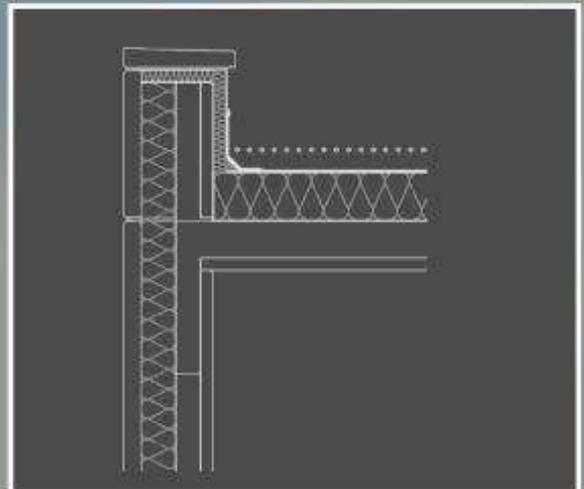
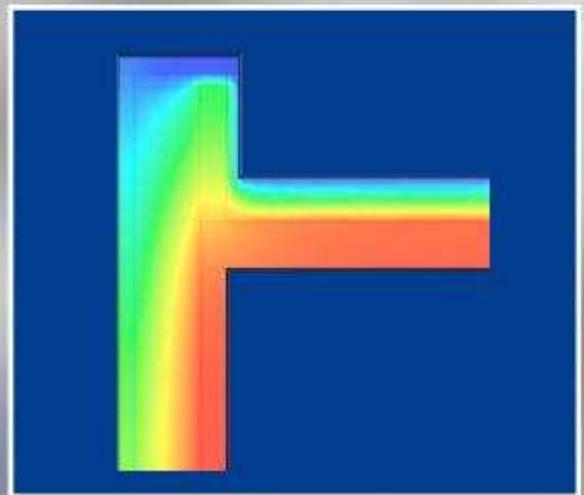


Wärmebrückenatlas für Thermowände  
**Wärmebrückenatlas für Thermowände**



## Wärmebrückenatlas für Thermowände

Stand 18. Dezember 2013

### Inhalt

1	Zielsetzung .....	3
2	Größen für das Nachweisverfahren.....	3
2.1	Wärmedurchgangskoeffizient .....	3
2.2	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient.....	5
2.3	Zuschläge für Befestigungsmittel und Fugen .....	6
3	Berechnungsbeispiel .....	8
3.1	Bauteil Aufbau.....	9
3.2	Spezifischer Transmissionswärmeverlust durch Bauteilflächen .....	11
3.3	Transmissionswärmeverlust durch Wärmebrücken, Fugen und Befestigungsmittel .....	12
3.4	Gesamter spezifischer Transmissionswärmeverlust .....	16
3.5	Bewertung der Ergebnisse .....	17
4	Anhang .....	18
4.1	Randbedingungen und Hinweise zur Berechnung.....	18
4.2	Details.....	19
4.3	Wandtypen a1 und b1 .....	38
4.4	Optimierte Variante des Berechnungsbeispiels .....	40
5	Quellen .....	44

**Bauphysikalische Größen**

<b>Symbol</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Einheit</b>
$F_x$	Temperaturkorrekturfaktor	-
$H_T$	Spezifischer Transmissionswärmeverlust	W/K
$L_{2D}$	Thermischer Leitwert aus 2D-Berechnung	W/(mK)
$R$	Wärmedurchlasswiderstand	m <sup>2</sup> K/W
$R_{se}$	Äußerer Wärmeübergangskoeffizient	m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$	Innerer Wärmeübergangskoeffizient	m <sup>2</sup> K/W
$U$	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m <sup>2</sup> K)
$U_0$	Wärmedurchgangskoeffizient, ungestört	W/(m <sup>2</sup> K)
$\psi$	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	W/(mK)
$\Delta\psi_B$	Längenbezogener Zuschlag für Befestigungsmittel	W/(mK)
$\Delta\psi_F$	Längenbezogener Zuschlag für Fugen	W/(mK)

## 1 Zielsetzung

Laut Energieeinsparverordnung ist der Einfluss von konstruktiven Wärmebrücken auf den Jahresheizwärmebedarf so gering wie möglich zu halten und der verbleibende Einfluss beim Nachweis zu berücksichtigen. Der Nachweis kann über pauschale Zuschläge oder als genauer Nachweis geführt werden. Insbesondere bei sehr energieeffizienten Gebäuden ist der genaue Nachweis unabdingbar. Hierzu sind alle relevanten Anschlussdetails entsprechend zu planen und der jeweilige längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient ( $\psi$ -Wert) entsprechend zu bestimmen.

Stahlbeton-Sandwichelemente sind in der Regel so aufgebaut, dass Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) nicht einfach nach DIN EN ISO 6946 für ein homogen geschichtetes Bauteil bestimmt werden können. Dies gilt auch für Thermowände. Hier sind es Gitterträger, Transportanker, Verbundnadeln und Perfect-Stäbe (nur Fassadenplatte Syspro-Perfect), die zu einer Erhöhung des Wärmedurchgangskoeffizienten führen. Hinzu kommt der Einfluss der Fugen zwischen den einzelnen Wandelementen.

Im Folgenden wird ein Verfahren vorgestellt, in dem die Zuschläge für Befestigungsmittel über einen längenbezogenen Zuschlag, der sich an den Längen der Thermowand orientiert, erfasst werden. Dies hat den Vorteil, dass der Wärmedurchgangskoeffizient auf einfache Art und Weise als homogen geschichtetes Bauteil ermittelt werden kann.

Der Einfluss der Fugen wird mithilfe eines Zuschlages über die Länge der Fuge erfasst.

Die Anwendung des Verfahrens wird an einem kurzen Beispiel demonstriert. Die hierzu notwendigen Details sind im Anhang zu finden.

