

Wärmedurchgangskoeffizient – U-Wert

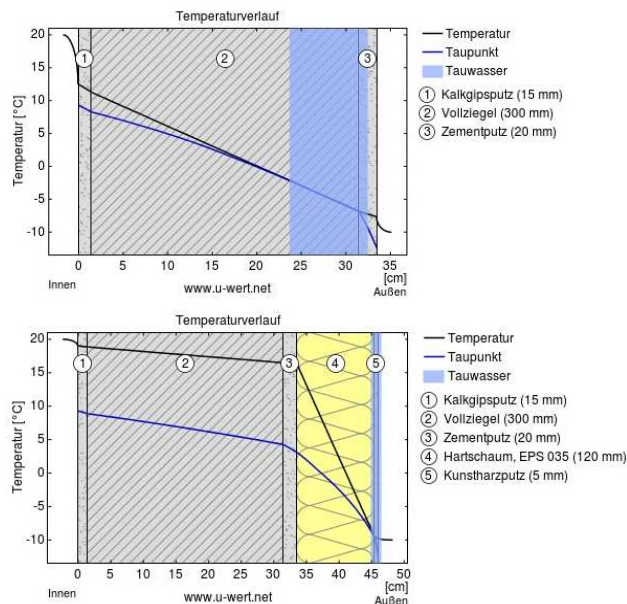
Der Wärmedurchgangskoeffizient gibt an, welcher Wärmestrom zwischen zwei Räumen (hier innen und außen), die durch ein Bauteil voneinander getrennt sind, durch eine Fläche von 1 m² bei 1 K Temperaturdifferenz übertragen wird.

Formelzeichen: U

Beispiel:

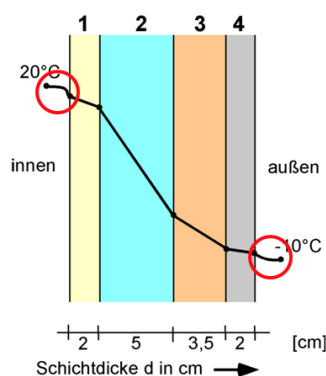
Der dargestellte Wandaufbau hat einen U-Wert von 1,92 W/(m²K). Bei einer stationären Betrachtung mit einer Außentemperatur von –10 °C und einer Innentemperatur von 20 °C beträgt die Differenz 30 K und der Wärmestrom somit 57,6 W/m². Bringt man auf dieses Bestandmauerwerk ein WDVS mit einer Dicke von 120 mm und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK) auf, so reduziert sich der U-Wert auf 0,25 W/(m²K) und der Wärmestrom auf 7,5 W/m².

Einheit: W/(m²K)



Ermittlung des U-Werts

Der U-Wert ist der reziproke Wert des Wärmedurchgangswiderstandes R_T .



$$U = \frac{1}{R_T}$$

Er ergibt sich also aus:

Der Wärmedurchgangswiderstand R_T ist die Summe der Durchlasswiderstände R der einzelnen Schichten sowie den Wärmeübergangswiderständen der Außen- R_{se} und der Innenseite R_{si} des Bauteils. Der Wärmeübergangswiderstand beschreibt den Widerstand für den Wärmeübergang aus der Luft zum Bauteil

R_T ergibt sich also aus: $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_n + R_{se}$

Der Wärmedurchlasswiderstand R_i einzelner Schichten ergibt sich aus dem Quotienten der jeweiligen Schichtdicke [m] und der Wärmeleitfähigkeit λ_i [W/(mK)] der Schicht,

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i}$$

also:

Die Dämmwirkung eines Bauteils ist umso besser, je größer der Wärmedurchgangswiderstand R_T ist, bzw. je kleiner der Wärmedurchlasswiderstand U ist.

So sollte ein zukunftsweisender U-Wert $\leq 0,15$ W/(m²K) sein.

Wärmeleitfähigkeit λ

Die Wärmeleitfähigkeit λ gibt die Wärmemenge an, die pro Zeiteinheit durch 1 m² einer 1 m dicken Stoffschicht fließt, wenn die Schichtoberflächen eine Temperaturdifferenz von 1 K aufweisen.

