.030	0.43	0.35	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	
	0.025	0.39	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	
	0.020	0.34	0.28	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm							U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
U-Wert = 1.2 W/(m ² ·K)	0.050	0.52	0.44	0.38	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	
	0.045	0.50	0.42	0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	
	0.040	0.47	0.39	0.34	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	
	0.035	0.44	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	
	0.030	0.41	0.33	0.28	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	
	0.025	0.37	0.30	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	
	0.020	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm							U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
U-Wert = 1.0 W/(m ² ·K)	0.050	0.48	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	
	0.045	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	
	0.040	0.44	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	
	0.035	0.41	0.34	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	
	0.030	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	
	0.025	0.35	0.29	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	
	0.020	0.31	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.11	

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm							U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
U-Wert = 0.9 W/(m ² ·K)	0.050	0.46	0.39	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	
	0.045	0.44	0.37	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	
	0.040	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	
	0.035	0.39	0.33	0.29	0.25	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	
	0.030	0.36	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	
	0.025	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	
	0.020	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.8 W/(m ² ·K)	0.050	0.43	0.37	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18
	0.045	0.41	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
	0.040	0.39	0.34	0.29	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16
	0.035	0.37	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	0.030	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.025	0.32	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.020	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.7 W/(m ² ·K)	0.050	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18
	0.045	0.38	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16
	0.040	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
	0.035	0.35	0.30	0.26	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
	0.030	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.025	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.020	0.27	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.6 W/(m ² ·K)	0.050	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17
	0.045	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
	0.040	0.34	0.29	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	0.035	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14	0.14
	0.030	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.28	0.24	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.020	0.25	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.5 W/(m ² ·K)	0.050	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16
	0.045	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
	0.040	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.035	0.29	0.25	0.23	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.030	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.025	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11
	0.020	0.23	0.20	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09

Bestehender Bauteil	λ W/(m·K)	Wärmedämmschicht in cm						U-Wert in W/(m ² ·K)			
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
U-Wert = 0.4 W/(m ² ·K)	0.050	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.16	0.15
	0.045	0.27	0.25	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
	0.040	0.26	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
	0.035	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
	0.030	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
	0.025	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	0.020	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
	Schicht Nr.	Material, Baustoff	d	$\frac{1}{h}$ bzw. $\frac{d}{\lambda}$
			m	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
		Wärmeübergang innen (h_i)		
		Wärmeübergang aussen (h_e)		

Tab. A

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

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

Tab. A

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

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

Tab. A_w

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

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

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

Tab. A_w

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

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