## 2 Größen für das Nachweisverfahren

### 2.1 Wärmedurchgangskoeffizient

Nach DIN EN ISO 6946 lässt sich der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils aus homogenen Schichten wie folgt bestimmen:

$$U_0 = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{se}}$$

Dabei bedeuten:

$U_0$	Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2K)$ ohne Einfluss von Befestigungsmitteln
$R_{si}$	Innerer Wärmeübergangswiderstand in $m^2K/W$
$R_{se}$	Äußerer Wärmeübergangswiderstand in $m^2K/W$
$R$	Wärmedurchlasswiderstand einer Schicht in $m^2K/W$

Beispiele für  $U_0$ -Werte unterschiedlicher Wandaufbauten sind in Tabelle 1 zu finden.

Tabelle 1

Beispiele für  $U_0$ -Werte unterschiedlicher Wandaufbauten<sup>1)</sup>

Obergeschoß mit EPS WLG 035

Dämmung in m	Betondicke in m	Gesamtdicke in m	$U_0$ -Wert in W/(m <sup>2</sup> K)
0,10	0,26	0,36	0,32
0,14	0,26	0,40	0,23
0,20	0,25	0,45	0,17
0,25	0,20	0,45	0,14

Kellergeschoß mit XPS Dow X-Energy WLG 032

Dämmung in m	Betondicke in m	Gesamtdicke in m	$U_0$ -Wert in W/(m <sup>2</sup> K)
0,10	0,26	0,36	0,30
0,14	0,28	0,42	0,22
0,20	0,25	0,45	0,15

Rockwool Betorock WLG 041

Dämmung in m	Betondicke in m	Gesamtdicke in m	$U_0$ -Wert in W/(m <sup>2</sup> K)
0,10	0,26	0,36	0,37
0,14	0,28	0,42	0,27

Passivhaus-Standard mit Kingspan Kooltherm K5 WLG 022

Dämmung in m	Betondicke in m	Gesamtdicke in m	$U_0$ -Wert in W/(m <sup>2</sup> K)
0,14	0,26	0,40	0,15
0,20	0,25	0,45	0,11
0,25	0,20	0,45	0,09

<sup>1)</sup>  $U_0$  = ohne Zuschläge für Befestigungsmittel

## 2.2 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient

Nach DIN EN ISO 10211 ist der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient (früher Wärmebrückenverlustkoeffizient) wie folgt zu bestimmen:

$$\psi = L_{2D} - \sum_{i=1}^{N_i} U_i \cdot l_i$$

Dabei bedeuten:

$\psi$	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient in W/(mK)
$L_{2D}$	thermischer Leitwert aus 2D-Berechnung in W/(mK)
$U$	Wärmedurchgangskoeffizient in W/(m <sup>2</sup> K)
$l$	Länge der Wärmebrücke in m

Der  $\psi$ -Wert beschreibt die Differenz zwischen der genauen Berechnung einer Wärmebrücke mit Hilfe eines Finite-Elementen-Programms und des bereits erfassten Einflusses über den U-Wert des Bauteils. Im Rahmen eines Nachweises sind u. A. die folgenden Wärmebrücken zu erfassen:

- Gebäudekanten
- Fenster- und Türleibungen
- Wand- und Deckeneinbindungen
- Deckenaufleger
- wärmetechnische entkoppelte Balkonplatten

Die Erfassung von Wärmebrücken kann mit Hilfe von Katalogen, die bereits berechnete Wärmebrücken enthalten, deutlich vereinfacht werden. Im Planungsatlas für den Hochbau ([www.planungsatlas-hochbau.de](http://www.planungsatlas-hochbau.de)) sind  $\psi$ -Werte für Stahlbeton-Sandwichelemente enthalten. Eine Voraussetzung für deren Anwendung ist, dass die jeweiligen Details in ihrer Geometrie und ihren thermischen Eigenschaften übereinstimmen. Für das Berechnungsbeispiel in Kapitel 3 wurden die  $\psi$ -Werte der Wärmebrücken dem Planungsatlas für den Hochbau entnommen und durch eine Vergleichsrechnung mit der Software PSI-Therm auf ihre Anwendbarkeit bei Thermowänden überprüft. Nicht vorhandene Details wurden gesondert berechnet.

Der spezifische Transmissionswärmeverlust durch Wärmebrücken ergibt sich DIN 4108-6:

$$H_{WB} = \sum \psi \cdot l$$

Dabei bedeuten:

$H_{WB}$	spezifischer Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrücken in W/K
$\psi$	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient in W/(mK)
$l$	Länge der Wärmebrücke in m

### 2.3 Zuschläge für Befestigungsmittel und Fugen

Der Einfluss von Befestigungsmitteln wie Gitterträger, Transportanker, Verbundnadeln und Perfect-Stäben wird als Zuschlag bei der Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlusts erfasst. Dabei erfolgt der Zuschlag als längenbezogener Zuschlag in Abhängigkeit der Gesamtlänge<sup>1</sup> der Thermoelemente.

$$H_{T, \text{Befestigung}} = \Delta\psi_B \cdot l_B$$

Dabei bedeuten:

$H_{T, \text{Befestigung}}$	Spezifischer Transmissionswärmeverlust aus Befestigungsmitteln in W/K
$\Delta\psi_B$	längenbezogener Zuschlag zur Berücksichtigung von Befestigungsmitteln wie Gitterträgern, Transportankern, Verbundnadeln und Perfect-Stäben in W/(mK)
$l_B$	Summe der Elementlängen in m

Im Rahmen eines Gutachtens des Forschungsinstituts für Wärmeschutz FIW wurden für zwei unterschiedliche Wandaufbauten Zuschläge auf den U-Wert ermittelt, die den Einfluss von Gitterträger-Kurzstücken, Verbundnadeln und Syspro-Perfect-Stäben berücksichtigen. Diese flächenbezogenen Zuschläge auf den U-Wert lassen sich auf einfache Weise in längenbezogene Werte umrechnen. Werte für  $\Delta\psi_B$  sind im Anhang auf Seite 36 zu finden.

