

Handbuch zum Berechnungsprogramm des Wärmedurchgangskoeffizienten für Stahlbeton-Sandwichplatten nach DIN EN ISO 6946 und DIN EN ISO 10211

Inhalt

1.	Anwendungsbereich und Inhalt	2
2.	Darstellung des Programmes USW_{int} (Integralverfahren)	3
2.1.	Eingabe des Projektes und der Geometriedaten auf Seite 1	3
2.2.	Eingabe der Bauteilschichtung ohne Ankersysteme auf Seite 1	5
2.3.	Eingabe des Ankersystems auf Seite 2	6
2.4.	Eingabe des Fugensystems / Plattenrandes auf Seite 2	7
2.5.	Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient auf Seite 2.....	8
3.	Darstellung des Programmes USW_{add} (Additionsverfahren)	8
4.	Hinweise zur energetischen Optimierung von Sandwichplatten.....	8
5.	Formel und Tabellen zur „Vorab-Bemessung“ von Sandwichplatten	9
6.	Anker-Typen.....	12
7.	Theoretischer Hintergrund	13
7.1.	Einleitung	13
7.2.	U-Wert einer Stahlbeton-Sandwichplatte	13
8.	Berechnungsbeispiel.....	17
9.	Haftung	18
10.	Softwarevoraussetzungen	18
11.	Impressum	18

1. Anwendungsbereich und Inhalt

Dieses Handbuch soll dem Nutzer Hinweise zur Berechnung des U-Wertes einer Stahlbeton-Sandwichplatte oder einer Fassade aus Stahlbeton-Sandwichplatten geben. Eine typische Stahlbeton-Sandwichfassade weist eine Vielzahl geometrisch unterschiedlicher Platten auf, welche somit ein individuelles thermisches Verhalten aufweisen. Die Berechnung eines Gesamt-U-Wertes muss somit die Wirkung aller Platten der Fassade beinhalten. Hierzu wurden zwei Verfahren entwickelt.

Verfahren	Integralverfahren	Additionsverfahren ¹⁾
Programm	USW_{int}	USW_{add}
Beschreibung	Direktberechnung der Gesamtfassade als Einzelplatte	Addition der Einzelplattenergebnisse
Auswahlkriterium / Anmerkung	Wenn die Schichtung (Vorsatz- und Tragschicht sowie Kerndämmung) aller Sandwichplatten der Fassade beinahe identisch ist und keine detaillierte Einzelplattenbetrachtung erfolgen soll. Dieses Verfahren ist wesentlich weniger zeitintensiv als das „Additionsverfahren“. Desweiteren ist eine Unterscheidung der vertikalen und horizontalen Fugensysteme möglich.	Wenn eine detaillierte Ermittlung der thermischen Wirkung der einzelnen Platten oder eine thermische Optimierung der Fassade gewünscht ist. Dieses Verfahren ist recht zeitaufwändig, bietet aber eine detaillierte Optimierung der Fassade bezüglich des Verhältnisses „Materialaufwand/Kosten“.
Vorgehen	Die gesamte Fassade wird wie „eine Platte“ berechnet.	Der U-Wert jeder einzelnen Platte der Fassade wird detailliert nach den oben beschriebenen Formeln berechnet. Anschließend wird ein flächengewichteter Mittelwert über alle Platte (die gesamte Fassade) gemäß gebildet.

¹⁾ Das Additionsverfahren ist in dieser Version nicht enthalten.

Die Programme wurden im Zuge einer Parameterstudie für Stahlbeton-Sandwichfassaden im Rahmen der Entwicklung des „Planungsatlas für den Hochbau“ (<http://planungsatlas-hochbau.de/>) der Beton Marketing Deutschland GmbH entwickelt und dient zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_{SW} von Stahlbeton-Sandwichplatten inklusive der zusätzlichen Wärmeverluste aus Ankersystemen und Stoßfugen unter stationären Klimarandbedingungen. Im Zuge von Wärmeschutznachweisen (z.B. gemäß Energieeinsparverordnung). Gegebenenfalls ist je nach Berechnungsverfahren noch ein Temperaturkorrekturfaktor bzw. Reduktionsfaktor anzusetzen.

Eingaben sind nur in den hellgelb markierten Zellen möglich.