Die Wärmeleitfähigkeit ist temperaturabhängig. Mit zunehmender Temperatur steigt die Wärmeleitfähigkeit. Im Hochbau erfolgt die Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit bei einer mittleren Stofftemperatur von 10 °C (λ_{10}).

Ebenso ist die Wärmeleitfähigkeit stoffabhängig. Jeder Stoff hat seine eigene Wärmeleitfähigkeit λ .

Für Berechnungen im Hochbau, also für energetische Nachweise, ist der *Bemessungswert* der Wärmeleitfähigkeit anzusetzen, das heißt, dass auf den Nennwert der Wärmeleitfähigkeit Sicherheitszuschläge aufgerechnet sind.

Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit λ findet man in der DIN V 4108, Teil 4 sowie in der DIN EN 12524. Idealerweise werden sie von den Herstellern in den einschlägigen Unterlagen angegeben.

Stoff	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(mK)]
Aluminiumlegierungen	160
Stahl	50
Vollklinker (2.200 kg/m ³)	1,2
Porenbeton-Plansteine (350 kg/m ³)	0,11
Holz	0,13
Hartschaumdämmstoffe	0,020 – 0,048 (je nach Typ)

Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ

Für Wärmedämmstoffe ist der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit in der Tabelle 2, Zeile 5 der DIN V 4108-4:2004-07 geregelt.

Auszug aus der Tabelle 2 für Expandierten Polystyrolhartschaum (EPS) nach DIN EN 13163:

Zeile	Stoff	Kategorie I		Kategorie II	
		Nennwert I_D	Bemessungswert I^b	Grenzwert I_{grenz}^c	Bemessungswert I^d
5.2	EPS nach DIN EN 13163	0,030	0,036	0,0290	0,030
		0,031	0,037	0,0299	0,031
		0,032	0,038	0,0309	0,032
		0,033	0,040	0,0329	0,033
		0,034	0,041	0,0329	0,034
		0,035	0,042	0,0338	0,035
		-	-	-	-
		-	-	-	-
		0,050	0,060	0,0480	0,050

Auf den ersten Blick erkennt man, dass der Bemessungswert nach Kategorie II günstiger ist. Angewendet werden darf sie allerdings nur dann, wenn die Bedingungen hierfür erfüllt sind. Diese werden in den Fußnoten der Norm geregelt.

Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit I

Die Anwendung der jeweiligen Kategorie ist wie folgt geregelt:

^b $I = I_D \cdot 1,2$

Das heißt, bei Anwendung des statistisch ermittelten Wertes nach DIN EN 13162 bis DIN 13171 ist dieser mit einem Aufschlag von 20 % zu versehen.

^c Der Wert I_{grenz} ist im Rahmen der technischen Spezifikation des jeweiligen Dämmstoffs festzulegen.

Der Begriff technische Spezifikation meint eine nationale allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Diese regelt die Fremdüberwachung dieses Grenzwertes und die Anbringung eines Ü-Zeichens.

^d $I = I_{\text{grenz}} \cdot 1,05$

Wie unter ^c beschrieben, darf dieser günstigere Ansatz nur gewählt werden, wenn die genannten Voraussetzungen erfüllt sind. Hierfür ist neben der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ein Übereinstimmungszertifikat erforderlich.

Zu beachten ist, dass bei Ausschreibungen und Anfragen in der Regel der Bemessungswert I gemeint ist. Bei Angeboten und Lieferungen von Dämmstoffen, die nur mit CE gekennzeichnet sind, ist der Aufschlag von 20 % zwingend. Auch bei Wareneingängen und Lieferungen zur Baustelle ist dies zu überprüfen.

Die Energieeinsparverordnung – EnEV – nimmt für die energetische Bewertung der Gebäudehülle die DIN V 4108 Teil 4 in Bezug. Das heißt, bei Nichtberücksichtigung ist die Bemessung und damit die Bewertung des Gebäudes oder des Bauteils falsch.