Die Fugen der Thermoelemente können auf unterschiedliche Art und Weise ausgebildet werden. Damit nicht für jedes Anschlussdetail ein  $\psi$ -Wert für die Wärmebrücke mit unterschiedlichen Fugenausbildungen ermittelt werden muss, empfiehlt sich eine getrennte Betrachtung der Fugen. Der Einfluss der Fugen wird wie folgt bestimmt:

$$H_{T, \text{Fuge}} = \Delta\psi_F \cdot l_F$$

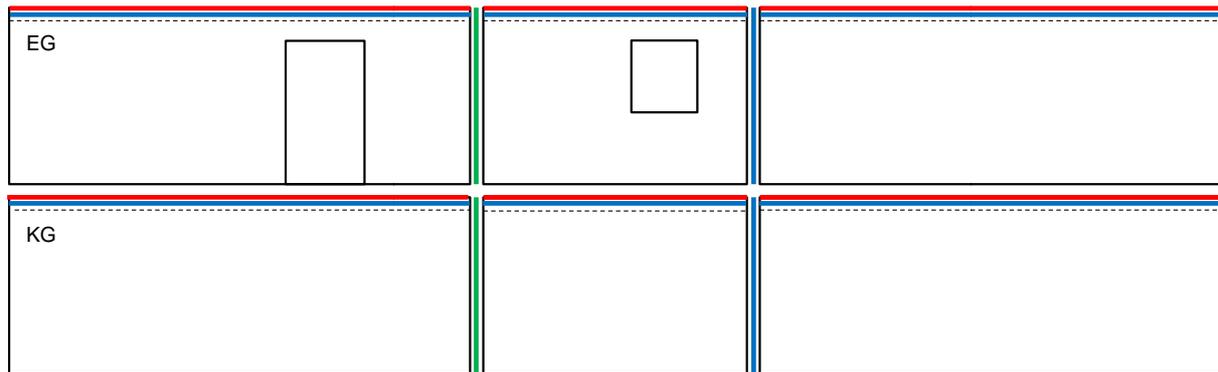
Dabei bedeuten:

$H_{T, \text{Fuge}}$	Spezifischer Transmissionswärmeverlust aus Fugen in W/K
$\Delta\psi_F$	längenbezogener Zuschlag für Fugen in W/(mK)
$l_F$	Länge der Fugen in m

Werte für unterschiedliche Fugenaufbauten sind auf Seite 35 zu finden.

Abbildung 1 verdeutlicht die Erfassung von Fugen und Befestigungsmitteln. Die Ansicht orientiert sich am Berechnungsbeispiel in Kapitel 3.

<sup>1</sup> Gesamtlänge = Summe der Längen aller Thermoelemente



- rot: Länge für die Zuschläge für Befestigungsmitteln
- blau: Länge für die Zuschläge für Fugen
- grün: Länge für den Zuschlag für Plattenstöße, je nach Ausführung kann der Zuschlag dem Zuschlag von Fugen entsprechen

Abbildung 1 Längen für die Erfassung von Fugen und Befestigungsmitteln

### 3 Berechnungsbeispiel

Mit dem nachfolgenden Beispiel wird die prinzipielle Vorgehensweise erläutert. Dazu wird der in Abbildung 2 dargestellte Ausschnitt eines Gebäudes verwendet.