2. Darstellung des Programmes USW_{int} (Integralverfahren)

2.1. Eingabe des Projektes und der Geometriedaten auf Seite 1

Unter ① kann eine kurze Beschreibung des Projektes eingegeben werden.

Unter ② ist eine Auswahl zu treffen, ob es sich bei dem zu berechnenden Objekt um eine „Einzelplatte“ oder eine „Fassade aus mehreren Platten“ handelt.

Unter ③ erfolgt die Eingabe der Breite und Höhe des Sandwichelements bzw. der Fassadenelemente. Es stehen 13 Felder zur Geometrieingabe zur Verfügung. Dabei werden die Höhe und Breite jeweils zu einer positiven Fläche berechnet. Gibt man hier einen negativen Wert ein, so führt dies zu einer negativen Fläche. So können Vorsprünge und Ausklinkenden berücksichtigt werden. Darüber hinaus können in 10 Feldern Fenster und Türen eingegeben werden. Diese werden automatisch zu einer negativen Fläche berechnet.

① Projekt: Test-Beispiel

② Eingabeform Eingabe einer Einzelplatte

③ Geometrieingabe

	Breite in m		Höhe in m		Fläche in m ²
Fläche 1	1 x	7,48	1 x	2,77	20,7
Fläche 2	1 x		1 x		
Fläche 3	1 x		1 x		
Fläche 4	1 x		1 x		
Fläche 5	1 x		1 x		
Fläche 6	1 x		1 x		
Fläche 7	1 x		1 x		
Fläche 8	1 x		1 x		
Fläche 9	1 x		1 x		
Fläche 10	1 x		1 x		
Fläche 11	1 x		1 x		
Fläche 12	1 x		1 x		
Fläche 13	1 x		1 x		
Fenster 1	1 x	1,17	1 x	1,20	-1,4
Fenster 2	3 x	1,20	1 x	1,20	-4,3
Fenster 3	1 x		1 x		
Fenster 4	1 x		1 x		
Fenster 5	1 x		1 x		
Fenster 6	1 x		1 x		
Fenster 7	1 x		1 x		
Fenster 8	1 x		1 x		
Fenster 9	1 x		1 x		
Fenster 10	2 x		2 x		
$\Sigma =$					15,0

Gesamtlänge der horizontalen Plattenstöße $l_{PRand,h} = 15,0$ m

Gesamtlänge der vertikalen Plattenstöße $l_{FRand,v} = 5,5$ m

2.2. Eingabe der Bauteilschichtung ohne Ankersysteme auf Seite 1

In ④ erfolgt die Eingabe der Bauteilschichtung mit Angabe der Schichtdicken der Vorsatz- und Tragschicht sowie der Kerndämmung. Desweiteren kann die Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung und ggf. der innere Wärmeübergangswiderstand angepasst werden. Die Berechnung des „ungestörten“ Wärmedurchgangskoeffizienten U_0 erfolgt automatisch.

④ Bauteilschichtung

Bauteilschicht n	d_n in m	λ_n in W/mK	$R_n = d_n / \lambda_n$ in K/W
			$R_{si} = 0,13$
Vorsatzschicht	0,08	2,30	0,03
Kerndämmung	0,12	0,035	3,43
Tragschicht	0,20	2,30	0,09
			$R_{se} = 0,04$
			$R_{ges} = 3,72$

$U_0 = 0,269 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.3. Eingabe des Ankersystems auf Seite 2

Unter ⑤ findet die für jede Platte individuell einzugebende Konfiguration des Ankersystems statt. In der ersten Spalte ist der Ankertyp zuzuordnen (eine Beschreibung der Kürzel ist unter dem Verweis [Ankertyp](#) zu finden).

Die geometrischen Angaben - die Blechdicke t , die Blechbreite B bzw. der Durchmesser D – jedes Ankertyps erfolgen anhand einer Auswahlliste, welche stets nur die für den Ankertyp zulässigen Werte zur Auswahl bereitstellt. Die Anzahl der Ankertypen ist unter „n“ anzugeben. Bei Anordnung von Ankergruppen (z.B. bei Nadelpaaren am Plattenrand) zählt jede Nadel einzeln.

