

ERDREICHBERÜHRTE BAUTEILE

U-Wert unter der Grasnarbe



Bild: Rafal Cichawa / photos.com

In Deutschland wird nur selten auf Stelzen gebaut, daher gelten unsere Bodenplatten als erdreichberührt

Die Bestimmung eines U-Wertes steht an, wenn die Heizlast eines Gebäudes oder Raumes berechnet werden soll. Die Einheit dieser Zahl verrät schon, worum es geht. Man liest Watt pro Quadratmeter pro Kelvin, kurz $W/(m^2K)$.

Bekannt ist, dass der jeweilige Wert für eine Wand oder eine Bodenplatte von den eingesetzten Schichten abhängt. Je dicker beispielsweise die Dämmschicht ausfällt, desto geringer fällt der U-Wert aus. Aber auch die Materialeigenschaft der jeweiligen Dämmung hat entsprechenden Einfluss auf das Ergebnis. Es gibt eben gute und schlechte Wärmeleiter. Aber dass der U-Wert eines Bauteils auch davon abhängt, wie tief in der Erde es eingebuddelt wurde, ist zwar eine Tatsache, aber weniger bekannt. Das ändert sich mit dem Lesen dieses Berichts.

U-WERT ALLGEMEIN

Die gebräuchliche Kurzform U-Wert steht für den Wärmedurchgangskoeffizienten. Im SBZ Monteur haben wir das Thema bereits einige Male aufgegriffen. Um jedoch diesen Bericht zu verstehen, müssen Sie nicht erst diese Schätze heben und lesen. Es folgt trotzdem eine kurze Übersicht:

Berichte über U-Werte

- 06/11 U-Wert-Korrekturen
- 10/09 Temperaturverlauf in Wand
- 11/08 Heizlast
- 09/08 U-Wert allgemein

Bei einem U-Wert geht es immer darum, wie viel Wärme beispielsweise eine Wand an die Umgebung abgibt. Wir Anlagenmechaniker berechnen sinnigerweise nicht ein Schönwetterereignis im Herbst und bei 10 °C Außentemperatur, sondern den Ernstfall. Daher verlassen wir uns auf Tabellen mit den

tiefsten Temperaturen eines Ortes. Dieser ungünstigste Fall ergibt dann die Gesamttemperaturdifferenz, für die wir einen Raum oder ein ganzes Haus auslegen. Am Beispiel eines Raumes in einem Haus in Werne an der Lippe kann man sich das konkret vorstellen.

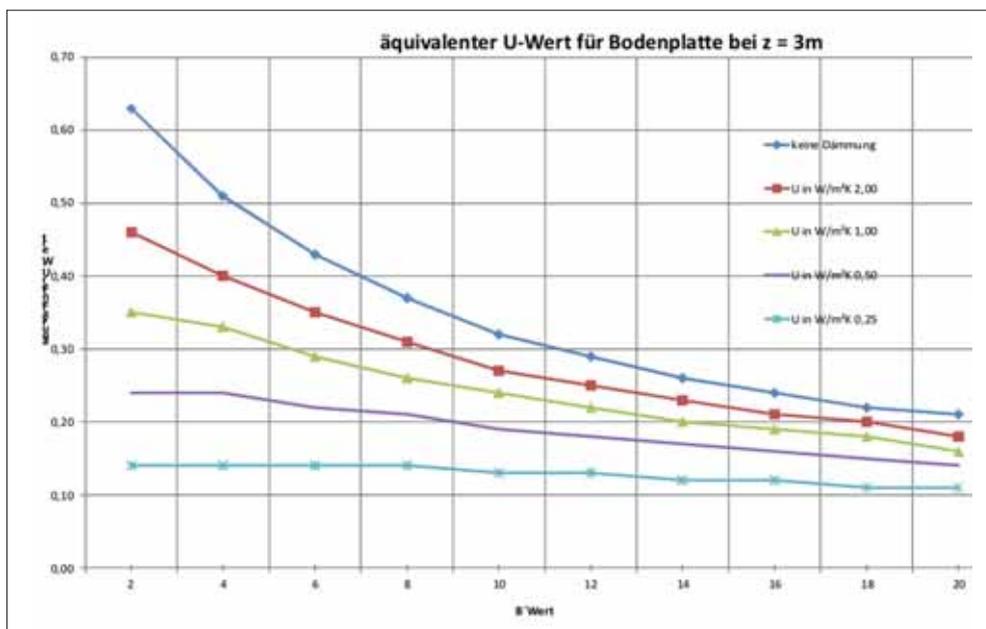
Die Norm-Außentemperatur für Werne wird laut DIN EN 12831 mit -12 °C angenommen. Einen Wohnraum setzt man üblicherweise mit 20 °C an. Die Temperaturdifferenz beträgt folglich 32 Kelvin (K). Das gleiche Haus, der gleiche Raum im Ort Wendelstein (Norm-Außentemperatur -20 °C) müsste für eine Temperaturdifferenz von 40 K berechnet werden.