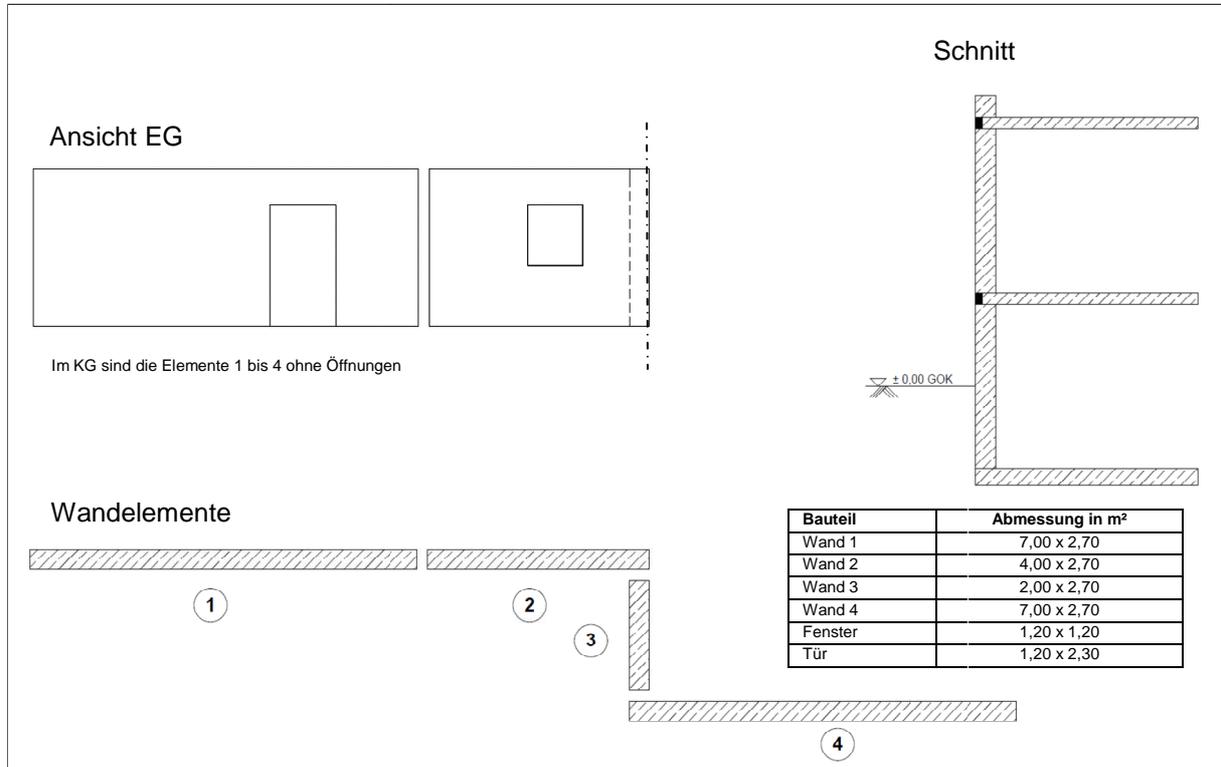


Abbildung 2 Gebäudeausschnitt für das Berechnungsbeispiel

Aus dem Gebäudeausschnitt ergeben sich die in Abbildung 3 aufgeführten Wärmebrücken. Dabei sind nicht alle Wärmebrücken für einen Nachweis erforderlich. Dies betrifft z.B. einzeln auftretende Türanschlüsse. Diese wurden jedoch zur Verdeutlichung der prinzipiellen Vorgehensweise trotzdem berücksichtigt. Auch Außenecken müssen nicht erfasst werden. Allerdings empfiehlt sich die Erfassung der Außenecken, da diese sich aufgrund eines negativen  $\psi$ -Wertes positiv auf den Nachweis auswirken.

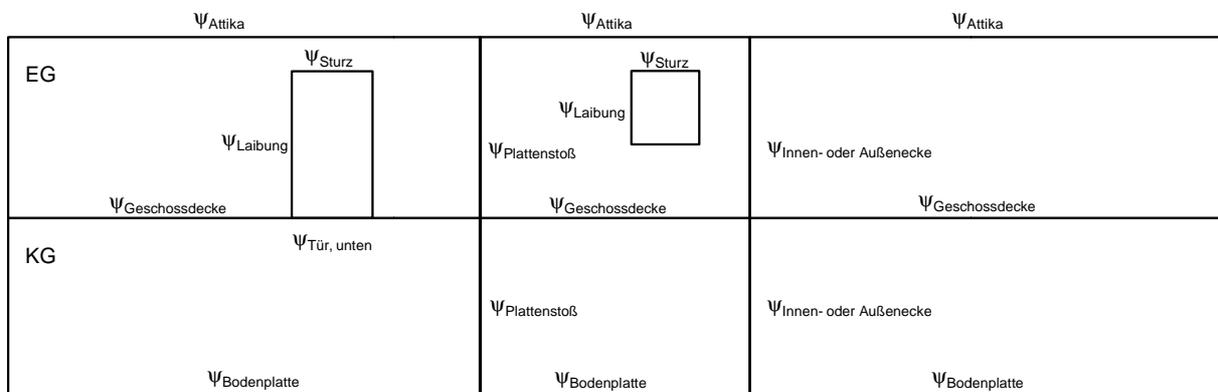


Abbildung 3 Zuordnung der Wärmebrücken

Tabelle 2 enthält eine Liste der Anschlussdetails sowie eine Zuordnung von Wärmebrücken, Befestigungsmitteln und Fugen.

Tabelle 2

Wärmebrücken Befestigungsmittel und Fuge im Berechnungsbeispiel

Anschlussdetail	Detail Nr. <sup>1)</sup>	Wärmebrücken	Befestigungsmittel	Fuge
Bodenplatte - Kelleraußenwand	1b	✓	-	✓
Kellerdecke - Außenwand	2b	✓	-	✓
Attika	3b	✓	-	✓
Fensterlaibung	4	✓	-	-
Fenstersturz	5b	✓	-	-
Tür laibung	4	✓	-	-
Tür, unterer Anschluss	6	✓	-	-
Balkonanschluss <sup>2)</sup>	6b	✓	-	-
Außenecke, Luft	7	✓	-	✓
Außenecke, Erdreich	7	✓	-	✓
Innenecke, Luft	8	✓	-	✓
Innenecke, Erdreich	8	✓	-	✓
Plattenstoß, Luft	9	✓	-	✓
Plattenstoß, Erdreich	9	✓	-	✓
Befestigungsmittel	11	-	✓	-

<sup>1)</sup> Detailnummer im Anhang 4.2 <sup>2)</sup> im Beispiel nicht verwendet

### 3.1 Bauteilaufbau

Abbildung 4 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Thermowand. Nicht dargestellt sind Transportanker und Verbundnadeln. Für die Syspro-Thermowand Perfect werden zusätzlich Syspro Perfect-Stäbe aus Kunststoff verwendet. Bei den Gitterträgern handelt es sich dann nur um Kurzstücke.

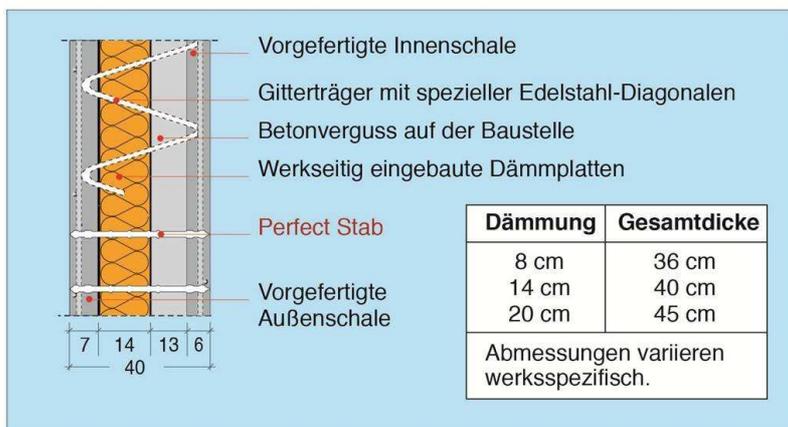


Abbildung 4 Prinzipieller Aufbau einer Thermowand

Tabelle 3:

*Typischer Aufbau einer Thermowand*

Bauteilschicht	Baustoff	Abmessung
Innenschale	C 25/30	6 cm
Kernbeton	C 25/30	13 cm
Wärmedämmung	diverse	diverse
Außenschale	C 35/45	7 cm

In Tabelle 3 sind typische Abmessungen einer Thermowand aufgeführt. Für das Berechnungsbeispiel wurden Kleinstwerte gewählt. Die Wandaufbauten entsprechen den Wandaufbauten im Gutachten D3-47a/11 des Forschungsinstituts für Wärmeschutz FIW. Im Rahmen des Gutachtens wurden 2 unterschiedliche Wandaufbauten betrachtet. Die Aufbauten der beiden Wände sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 dargestellt. Weiterhin sind im Anhang die Befestigungen nach Statik aufgeführt.