Für bestimmte Ankertypen können unter „Hinweise“ noch Anmerkungen zum jeweils Typ aufgezeigt werden, welche es ggf. gilt zu berücksichtigen.

Die Berechnung des zusätzlichen Wärmeverlustes aus Ankersystemen ΔU_{Ank} erfolgt automatisch.

⑤ Beschreibung des Ankersystems						Konstruktionsgrundsätze										
Ankertyp	t / Ø in mm	D / L in mm	n	A_{Ank} in cm ²	χ_{Ank} in W/K	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hinweise</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td>Bei Ankergruppen, jeden Anker einzeln zählen.</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </tbody> </table>	Hinweise			Bei Ankergruppen, jeden Anker einzeln zählen.						
Hinweise																
Bei Ankergruppen, jeden Anker einzeln zählen.																
MA	1,5	178	1	8,46	0,075											
FA	2,0	160	2	6,40	0,056											
VN	4,0		54	13,57	0,133											
Summe des ges. Ankersystems:				28,43	0,265	$\Delta U_{\text{Ank}} = 0,018 \text{ W/m}^2\text{K}$										
Anteil an der Gesamtplatte:				0,02%												

2.4. Eingabe des Fugensystems / Plattenrandes auf Seite 2

Unter ⑥ erfolgt die Eingabe der geometrischen und materialbedingten Ausführung des Plattenrandes (des Fugensystems) mit Angabe der Fugendicke und -füllung. Die eingabe kann für **vertikale** und **horizontale** Fugen getrennt vorgenommen werden. Neben der Füllung mit Dämmstoff besteht für Bestandsgebäude noch die Möglichkeit eine mit Luft gefüllte Fuge auszuwählen. Je nach Belüftungsart ist zwischen den folgenden zwei Belüftungen zu unterscheiden.

„ruhende Luftschicht“:

ist von der Umgebung abgeschlossen oder besitzt nur kleine Öffnungen zur Außenumgebung. Kleine Öffnungen sind z.B. Entwässerungs- oder Drainageöffnungen bzw. Öffnungen von maximal 500 mm² je m Länge bei vertikalen bzw. 500 mm² je m² Fläche bei horizontal und bis 30° geneigten Bauteilflächen.

„Schwach belüftete Luftschicht“:

besitzt Öffnungen von bis zu 1.500 mm² je m Länge (1.500 mm² je m² Fläche).

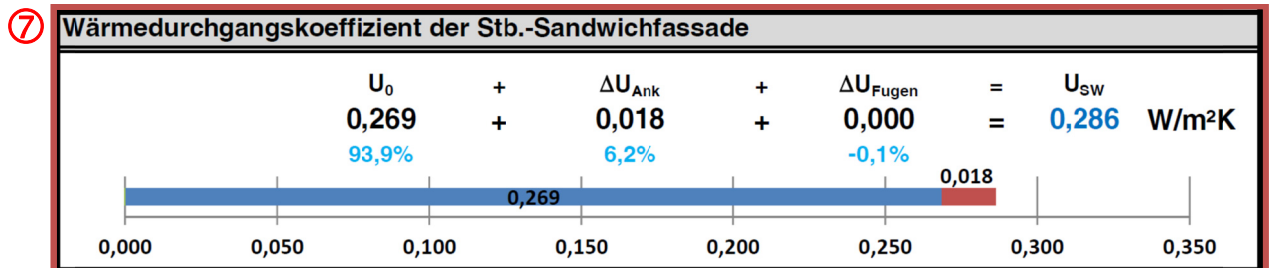
⑥ Ausführung der **vertikalen** und **horizontalen** Plattenstöße (Fugenausführung)

	horizontal	vertikal	
Fugenausführung	Mit Dämmung	Mit Dämmung	
Wärmeleitfähigkeit der Dämmung	$\lambda_{\text{Fugen}} = 0,035$	$0,035$	W/mK
Wärmeleitfähigkeit der Luftschicht			W/mK
Breite der Fuge	$b_{\text{Fugen}} = 30$	30	mm
Linearer Wärmedurchgangskoeffizient	$\psi_{\text{Fugen}} = 0,000$	$0,000$	W/mK
U-Wert-Zuschlag	$\Delta U_{\text{Fugen}} = 0,000$	$0,000$	W/m ² K

Hier wird davon ausgegangen, dass die Dicke und Füllung der Plattenstöße innerhalb eines Projektes für alle Platten identisch ist. Die Berechnung des zusätzlichen Wärmeverlustes aus Fugen ΔU_{Fugen} erfolgt automatisch.