Bei absolut gleichen Schichtaufbauten und damit identischen U-Werten der Außenwände und gleichen Innentemperaturen wäre also die Heizlast in Werne geringer als in Wendelstein. Dieser Zusammenhang ist wichtig für das Verständnis der nächsten Zeilen.

PROBLEMSTELLUNG BODENPLATTE

Was für die eben beschriebene Wand gilt, kann natürlich auch auf eine Bodenplatte übertragen werden.

In Deutschland bauen wir Häuser selten auf Stelzen. Die Bodenplatte berührt also in jedem Haus den Boden. Jedenfalls zwingen die Berechnungen des U-Wertes einer Bodenplatte immer dazu, konkret zu beschreiben, wo diese Bodenplatte sich befindet. Während hingegen eine Außenwand also durch die Schichtaufbauten eindeutig berechnet werden kann, ist der Wert für eine Bodenplatte erst dann endgültig erfassbar, wenn dieser an einem konkreten Einbauort eingesetzt wird. Der Grund dafür ist plausibel. Man kann eine Bodenplatte



Ein äquivalenter, also vergleichbarer U-Wert lässt sich berechnen, aus Tabellen entnehmen oder, wie hier, aus einem Diagramm ablesen

RAUM-HEIZLAST															
Wohneinheit: <ohne>		Raum-Nr.: 1.01				Bez.: Hobby									
Innentemperatur	θ_{int}	20 °C		Infiltration											
Mindest-Luftwechsel	n_{min}	0,50 h ⁻¹		Luftdichtheit		n_{50}	3,00 h ⁻¹								
Abmessungen				Koeffizient Abschirmklasse		e	0,02 -								
Raubbreite	b_R	4,20 m		Höhe über Erdreich		h	-1,25 m								
Raumlänge	l_R	4,00 m		Höhen-Korrekturfaktor		c	1,00 -								
Raumfläche	A_R	16,80 m ²		Mechanische Belüftung											
Geschosshöhe	h_G	2,70 m		Zuluft-Volumenstrom		\dot{V}_{zul}	m ³ /h								
Deckendicke	d	0,20 m		- Temperatur		θ_{ba}	°C								
Raumhöhe	h_R	2,50 m		- Korrekturfaktor		k_{ba}	-								
Raumvolumen	V_R	42,00 m ³		Abluft-Volumenstrom		\dot{V}_{ab}	m ³ /h								
Erdreich				Überströmung Nachbarräume		$\dot{V}_{ueberstr}$	m ³ /h								
Tiefe unter Erdreich	z	3,00 m		- Temperatur		$\theta_{ba,erd}$	°C								
Erdreich berührter Umfang	P	8,90 m		- Korrekturfaktor		$k_{ba,erd}$	-								