Tabelle 4:

*Wandaufbau a1<sup>1)</sup>*

Bauteilschicht	Dicke in cm	Wärmeleitfähigkeit in W/(m <sup>2</sup> K)
Beton-Innenschale	4	2,3
Kernbeton	6	2,3
Wärmedämmung	12	0,035
Beton-Außenschale	6	2,3

<sup>1)</sup> Abmessungen der Betonschalen sind theoretische Mindestwerte

Tabelle 5:

*Wandaufbau b1<sup>1)</sup>*

Bauteilschicht	Dicke in cm	Wärmeleitfähigkeit in W/(m <sup>2</sup> K)
Beton-Innenschale	4	2,3
Kernbeton	6	2,3
Wärmedämmung	24	0,024
Beton-Außenschale	6	2,3

<sup>1)</sup> Abmessungen der Betonschalen sind theoretische Mindestwerte

Für die beiden Wandaufbauten ergeben sich die nachfolgenden U-Werte. Einflüsse von Gitterträgern, Verbundnadeln und GFK-Stäben sind nicht enthalten:

Wandaufbau a1       $U_0 = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wandaufbau b1       $U_0 = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Die U-Werte lassen erkennen, dass durch die beiden Wandaufbauten das Spektrum zwischen dem energetischen Standard der Energieeinsparverordnung 2009 (Referenzgebäude, Wohnbau  $U = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ) und sehr effizienten energetischen Standards (Passivhaus, möglichst  $U \leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ) als Grenzfälle gut abdecken.

### 3.2 Spezifischer Transmissionswärmeverlust durch Bauteilflächen

Der spezifische Transmissionswärmeverlust  $H_T$  durch Bauteilflächen lässt sich nach DIN 4108-6 für Wohngebäude vereinfacht wie folgt bestimmen:

$$H_T = \sum F_x (U_i \cdot A_i)$$

Dabei bedeuten:

- $H_T$  spezifischer Transmissionswärmeverlust in W/K
- $F_x$  Temperaturkorrekturfaktor
- $A$  Bauteilfläche in  $m^2$

Tabelle 6:

*Spezifischer Transmissionswärmeverlust durch die Bauteilflächen (Wandaufbau a1)*

Bauteil	U <sub>0</sub> -Wert	F <sub>x</sub>	A	H <sub>T</sub>
	W/(m <sup>2</sup> K)	-	m <sup>2</sup>	W/K
<b>Kellergeschoss<sup>1)</sup></b>				
Wand 1	0,28 <sup>2)</sup>	0,6	10,50	1,76
	0,27	1,0	10,50	2,84
Wand 2	0,28	0,6	6,00	1,01
	0,27	1,0	6,00	1,62
Wand 3	0,28	0,6	3,00	0,50
	0,27	1,0	3,00	0,81
Wand 4	0,28	0,6	10,50	1,76
	0,27	1,0	10,50	2,84
<b>Erdgeschoss</b>				
Wand 1	0,27	1,0	18,24	4,92
Wand 2	0,27	1,0	10,56	2,85
Wand 3	0,27	1,0	6,00	1,62
Wand 4	0,27	1,0	21,00	5,67
Tür	1,20	1,0	2,76	3,31
Fenster	1,20	1,0	1,44	1,73
			<b>Summe</b>	<b>33,25</b>

<sup>1)</sup> Annahme: GOK auf halber Kellerhöhe    <sup>2)</sup> Abweichender U-Wert, da erdberührt  $R_{se} = 0$  mK/W

Tabelle 7:

Spezifischer Transmissionswärmeverlust durch die Bauteilflächen (Wandaufbau b1)

	<b>U<sub>0</sub>-Wert</b>	<b>F<sub>x</sub></b>	<b>A</b>	<b>H<sub>T</sub></b>
	W/(m²K)	-	m²	W/K
<b>Kellergeschoss<sup>1)</sup></b>				
Wand 1	0,10	0,6	10,50	0,63
	0,10	1,0	10,50	1,05
Wand 2	0,10	0,6	6,00	0,36
	0,10	1,0	6,00	0,60
Wand 3	0,10	0,6	3,00	0,18
	0,10	1,0	3,00	0,30
Wand 4	0,10	0,6	10,50	0,63
	0,10	1,0	10,50	1,05
<b>Erdgeschoss</b>				
Wand 1	0,10	1,0	18,24	1,82
Wand 2	0,10	1,0	10,56	1,06
Wand 3	0,10	1,0	6,00	0,60
Wand 4	0,10	1,0	21,00	2,10
Tür	1,20	1,0	2,76	3,31
Fenster	1,20	1,0	1,44	1,73
			<b>Summe</b>	<b>15,42</b>

<sup>1)</sup> Annahme: GOK auf halber Kellerhöhe

### 3.3 Spezifischer Transmissionswärmeverlust durch Wärmebrücken, Fugen und Befestigungsmittel

In den nachfolgenden Tabellen sind die spezifischen Transmissionswärmeverluste infolge Wärmebrücken, Fugen und Befestigungsmitteln für das Berechnungsbeispiel dargestellt. Dabei wurde zusätzlich eine Variante des Wandaufbaus b1 mit einem Anteil von 95% Syspro Perfect-Stäben (GFK-Stäbe) betrachtet. Die  $\psi$ -Werte dieser beiden Varianten unterscheiden sich nur geringfügig, so dass für beide Varianten die gleichen Werte verwendet werden können (Anhang 4.2 Details Seite 19 bis 33).