2.5. Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient auf Seite 2

Unter ⑦ wird der Gesamt-Wärmedurchgangskoeffizient U_{SW} anhand der Summe des ungestörten U-Wertes und den zusätzlichen Wärmeverlusten aus Anker- und Fugen angezeigt. Zur besseren Einschätzung der Wirkung der zusätzlichen Wärmeverluste wird dieser als Balkendiagramm dargestellt.



3. Darstellung des Programmes USW_{add} (Additionsverfahren)

Das Programm ist in dieser Version nicht enthalten.

4. Hinweise zur energetischen Optimierung von Sandwichplatten

Für die energetische Optimierung von Stahlbeton-Sandwichfassaden sind abschließend die folgenden Konstruktionsgrundsätze zu berücksichtigen:

- Es sind ausschließlich gedämmte Fugensysteme einzuplanen.
- Die Fugensysteme sind derart zu planen, dass sie dauerhaft dicht und tauwasserfrei bleiben.
- Die Anzahl der Anker und die Anzahl der Stoßfugen sind aus energetischer Sicht zu minimieren.
- Der Einsatz von SPA 1 / SPA 2–Ankern führt zu niedrigeren zusätzlichen Wärmeverlusten des gesamten Ankersystems.

5. Formel und Tabellen zur „Vorab-Bemessung“ des U-Wertes von Sandwichplatten

Bei der Erstellung moderner, beheizter Gebäude ist es bereits in einer frühen Planungsphase notwendig, eine zuverlässige Aussage über die Qualität (das Dämmniveau) der dämmenden Hüllfläche mitsamt deren geometrischen Werten treffen zu können. Um nun eine für das geforderte Dämmniveau optimierte Gebäudehülle aus Sandwichplatten anbieten zu können, wurde Gl. 4 zur „Vordimensionierung“ erstellt. In einem ersten Schritt ist während der Planungs- bzw. Ausschreibungsphase das Dämmniveau anhand des geforderten U-Wertes zu ermitteln. Anhand dieses Wertes kann die „Sandwichhülle“ dann nach Gl. 4 und Tabelle 4 bemessen werden.

Alle Konfigurationen erzeugen „auf der sicheren Seite liegende“ U-Werte. Eine spätere detaillierte Berechnung des Projektes mittels dieses Programmes wird geringere und somit günstigere Werte erzeugen.

$$U'_{SW,approx} = f_{Vordim} \cdot U_0 \quad \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad \text{Gl. 4}$$

mit

$U'_{SW,approx}$ Für die gesamte aus Sandwichplatten bestehende (dämmende) Hüllfläche geforderter Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2 \cdot K)$

U_0 „Ungestörter“ Wärmedurchgangskoeffizient der Sandwichplatte in $W/(m^2 \cdot K)$ gemäß DIN EN ISO 6946 OHNE Berücksichtigung der Anker- oder Fugenverluste

f_{Vordim} Dimensionsloser Faktor, der pauschal die zusätzlichen Wärmeverluste aus Anker- und Fugenverlusten berücksichtigt, nach Tabelle 4

Tabelle 4: Ausführung mit „gedämmten Fugen“			
Dicke der Kerndämmung d_{KD} in [m]	Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung λ_{KD} in [m]	f_{Vordim} [-] *	
		SPA- und Delta-Anker	Sonst
0,04	0,040	1,02	1,04
	0,035	1,03	1,05
	0,030	1,03	1,06
	0,024	1,05	1,09