B'-Wert <input checked="" type="checkbox"/> raumweise	B'	4,45 m		mech. Infiltration von außen $\dot{V}_{mech,ext}$ m ³ /h											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ordnung	Bauteil	Anzahl	Breite	Länge/Höhe	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	grenz an	angrenzende Temperatur	Korrektur-Faktoren	U-Wert	Korrekturwert Wärmebrücken	korrigierter U-Wert	Wärmeverlust-Koeffizient	Transmissions-Wärmeverlust
		n	b	l/h	A_{brutto}	A_{abzug}	A_{netto}	e/f	θ_{a1}/θ_{a2}	e/b_1	U	ΔU_{WB}	U_{korrig}	H_T	Φ_T
			m		m ²			g/lj	°C	f_{a2}/f_1	W/(m ² ·K)		W/K	W	
N	AW	1	4,35	2,70	11,7	0,8	11,0	g		0,38	0,45	0,05	0,32	1,95	66
	AF	1	1,00	0,75	0,8		0,8	e		0,95	0,05	1,00	0,75	26	26
O	AW	1	4,55	2,70	12,3	0,8	11,5	g		0,38	0,45	0,05	0,32	2,05	70
	AF	1	1,00	0,75	0,8		0,8	e		0,95	0,05	1,00	0,75	26	26
S	IW	1	4,35	2,70	11,7		11,7	ij	18	0,06	1,50		1,50	1,04	35
W	IW	1	4,55	2,70	12,3	2,2	10,1	ij	15	0,15	1,50		1,50	2,22	76
	IT	1	1,00	2,20	2,2		2,2	ij	15	0,15	2,00		2,00	0,65	22
H	FB	1	4,35	4,55	19,8		19,8	g		0,38	0,45	0,05	0,24	2,60	88
TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST H_T / Φ_T														12,00	408

Mindest-Luftvolumenstrom	\dot{V}_{min}	21,00 m ³ /h	243
aus natürlicher Infiltration	\dot{V}_{inf}	5,04 m ³ /h	
aus mechanischem Zuluftvolumenstrom	$\dot{V}_{zul} \cdot f_{ab}$	m ³ /h	
aus mech. infiltriertem Volumenstrom	$\dot{V}_{mech,ext} \cdot \dot{V}_{mech,ext} / k_{ba,erd}$	m ³ /h	
thermisch wirksamer Luftvolumenstrom \dot{V}_{therm}		21,00 m³/h	
LUFTUNGSWÄRMEVERLUST H_V / Φ_V			7,14
NORM-HEIZLAST Φ_{HL}		38,7 W/m²	15,5 W/m²
ZUSATZ-AUFHEIZLEISTUNG Φ_{RH}		f_{RH}	W/m ²
AUSLEGUNGS-HEIZLEISTUNG $\Phi_{HL,Ausleg}$			651

Ein Beispiel für das Formblatt zur Heizlastberechnung zeigt, wie komplex dies sein kann. Aber keine Angst, der Computer fragt viele Zustände automatisch ab

ÄQUIVALENT, WAS SOLL DAS HEISSEN?

Äquivalent bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich eine Bodenplatte gleichwertig verhält wie ein Bauteil in normaler Umgebung. Konkret bedeutet das für die Berechnung nach Norm, dass eine Bodenplatte folgende drei verschiedenen U-Werte haben kann, bei völlig identischem Aufbau, aber in unterschiedlichen Einbautiefen.

Vorgabe: Der rechnerische U-Wert der Bodenplatte (auf Stelzen) sei 1,0 W/(m²K).