Der Zuschlag für die Befestigungsmittel ist auf Seite 36 zu finden. Der Zuschlag für die Fugen ist auf Seite 35 aufgeführt. Bei der Fuge werden 3 Varianten unterschieden. Dies sind eine gedämmte Fuge, eine Fuge mit einem kurzen Stück vorkomprimiertem Dichtungsband und eine Fuge, die bis in eine Tiefe von 5 cm mit Beton gefüllt ist (Fuge mit Beton nicht in der Tabelle enthalten). Alle Fugen sind auf der Außenseite entsprechend abgedichtet.

Tabelle 8:  
Spezifischer Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrücken, Befestigungsmittel und Fugen (Wandaufbau a1)

Anschluss		Wärmebrücken		Befestigungsmittel		Fugen				Gesamt	
						gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt
	l	$\psi$	$\psi \cdot l$	$\Delta\psi_B$	$\Delta\psi_B \cdot l$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$
Detail	m	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/(mK)	W/K	W/K	W/K	W/K
Bodenplatte	20,0	0,020	0,400	-	-	0,001	0,002	0,012	0,036	0,412	0,436
Geschossdecke	18,8	0,000	0,000	-	-	0,001	0,003	0,019	0,056	0,019	0,056
Attika	17,6	0,078	1,373	-	-	0,001	0,003	0,018	0,053	1,390	1,426
Fensterlaibung	3,6	0,021	0,076	-	-	-	-	-	-	0,076	0,076
Fenster- und Türsturz <sup>1)</sup>	2,4	0,109	0,131	-	-	0,001	0,003	0,002	0,007	0,250	0,254
Türlaibung	4,6	0,021	0,097	-	-	-	-	-	-	0,097	0,097
Tür, unterer Anschluss <sup>2)</sup>	1,2	0,139	-0,017	-	-	0,001	0,003	0,001	0,004	0,132	0,134
Außenecke, Luft	4,05	-0,104	-0,421	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	-0,417	-0,409
Außenecke, Erdreich	1,35	-0,062	-0,084	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	-0,083	-0,081
Innenecke, Luft	4,05	0,066	0,267	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,271	0,279
Innenecke, Erdreich	1,35	0,040	0,054	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,055	0,056
Plattenstoß, Luft	4,05	-	-	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,004	0,012
Plattenstoß, Erdreich	1,35	-	-	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Befestigungsmittel	40 <sup>3)</sup>	-	-	0,047	1,880	-	-	-	-	1,880	1,880
<b>Summen</b>	-	-	<b>2,139</b>	-	<b>1,880</b>	-	-	<b>0,067</b>	<b>0,200</b>	<b>4,086</b>	<b>4,219</b>

<sup>1)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 2,4 m Fuge bei der Attika anzusetzen

<sup>2)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 1,2 m Fuge bei der Decke anzusetzen

<sup>3)</sup> Gesamtlänge der Thermoste

Tabelle 9:  
Spezifischer Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrücken, Befestigungsmittel und Fugen (Wandaufbau b1)

Anschluss		Wärmebrücken		Befestigungsmittel		Fugen				Gesamt	
						gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt
	l	$\psi$	$\psi \cdot l$	$\Delta\psi_B$	$\Delta\psi_B \cdot l$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$
Detail	m	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/(mK)	W/K	W/K	W/K	W/K
Bodenplatte	20,0	0,039	0,780	-	-	0,001	0,002	0,012	0,036	0,792	0,816
Geschossdecke	18,8	0,001	0,019	-	-	0,001	0,003	0,019	0,056	0,038	0,075
Attika	17,6	0,005	0,088	-	-	0,001	0,003	0,018	0,053	0,106	0,141
Fensterlaibung	3,6	0,030	0,108	-	-	-	-	-	-	0,108	0,108
Fenster- und Türsturz <sup>1)</sup>	2,4	0,045	0,108	-	-	0,001	0,003	0,002	0,007	0,110	0,115
Türlaibung	4,6	0,030	0,138	-	-	-	-	-	-	0,138	0,138
Tür, unterer Anschluss <sup>2)</sup>	1,2	0,143	0,172	-	-	0,001	0,003	0,001	0,004	0,173	0,175
Außenecke, Luft	4,05	-0,056	-0,227	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	-0,223	-0,215
Außenecke, Erdreich	1,35	-0,034	-0,046	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	-0,045	-0,043
Innenecke, Luft	4,05	0,032	0,130	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,134	0,142
Innenecke, Erdreich	1,35	0,019	0,026	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,026	0,028
Plattenstoß, Luft	4,05	-	-	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,004	0,012
Plattenstoß, Erdreich	1,35	-	-	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Befestigungsmittel	40 <sup>3)</sup>	-	-	0,038	1,520	-	-	-	-	1,520	1,520
<b>Summen</b>	-	-	<b>1,295</b>	-	<b>1,520</b>	-	-	<b>0,067</b>	<b>0,200</b>	<b>2,882</b>	<b>3,015</b>

<sup>1)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 2,4 m Fuge bei der Attika anzusetzen

<sup>2)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 1,2 m Fuge bei der Decke anzusetzen

<sup>3)</sup> Gesamtlänge der Thermolemente

Tabelle 10:  
Spezifischer Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrücken, Befestigungsmittel und Fugen (Wandaufbau b1 mit 95% GFK)