Tabelle 4: Ausführung mit „gedämmten Fugen“			
Dicke der Kerndämmung d_{KD} in [m]	Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung λ_{KD} in [m]	f_{Vordim} [-] *	
		SPA- und Delta-Anker	Sonst
0,06	0,040	1,03	1,05
	0,035	1,04	1,06
	0,030	1,04	1,07
	0,024	1,05	1,09
0,08	0,040	1,03	1,05
	0,035	1,03	1,06
	0,030	1,04	1,07
	0,024	1,05	1,10
0,10	0,040	1,03	1,05
	0,035	1,03	1,06
	0,030	1,04	1,08
	0,024	1,05	1,10
0,12	0,040	1,03	1,06
	0,035	1,04	1,07
	0,030	1,04	1,08
	0,024	1,06	1,11
0,14	0,040	1,03	1,06
	0,035	1,04	1,07
	0,030	1,04	1,08
	0,024	1,05	1,11
0,16	0,040	1,03	1,06
	0,035	1,03	1,07
	0,030	1,05	1,09
	0,024	1,06	1,12
0,18	0,040	1,03	1,06
	0,035	1,04	1,08
	0,030	1,04	1,09
	0,024	1,06	1,12



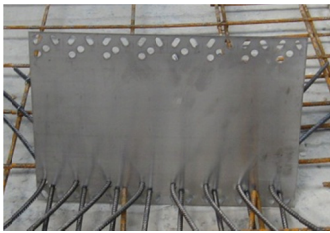


Tabelle 4: Ausführung mit „gedämmten Fugen“			
Dicke der Kerndämmung d_{KD} in [m]	Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung λ_{KD} in [m]	f_{Vordim} [-] *	
		SPA- und Delta-Anker	Sonst
0,20	0,040	1,04	1,07
	0,035	1,04	1,08
	0,030	1,05	1,10
	0,024	1,07	1,13
0,22	0,040	1,03	1,07
	0,035	1,04	1,08
	0,030	1,05	1,10
	0,024	1,06	1,13
0,24 / 0,25	0,040	1,04	1,08
	0,035	1,05	1,09
	0,030	1,06	1,11
	0,024	1,07	1,14

* Für die Ermittlung der Werte wurde eine 7 cm dicke Vorsatzschicht, eine 12 cm dicke Tragschicht und ein gedämmtes, 3 cm dickes Fugensystem mit einer Dämmung WLG 040 angesetzt. Für abweichende Ausführungen liegen die Werte teils deutlich „auf der sicheren Seite“.

Beispiel: Für ein Gebäude mit 510 m² Fassadenfläche und einer 16 cm dicken Kerndämmung WLG 040 ergibt sich ein Wert von $f_{Vordim} = 1,06$ im Zuge der Vorbemessung. Eine spätere detaillierte Berechnung ergibt einen Wert von 1,03, was somit eine Verringerung um weitere 3 % ausmacht.

Tabelle 4: Ausführung mit „Stehender Luftschicht“ (Bestand)		
Dicke der Kerndämmung WLG 040 d_{KD} in [m]	f_{Vordim} [-]	
	SPA- und Delta-Anker	Sonst
0,04	1,06	1,08
0,08	1,06	1,09
0,10	1,06	1,10
0,12	1,07	1,11

6. Anker-Typen

Thermisch zu berücksichtigenden Ankertypen mit Benennung verschiedener Hersteller (Bilder: Benno Drössler GmbH & Co. Bauunternehmung KG, Pfeifer Hebeteknik GmbH, Halfen GmbH)		
Kürzel	Bild	Herstellerbenennung
MA		Manschettenanker / Manschettenverbundanker / Zylinderanker
DA		Delta-Anker
FA		Flachanker
SPA 1 und SPA 2		Sandwichplatten-Traganker / Sandwichplattenanker
VN		Verbundnadeln / Verbundbügel / Anstecknadeln / Verbundankernadeln

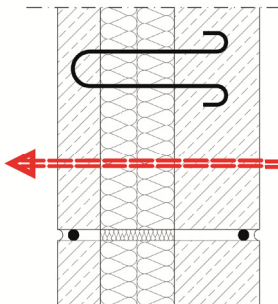
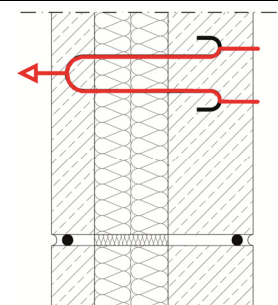
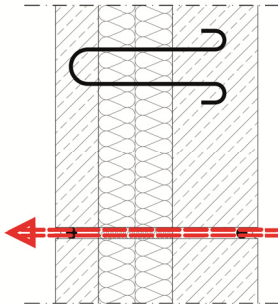
7. Theoretischer Hintergrund