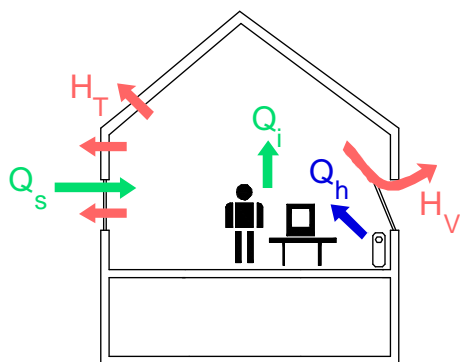
Lüftungswärmeverluste

Lüftungswärmeverluste entstehen durch den erforderlichen Luftaustausch während der Heizperiode, wenn die belastete und warme Raumluft durch kalte, unbelastete Außenluft ersetzt wird. Für die Aufrechterhaltung eines hygienischen Raumklimas und zur Vermeidung eines Schimmelpilzrisikos ist dieser Luftaustausch zwingend erforderlich.

Weitere Lüftungswärmeverluste entstehen unkontrolliert durch Luftundichtigkeiten in der Gebäudehülle. Diese Lüftungswärmeverluste sind kaum zu quantifizieren. Von daher besteht die Forderung bereits seit 1952 in der ersten Ausgabe der DIN 4108, dass Gebäude dauerhaft luftdicht sein müssen.

Eine weitere Gefahr solcher Luftundichtigkeiten, ist der Ausfall von Tauwasser, wenn warme, feuchte Luft in der Konstruktion auf kalte Luft trifft.

Das Verhältnis der Lüftungswärmeverluste zu den Transmissionswärmeverlusten beträgt bei alten, ungedämmten Gebäuden ca. 75 % Transmissionswärmeverluste und ca. 25 %



Lüftungswärmeverluste. Hier haben die Lüftungswärmeverluste wenig Bedeutung. Mit Zunahme des Dämmstandards reduzieren sich die Transmissionswärmeverluste, die Lüftungswärmeverluste aber kaum, oder gar nicht. Damit wächst der Anteil der Lüftungswärmeverluste auf bis zu 40 %. Um diese Lüftungswärmeverluste weiter zu reduzieren bieten sich effiziente Lüftungsanlagen an.

Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf Q_h oder auch Nutzwärmebedarf $Q_{h,b}$, ist die Wärmemenge, die vom Heizsystem dem Raum bzw. dem Gebäude zur Verfügung gestellt werden muss, um die entsprechende Raumtemperatur aufrecht zu erhalten.

Quelle: Hauser

H_T = Transmissionswärmeverluste

H_v = Lüftungswärmeverluste

Q_s = solare Gewinne

Q_i = interne Gewinne

Q_h = Heizwärmebedarf

Endenergiebedarf

Der Endenergiebedarf Q_E ist die Energiemenge, die der Heizungsanlage, der Lüftungsanlage, sowie der Anlage für die Warmwasserbereitung zur Verfügung gestellt werden muss, um eine festgelegte Innenraumtemperatur und die Erwärmung des Warmwassers sicherzustellen.

Die Wärmeverluste für die Anlagentechnik und die für den Betrieb der Anlagentechnik benötigte Hilfsenergie (Strom) werden hier mit einbezogen.

Bei Nichtwohngebäuden ist zusätzlich der Energiebedarf für Raumkühlung und Beleuchtung zu bilanzieren.

Die Endenergie wird an der "Schnittstelle" Gebäudehülle übergeben. Sie stellt die Energiemenge dar, die vom Verbraucher bezahlt werden muss.

Quelle: Hauser

H_T = Transmissionswärmeverluste

H_V = Lüftungswärmeverluste

Q_S = solare Gewinne

Q_i = interne Gewinne

Q_h = Heizwärmebedarf

Q_w = Trinkwasserwärmebedarf

Bauphysikalische Grundsätze

Zu den Teilbereichen der Bauphysik gehören der Wärmeschutz, der Feuchteschutz, der Schallschutz sowie der Brandschutz.