Anschluss		Wärmebrücken		Befestigungsmittel		Fugen				Gesamt	
						gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt
	l	$\psi$	$\psi \cdot l$	$\Delta\psi_B$	$\Delta\psi_B \cdot l$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$
Detail	m	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/(mK)	W/K	W/K	W/K	W/K
Bodenplatte	20,0	0,039	0,780	-	-	0,002	0,006	0,036	0,120	0,792	0,816
Geschossdecke	18,8	0,001	0,019	-	-	0,003	0,010	0,056	0,188	0,038	0,075
Attika	17,6	0,005	0,088	-	-	0,003	0,010	0,053	0,176	0,106	0,141
Fensterlaibung	3,6	0,030	0,108	-	-	-	-	-	-	0,108	0,108
Fenster- und Türsturz <sup>1)</sup>	2,4	0,045	0,108	-	-	0,003	0,010	0,007	0,024	0,110	0,115
Türlaibung	4,6	0,030	0,138	-	-	-	-	-	-	0,138	0,138
Tür, unterer Anschluss <sup>2)</sup>	1,2	0,143	0,172	-	-	0,003	0,010	0,004	0,012	0,173	0,175
Außenecke, Luft	4,05	-0,056	-0,227	-	-	0,003	0,010	0,012	0,041	-0,223	-0,215
Außenecke, Erdreich	1,35	-0,034	-0,046	-	-	0,002	0,010	0,003	0,014	-0,045	-0,043
Innenecke, Luft	4,05	0,032	0,130	-	-	0,003	0,010	0,012	0,041	0,134	0,142
Innenecke, Erdreich	1,35	0,019	0,026	-	-	0,002	0,006	0,002	0,008	0,026	0,028
Plattenstoß, Luft	4,05	-	-	-	-	0,003	0,010	0,012	0,041	0,004	0,012
Plattenstoß, Erdreich	1,35	-	-	-	-	0,002	0,006	0,002	0,008	0,001	0,002
Befestigungsmittel	40 <sup>3)</sup>	-	-	0,012	0,480	-	-	-	-	0,480	0,480
<b>Summen</b>	-	-	<b>1,295</b>	-	<b>0,480</b>	-	-	<b>0,200</b>	<b>0,671</b>	<b>1,842</b>	<b>1,975</b>

<sup>1)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 2,4 m Fuge bei der Attika anzusetzen

<sup>2)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 1,2 m Fuge bei der Decke anzusetzen

<sup>3)</sup> Gesamtlänge der Thermelemente

### 3.4 Gesamter spezifischer Transmissionswärmeverlust

Der gesamte spezifische Transmissionswärmeverlust des Beispiels ergibt sich aus dem Verlust durch die Bauteilflächen und den Verlusten infolge Wärmebrücken, Befestigungsmitteln und Fugen:

$$H_T = \sum F_x (U_i \cdot A_i) + \sum \psi \cdot l + \sum \Delta\psi_B \cdot l_B + \sum \Delta\psi_F \cdot l_F$$

Tabelle 11:

*Gesamter spezifischer Transmissionswärmeverlust*

Anteil aus	Spezifischer Transmissionswärmeverlust in W/K					
	Wandaufbau a1		Wandaufbau b1		Wandaufbau b1 95% GFK	
	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt
Bauteilflächen	33,2	33,2	15,4	15,4	15,4	15,4
Wärmebrücken	2,1	2,1	1,3	1,3	1,3	1,3
Befestigungs- mittel	1,9	1,9	1,5	1,5	0,5	0,5
Fugen	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
<b>Summe</b>	<b>37,3</b>	<b>37,5</b>	<b>18,3</b>	<b>18,4</b>	<b>17,3</b>	<b>17,4</b>

Tabelle 12:

*Prozentuale Anteile am spezifischen Transmissionswärmeverlust*

Anteil	Anteile am Transmissionswärmeverlust in %					
	Wandaufbau a1		Wandaufbau b1		Wandaufbau b1 95% GFK	
	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt
Gesamtzuschlag	11%	11%	16%	16%	11%	1%
Wärmebrücken	6%	6%	7%	7%	8%	7%
Befestigungs- mittel	5%	5%	8%	8%	3%	3%
Fugen	0%	1%	0%	1%	0%	1%

### 3.5 Bewertung der Ergebnisse

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass in Abbildung 2 zur Vereinfachung nur ein Gebäudeausschnitt gewählt wurde.

Je höher das Dämmniveau, desto größer ist der prozentuale Anteil des Einflusses von Wärmebrücken infolge schlecht geplanter Anschlussdetails. Dies wurde beim Aufbau der Details berücksichtigt und diese entsprechend ausgebildet. Deshalb unterscheidet sich der prozentuale Anteil der Wärmebrücken bei den 3 Varianten nur unwesentlich.

Der Einfluss der Befestigungsmittel ist erwartungsgemäß bei der Variante mit 95% GFK am geringsten. Wie bei den Wärmebrücken gilt auch hier, dass mit zunehmendem Dämmniveau der prozentuale Anteil größer wird. Dies unterstreicht die Bedeutung der Perfect-Stäbe.

Die Ergebnisse zeigen, dass beide Fugenvarianten nur einen geringen Einfluss haben. Sobald die Fuge in ihrer Dämmwirkung in etwa der Dämmwirkung des Regelquerschnitts entspricht, kann diese erwartungsgemäß vernachlässigt werden. Eine weitere Verbesserung der Fugendämmung kann auch zu negativen Zuschlägen für die Fuge führen, die sich dann positiv auf das Gesamtergebnis auswirken.

Im Gegensatz dazu hat eine teilweise mit Beton gefüllte Fuge einen deutlichen Einfluss auf das Gesamtergebnis. Eine Füllung der Fuge mit 5 cm Beton führt zu einer Erhöhung des spezifischen Transmissionswärmeverlusts um 3% bis 4% (Berechnung nicht in den Tabellen dargestellt, Zuschläge siehe Seite 35).