7.1. Einleitung

Die linien- und punktförmigen Wärmeverluste infolge von Diskontinuitäten in den Stahlbeton-Sandwichelementen lassen sich durch aufwändige rechnergestützte Berechnungen auf der Basis der Methode der Finiten Elemente (FEM) gemäß DIN EN ISO 10211 sehr genau ermitteln. Diese recht umfangreichen Berechnungen sind in der Praxis für einzelne Platten vielleicht noch durchführbar, für ganze Fassaden führt der Aufwand in der Regel jedoch vor dem wirtschaftlichen Hintergrund in unrealistische Größenordnungen. Daher ist der hier verfolgte Ansatz der, die präzisen thermischen Einflüsse der unterschiedlichen Anker- und Fugensysteme für alle auftretenden geometrischen und konstruktiven Randbedingungen zu ermitteln, diese formeltechnisch zu beschreiben und in einem „Verfahren zur Berechnung des U-Wertes von Stahlbeton-Sandwichelementen“ allgemeingültig abzubilden.

7.2. U-Wert einer Stahlbeton-Sandwichplatte

Der U-Wert einer Stahlbeton-Sandwichplatte setzt sich aus den drei in Tabelle 5-1 aufgeführten Anteilen zusammen.

Tabelle 5-1: U-Wert eines Stahlbeton-Sandwichelements in W/(m ² ·K)	
Anteil	Bild / Näherungsgleichung
1 U_0 Verlust über die homogenen Schichten j	 $U_0 = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$
2 ΔU_{Ank} Verlust über die Anker	 $\Delta U_{Ank} = \frac{\sum_i n_i \cdot \chi_{Ank,i}}{A_{ges}}$ <p>mit</p> $\sum_i n_i \cdot \chi_{Ank,i} = n_{MVA} \cdot \chi_{Ank,MVA} + n_{DA} \cdot \chi_{Ank,DA} + n_{FA} \cdot \chi_{Ank,FA}$ $+ n_{SPA} \cdot \chi_{Ank,SPA} + n_{Nadeln} \cdot \chi_{Nadeln}$ $\chi_{Ank,i,cal} = \frac{A_{Ank,i}^{f_{Ank,i,3}}}{f_{Ank,i,1} \cdot d_{KD}^{f_{Ank,i,2}}} \cdot \left(\frac{R_{KD}}{R_0} \right)^{f_{Ank,i,4}} + \frac{\lambda_{KD}^{f_{Ank,i,6}}}{f_{Ank,i,5}}$
3 ΔU_{Fugen} Verlust über die Plattenränder (Fugen)	 $\Delta U_{Fugen} = \frac{\psi_{Fugen,cal} \cdot \ell_{Fugen}}{A_{ges}}$ <p>mit</p> $\psi_{Fugen,cal} = 0,124 \cdot \frac{b_{Fugen}^{0,455} \cdot \lambda_{Fugen}^{0,306} \cdot \lambda_{KD}^{0,213}}{d_{KD}^{0,594}}$ $- 0,036 \cdot (1 - 1,848 \cdot d_{KD}^{0,703}) \cdot (1 + 1,165 \cdot b_{Fugen}^{0,516})$ $\cdot \left(1 - \frac{0,015}{\lambda_{KD}^{0,973}} \right) \cdot (1 + 0,285 \cdot \lambda_{Fugen}^{1,407})$

Formelbasis gemäß Bericht "Entwicklung eines Berechnungsprogrammes für den Wärmedurchgangskoeffizienten von Beton-Sandwichplatten nach DIN EN ISO 6946 und DIN EN ISO 10211", Ingenieurgesellschaft Willems und Schild GmbH, März 2010, Bochum

mit

$\lambda_{\text{Ank},i,\text{cal}}$ Punktueller Wärmedurchgangskoeffizient eines Ankers des Typ i in W/K, mittels approximiertem Verfahren berechnet

$\Psi_{\text{Fugen},\text{cal}}$ Linearer Wärmedurchgangskoeffizient der Fuge in W/(m·K), mittels approximiertem Verfahren berechnet. Formel gilt für die Berechnung einer gesamten Fassade aus mehreren Stahlbeton-Sandwichplatten. Bei der Berechnung einer einzelnen Platte kann der ψ -Wert