In den letzten Jahrzehnten hat die Bedeutung der Bauphysik erheblich zugenommen. Durch die ständige Verbesserung des Wärmeschutzes gewinnen bauphysikalische Überlegungen bei der Gebäudeplanung und bei energetischen Sanierungen an Bedeutung. Dies gilt insbesondere für den Feuchteschutz und die Beachtung des Einflusses von Wärmebrücken. Die Dämmung der an die Außenluft angrenzenden Bauteile von außen ist zumeist unkritisch. Bei der raumseitigen Dämmung, also der Dämmung von Innen sind in aller Regel bauphysikalische Überlegungen und ggf. Berechnungen zwingend. Das gilt insbesondere auch für den Schlagregenschutz und der möglichen Wasseraufnahme der Außenbauteile.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für den Feuchteschutz ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle. Diese Forderung besteht bereits seit 1952 mit der erstmaligen Ausgabe der DIN 4108. Wenn feuchte, warme Luft auf trockene, kalte Luft trifft, kann Tauwasser ausfallen und ggf. die Konstruktion schädigen. Darüber hinaus besteht die Gefahr der Schimmelpilzbildung.

Wärmeschutz und Feuchteschutz sind geregelt in der DIN 4108 in den einzelnen Teilen.

Bezüglich des Schallschutzes der zu schützenden Räume ist die DIN 4109 und ggf. die DIN EN 717 zu berücksichtigen.

Anforderungen an den Brandschutz regeln die einzelnen Landesbauordnungen unter Bezugnahme der DIN 4102 und der DIN EN 13501.

Wärmebrücken

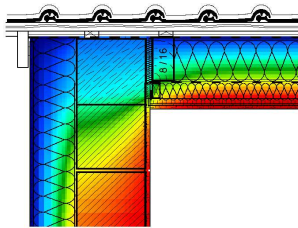
Wärmebrücken, umgangssprachlich und fälschlicher Weise auch "Kältebrücken" genannt, sind örtlich begrenzte Bereiche in der wärmeübertragenden Hüllfläche eines Gebäudes, bei denen ein erhöhter Wärmefluss auftritt. Damit verbunden sind tiefere raumseitige Oberflächentemperaturen.

Man unterscheidet:

materialbedingte Wärmebrücken, die sich ergeben, wenn ein Materialwechsel in der Konstruktion auftritt. Z. B. Sparren-/Gefachbereich im Steildach oder Stahlbetonstütze in einer Mauerwerks-Außenwand

geometriebedingte Wärmebrücken, die bei Wechsel von Bauteildicken oder unterschiedlichen Außen- und Innenabmessungen (z. B. Außenwanddecken) vorliegen

Häufig liegt eine Überlagerung der Einflüsse (z. B. Fenster- oder Dachanschluss) vor.



Beispiel: Ortgang (Dachrand); geometrie- und materialbedingte Wärmebrücke

Wärmebrücken können linienförmig (Beispiel Ortgang) oder punktförmig auftreten.

Die Wärmeverluste von Wärmebrücken können bis zu 30 % der Wärmeverluste der gesamten Gebäudehülle betragen. Dieser Einfluss ist durch Planung und Ausführung auf ein Minimum zu reduzieren. Dieser Resteinfluss ist bei der energetischen Berechnung zu berücksichtigen.

Wird dieser Grundsatz nicht beachtet, treten an diesen Stellen tiefere raumseitige Oberflächentemperaturen auf, die an diesen Stellen zur Bildung von *Schimmelpilz* führen können.

Zukunftsweisender Dämmstandard

Sowohl bei der Errichtung von Gebäuden (Neubau) als auch bei der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden, sollte man berücksichtigen, dass die jeweiligen bauordnungsrechtlichen Anforderungen (EnEV) immer Momentbetrachtungen sind, die sich auf wirtschaftliche Berechnungen der Vergangenheit beziehen.

Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass sich die Anforderungen der Wärmeschutzverordnungen (WSVO) und der Energieeinspar-verordnungen (EnEV) mit jeder Novellierung verschärft haben. Der Blick in die Zukunft zeigt, dass die Umsetzung der Europäischen Gebäuderichtlinie (Richtlinie 2010/31/EU) bereits ab dem Jahr 2020 Niedrigstenergiegebäude bzw. Nullenergiegebäude vorschreibt.

Von daher scheint es geboten, sich bereits heute an diese Vorgaben zu orientieren, damit die Maßnahme, die ich heute ausführe, nicht bereits morgen veraltet ist; dass das Gebäude, das ich heute erstelle nicht morgen schon ein Altbau ist.

Dies gilt insbesondere für den Dämmstandard der Gebäudehülle, da eine spätere "Nachrüstung" immer aufwändig und teuer ist.

Als zukunftsweisender Wärmedurchgangskoeffizient gilt ein U-Wert von $< 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Genutzte bzw. nicht genutzte Flachdächer

Flachdächer, also Dächer mit Abdichtungen, sind vielseitig nutzbar. Man unterscheidet hier in genutzte und nicht genutzte Flachdächer.

Nicht genutzte Flachdächer:

Nicht genutzte Dächer sind nicht für den dauerhaften Aufenthalt von Personen, anderweitiger Nutzung oder eine intensive Dachbegrünung vorgesehen. Betreten werden sie in der Regel nur zu Wartungs-, Instandhaltungs- und/oder Pflegezwecken. Je nach Beanspruchung sind diese Dächer nach DIN 18531 abzudichten.

Genutzte Dächer:

Genutzte Dachflächen sind für den planmäßigen Aufenthalt von Personen (z. B. Dachterrassen), der Nutzung mit Fahrzeugen (Parkdecks) oder intensiver Dachbegrünungen vorgesehen.

Die Abdichtung dieser Dächer erfordert je nach Nutzungsart einer besonderen Planung.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Nach den Landesbauordnungen kommen nur Bauprodukte zur Anwendung die den technischen Baubestimmungen, also Normen entsprechen. Andernfalls bedürfen sie einer *allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung*, einem *allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis* oder einer *Zustimmung im Einzelfall*.

Produkte nach harmonisierten europäischen Normen nennen in der Regel lediglich Stufen und Klassen, so dass es für Anwendungen, sofern sie nicht in der DIN 4108, Teil 10 geregelt sind, Anwendungs- bzw. Verwendungszulassungen bedarf.

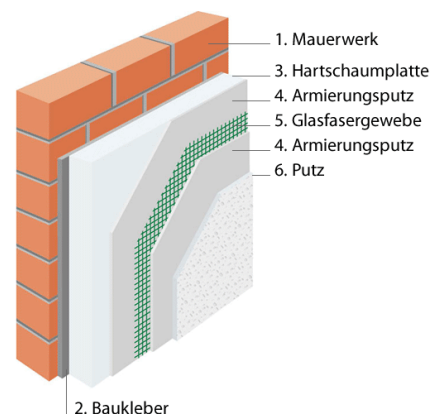
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) ausgestellt und sind allgemeingültig.

Wärmedämm-Verbundsysteme - WDVS

Ein Wärmedämm-Verbundsystem – WDVS ist ein System zur außenseitigen Dämmung von Außenwänden.

Es handelt sich hier um einen Systemaufbau, der in der Anwendungsnorm DIN 4108, Teil 10 nicht geregelt ist. Von daher ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung als Verwendungszulassung zwingend.

Die Dämmplatten werden an die Gebäudeaußenwand geklebt, gedübelt oder mit Schienen mechanisch befestigt. Anschließend werden sie mit einem Putz überzogen, der durch Glas-



seidengewebe armiert ist. Darüber kommt der abschließende Oberputz, bzw. das gewünschte Oberflächenmaterial. Der prinzipielle Aufbau ist der Abbildung zu entnehmen.

Die Komponenten sind aufeinander abgestimmt, geprüft und allgemein bauaufsichtlich zugelassen.

Weitere Informationen hält der Fachverband Wärmedämmverbundsysteme bereit.

<http://www.heizkosten-einsparen.de/views/home/index.html>

Kerndämmung