Dann ist der äquivalente oder vergleichbare U-Wert:

direkt auf dem Erdreich = 0,45 W/(m²K),

in 1,5 m Tiefe = 0,38 W/(m²K),

in 3,0 m Tiefe = 0,33 W/(m²K),

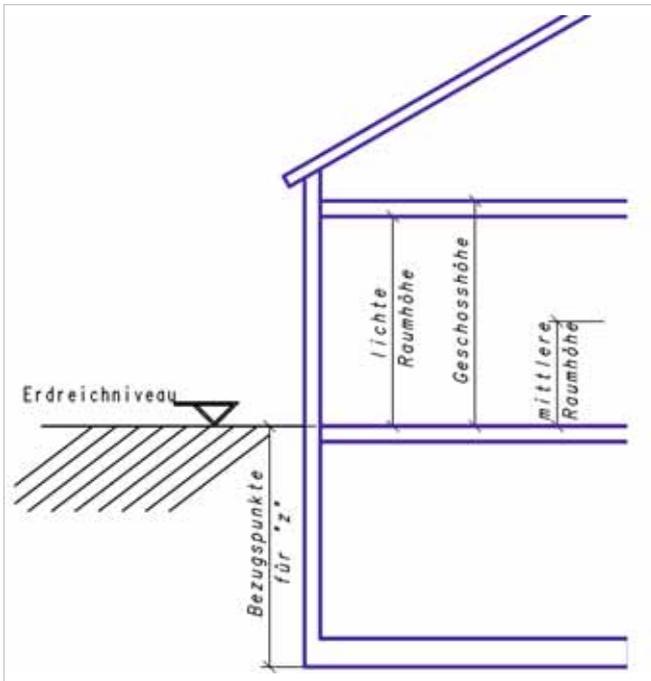
jeweils abgelesen für einen B'-Wert von 4 m.

direkt auf das Erdreich legen oder beispielsweise 3 m tief im Erdreich versenken. Jetzt dämmert es Ihnen schon! In 3 m Tiefe ist der Schutz durch das Erdreich vor Wärmeverlust eines Raumes nach außen natürlich größer als direkt an der Oberfläche. Das wird auch erfühlbar, wenn man an die frostfreie Tiefe der Böden in Deutschland denkt. Während es draußen bitterkalt sein kann, frieren die Versorgungsleitungen für Trinkwasser nicht ein. Die liegen geschützt im Erdreich in vielleicht 2 m Tiefe. Je tiefer man also buddelt, desto unabhängiger wird die Umgebungstemperatur von den Außentemperaturen. Und dies führt konkret bei einer Bodenplatte dazu, dass man einen sogenannten äquivalenten U-Wert berechnet. Der hängt dann wesentlich davon ab, wie tief die Bodenplatte versenkt wurde.

Die Bodenplatte mit dem recht schlechten U-Wert von 1,0 W/(m²K) verhält sich also in 3 m Tiefe wie eine hervorragend gedämmte Platte mit dem U-Wert von 0,33 W/(m²K). Das bedeutet natürlich nicht, dass man dort in einem modernen Gebäude den Kellerfußboden nicht mehr dämmen müsste. Das Beispiel ist willkürlich rausgepickt worden, um den Trend stellvertretend für alle Konstruktionen von Bodenplatten aufzuzeigen.

WAS BEDEUTET B'?

Der B'-Wert unter den eben genannten Ablesebeispielen für die drei äquivalenten U-Werte berücksichtigt auch noch die Geometrie, mit der ein Raum an das Erdreich grenzt. Ein Kellerraum an der Ecke eines Hauses mit angenommenen 10 m²



Grundfläche verhält sich bezogen auf das Erdreich anders als ein gleich großer Raum, der rechts und links von zwei beheizten Räumen eingeschlossen wird. Daher möchte die Norm bei ansonsten gleicher Grundfläche eben zusätzlich genannt bekommen, mit welcher Länge ein solcher Raum tatsächlich an das Erdreich grenzt. Daraus bildet sich dann der B'-Wert. Vertiefen muss man diesen Gedanken zum Verständnis der erdreichberührten Bauteile aber nicht.

WIE GEHT'S WEITER?

Ein Beispiel soll die letzten Geheimnisse noch lüften.