$\lambda_{\text{Ank},i}$ Wärmeleitfähigkeit des Befestigungselemente, hier 17 W/(m·K)

$A_{\text{Ank},i}$ Querschnittsfläche des Befestigungselementes in cm²

d_{KD} Dicke der Kerndämmung, die das Befestigungselement enthält in m

R_{KD} Wärmedurchlasswiderstand der vom Befestigungselement durchdrungenen Dämmschicht in (m²·K)/W mit

$$R_{\text{KD}} = \frac{d_{\text{KD}}}{\lambda_{\text{KD}}}$$

R_0 Wärmedurchgangswiderstand des Bauteils ohne Berücksichtigung von Wärmebrücken in (m²·K)/W mit

$$R_0 = R_{\text{si}} + \frac{d_{\text{TS}}}{\lambda_{\text{TS}}} + \frac{d_{\text{KD}}}{\lambda_{\text{KD}}} + \frac{d_{\text{VS}}}{\lambda_{\text{VS}}} + R_{\text{se}}$$

$f_{\text{Ank},i}$ Faktoren $f_{\text{Ank},i,1}$ bis $f_{\text{Ank},i,6}$ für die unterschiedlichen Ankertypen mit

Ankertyp	$f_{\text{Ank},i,1}$	$f_{\text{Ank},i,2}$	$f_{\text{Ank},i,3}$	$f_{\text{Ank},i,4}$	$f_{\text{Ank},i,5}$	$f_{\text{Ank},i,6}$
	[-]					
MA	411,479	0,690	0,973	1,415	12	6,4
DA	699,990	0,941	0,919	2,848		6,0
FA	411,463	0,744	0,898	2,216		6,4
SPA 1 und SPA 2	722,101	0,834	0,927	1,788		6,4
VN	599,296	0,897	0,944	2,686		6,4

λ_{KD} Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung in W/(m·K)

λ_{Fugen} Wärmeleitfähigkeit der Fugendämmung in W/(m·K) wobei für ungedämmte Fugensysteme gilt:

$$\lambda_{\text{Fugen}} = \lambda_{\text{Fugen},\text{equ}} = \frac{t}{R_{\text{eq}}} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$$

b_{Fugen} Dicke des Fugensystems in m

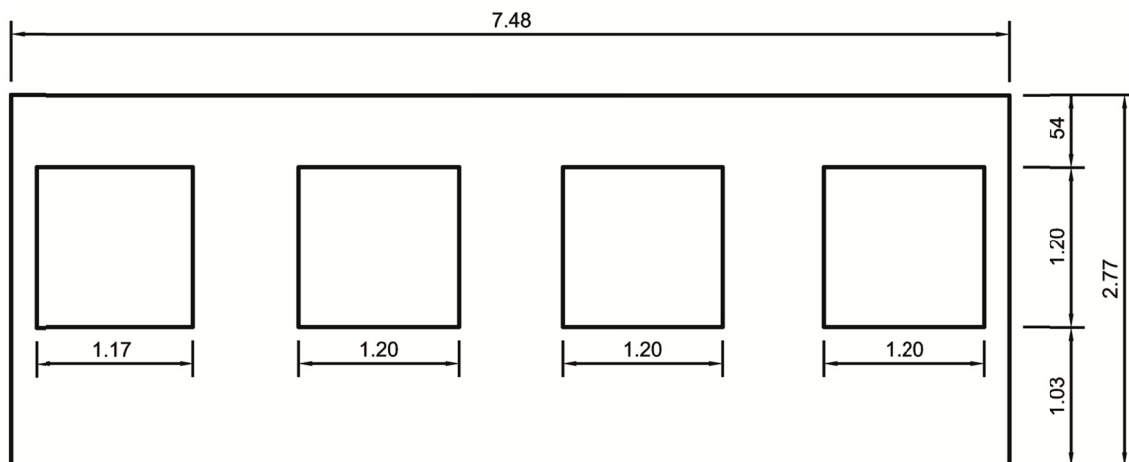
λ_{Fugen}	Länge des betrachteten Fugensystems in m
t	Tiefe der Luftschicht (Fuge) in m
R_{eq}	äquivalenter Wärmedurchlasswiderstand vereinfacht angenommen: Stehende Luftschicht: $R_{\text{eq}} = 0,18 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ Schwache Belüftung: $R_{\text{eq}} = 0,09 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$
A_{ges}	Fläche des gesamten Bauteils in Wärmestromrichtung in m ²

Anmerkung: Die Halbierung des ψ -Wertes resultiert aus dem einfachen Sachverhalt, dass der zusätzliche Wärmeverlust immer auf zwei Platten „aufgeteilt“ werden muss.

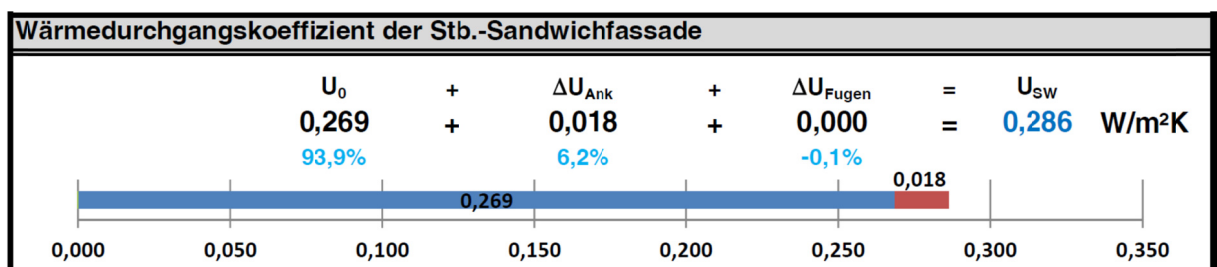
8. Berechnungsbeispiel

Zur Darstellung der Zusammenhänge und Eichung des Programmes sei das folgende Beispiel gegeben. Betrachtet wird die dargestellte Sandwichplatte mit den folgenden Kenndaten:

- Plattenfläche abzüglich der Fenster: 15,0 m²
- Gesamtlänge der horizontalen/vertikalen Plattenstöße: 15,0 / 5,5 m
- Die Fugenbreite beträgt 30 und wird mit einer Dämmung WLG 035 ausgeführt
- Dicke der Vorsatz- / Tragschicht: 8 / 20 cm
- Dicke der Kerndämmung: 12 cm
- Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung: 0,035 W/(m·K)
- Ankerkonfiguration: 1 x TOA mit d = 178 mm; 2 x TA (als Flachanker) mit h = 160 mm; 54 x HA mit einer Stabdicke t = 4 mm.



Es ergeben sich die unter Kap. 2 aufgeführten Werte und als Gesamtergebnis:



Für dieses Beispiel ergibt sich somit eine Erhöhung des ungestörten U-Wertes um 6%.

9. Haftung

Trotz der Bemühungen um eine hohe Qualität der Datensätze, Berechnungsalgorithmen und weiterführenden Informationen übernehmen die Entwickler und Herausgeber keine Gewähr oder Haftung für die Richtigkeit, Aktualität oder Vollständigkeit der in diesem Programm enthaltenen Inhalte und Informationen. Der Anwender lädt und verwendet die Software auf eigenes Risiko. Der Herausgeber haftet nicht für unrichtige Angaben, Rechenfehler und Schäden jeder Art, die sich aus der Anwendung des Programms ergeben. Die Inhalte entbinden den Nutzer des Programms nicht von der projektbezogenen planerischen Leistung und/oder seiner Pflicht zur Prüfung und Anwendung der einschlägigen Vorschriften.

10. Softwarevoraussetzungen

Das Berechnungsprogramm liegt als Microsoft-Excel®-Blatt vor. Zur Nutzung wird das Programm Microsoft-Excel® 2003 oder eine aktuellere Version benötigt.

11. Impressum

Herausgeber

- BetonMarketing Deutschland GmbH, Steinhof 39, 40699 Erkrath, <http://www.beton.org>
- Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteiltbau e. V., Schloßallee 10, 53179 Bonn, www.fdb-fertigteiltbau.de

Konzept, Gestaltung, Programmierung

IWS Ingenieurgesellschaft Willems und Schild GmbH, Lyrenstraße 13, 44866 Bochum-Wattenscheid, Dipl.-Ing. Georg Hellinger, <http://www.ing-ws.de>