Voraussetzung:

Ein 10-Quadratmeter-Raum in einem Haus in Werne ist mit einer Innentemperatur von 20 °C vorgesehen worden.

Welche Leistung würde dieser Raum am Fußboden abgeben, ausgehend von einer Bodenplatte mit einem U-Wert von 1,0 W/(m²K).

Es sollte noch bekannt sein, wie tief der Grundwasserspiegel liegt, im Beispiel sei dieser in einer Tiefe von 1,0m unter der Bodenplatte. Das ergibt daher einen Zuschlag nach Norm von 15%. Bei Berührung mit dem Erdreich wird in Deutschland pauschal noch zusätzlich ein Zuschlag von 45% gerechnet. Zur Lösung dieses Problems muss auch noch bekannt sein, welche Jahresmitteltemperatur in Werne angenommen wird. Diese liegt bei 6,8 °C also rund 7 °C. Und für erdreichberührte Bauteile gilt dann sinnigerweise, dass diese nicht gegen die tiefste Außentemperatur kämpfen (in Werne -12 °C), sondern nur gegen die mittlere Außentemperatur (für Werne eben 7 °C)

Die zu berücksichtigenden Maße für eine Heizlastberechnung können Sie hier betrachten

Beispiel auf Stelzen

Die Bodenplatte auf Stelzen mit einem U-Wert von 1,0 W/(m²K) würde bei einer angenommenen Außentemperatur von -12 °C und einer Raumtemperatur von 20 °C rechnerisch 32 Watt pro Quadratmeter abgeben, also insgesamt 320 Watt.

Beispiel direkt auf Erdreich

Für den Raum ergibt sich die Heizlast unter der Berücksichtigung eines Zuschlages von 45% (in Deutschland als fester Wert) plus nochmals 15% wegen der Nähe des Grundwassers sowie in Abhängigkeit von milden 7 °C als Außentemperatur wie folgt:

$$H_{T,jg} = 1,45 \cdot 1,15 \cdot U_{\text{equiv,k}} \cdot A \cdot \Delta \bar{v}$$

$$H_{T,jg} = 1,45 \cdot 1,15 \cdot 0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)} \cdot 10 \text{ m}^2 \cdot 13 \text{ K}$$

$$H_{T,jg} = 97,5 \text{ W} \approx 98 \text{ W}$$

Beispiel für 1,5 m Tiefe

$$H_{T,jg} = 1,45 \cdot 1,15 \cdot 0,38 \text{ W/(m}^2\text{K)} \cdot 10 \text{ m}^2 \cdot 13 \text{ K}$$

$$H_{T,jg} = 82 \text{ W}$$

Beispiel für 3,0 m Tiefe

$$H_{T,jg} = 1,45 \cdot 1,15 \cdot 0,33 \text{ W/(m}^2\text{K)} \cdot 10 \text{ m}^2 \cdot 13 \text{ K}$$

$$H_{T,jg} = 72 \text{ W}$$

Das Einbuddeln hat also den Transmissionswärmeverlust des identisch aufgebauten Fußbodens erheblich verändert.

ZUSAMMENFASSUNG

Erdreichberührte Bauteile werden in einem komplexen Zusammenhang verwendet. Um den Transmissionswärmeverlust zu errechnen, werden einige Schritte benötigt:

- der Äquivalente U-Wert wird ermittelt,
- die mittlere Außentemperatur eingesetzt,
- die Nähe des Grundwassers wird berücksichtigt,
- für Deutschland wird ein Zuschlag vorgegeben.

Das schreckt zugegebenermaßen erstmal fürchterlich ab. In der Praxis wird aber mittels Software gearbeitet. Und die schleppt gewissermaßen die ganzen Zusammenhänge mit sich herum. Es gilt natürlich, diese Software entsprechend gut zu füttern. Da Sie spätestens jetzt die Zusammenhänge kennen, steht dem aber nichts mehr im Wege. ■