Bedingt durch die Auswahl der Details wird der Anteil der Wärmebrücken am Transmissionswärmeverlust stark durch die Anschlussdetails Bodenplatte – Kelleraußenwand (Detail 1b) und durch die Attika (Detail 3b) beeinflusst. Die Varianten dieser Details (1a bzw. 3a) weisen deutlich geringere  $\psi$ -Werte auf. Eine Variante des Berechnungsbeispiels mit diesen günstigeren Details findet sich im Anhang 4.4.

## 4 Anhang

Die  $\psi$ -Werte der Anschlussdetails stammen überwiegend aus dem Planungsatlas für den Hochbau ([www.planungsatlas-hochbau.de](http://www.planungsatlas-hochbau.de)). Dabei ist die Voraussetzung, dass die Details in ihrer Geometrie und den wärmetechnischen Eigenschaften übereinstimmen. Eine genauere Darstellung und eine Gegenüberstellung mit den Syspro-Details finden sich im Anhang 4.2.

Auf der rechten Seite ist, soweit für das Berechnungsbeispiel vorhanden, ein passendes Detail aus dem Planungsatlas für den Hochbau dargestellt. Für die beiden Wandaufbauten (a1 und b1) sind unter dem Detail die jeweiligen  $\psi$ -Werte angegeben (abgelesen aus dem Planungsatlas).

Da die Syspro-Details in der Regel nicht absolut identisch mit den Details aus dem Planungsatlas sind, ist auf der linken Seite das jeweilige Syspro-Detail dargestellt. Zusätzlich ist der Aufbau tabellarisch beschrieben. Für jedes Detail wurden die  $\psi$ -Werte mit Hilfe der Wärmebrückensoftware PSI-Therm ermittelt.

Ein Vergleich der berechneten und der abgelesenen  $\psi$ -Werte zeigt eine gute Übereinstimmung. Details, die im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden sind, wurden gesondert berechnet.

### 4.1 Randbedingungen und Hinweise zur Berechnung

Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden für die Berechnungen die gleichen Randbedingungen wie im Planungsatlas für den Hochbau gewählt.

Aufgrund ihres Aufbaus sind die Wärmedurchgangskoeffizienten von Stahlbeton-Sandwichelemente nicht einfach wie bei homogen geschichteten Bauteilen zu ermitteln. Eine Möglichkeit ist es, den U-Wert wie für ein homogen geschichtetes Bauteil zu bestimmen und den Einfluss der Befestigungsmittel als Zuschlag zu erfassen. Es wurde ein längenbezogener Zuschlag gewählt. Die Vorgehensweise dazu ist in Kapitel 2.3 dargestellt.

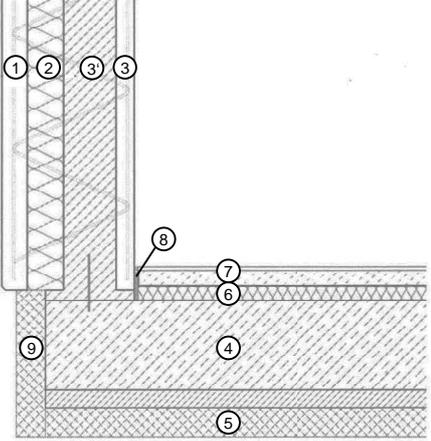
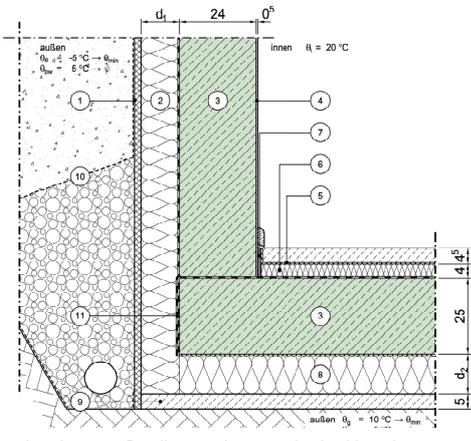
D.h. der Wärmeverlust über die Fläche wird durch den ungestörten Wärmedurchgangskoeffizienten und einen Zuschlag beschrieben. Dies muss auch bei der Berechnung der  $\psi$ -Werte der Wärmebrücken der Anschlussdetails berücksichtigt werden. Auch hier kann nicht einfach mit dem ungestörten U-Wert gerechnet werden.

$$\psi = L_{2D} - \sum_{i=1}^{N_i} (U_0 + \text{"Zuschlag"}) \cdot l_i$$

Für die Berechnung der  $\psi$ -Werte wurden die Befestigungsmittel als ein Zuschlag auf die Wärmedämmung der Thermolemente erfasst. Gemäß Gutachten D3-47a/11 des Forschungsinstituts für Wärmeschutz sind dies für die Wand a1 ein Zuschlag von 0,002 W/(mK) und für die Wand b1 ein Zuschlag von 0,003 W/(mK). Das bedeutet, dass bei der Berechnung der Wärmebrücken für die Wand a1 anstatt einer Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung von  $\lambda = 0,035$  W/(m<sup>2</sup>K) ein Wert von  $\lambda = 0,037$  W/(m<sup>2</sup>K) anzusetzen ist (Wand b1: anstatt  $\lambda = 0,024$  W/(m<sup>2</sup>K) ein Wert von  $\lambda = 0,027$  W/(m<sup>2</sup>K)).

4.2 Details

1a Bodenplatte - Kelleraußenwand

Detail Syspro				Detail Planungsatlas Hochbau 01-22-01-01	
				 <p>Angaben zum Detail: <a href="http://www.planungsatlas-hochbau.de">www.planungsatlas-hochbau.de</a></p>	
<b>Berechnung<sup>1)</sup></b> ψ- Wert in W/(mK)				<b>Ablesewert<sup>2)</sup></b> ψ- Wert in W/(mK)	
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	- 0,021	- 0,020	- 0,020	- 0,023	- 0,021
				-	-
				-	-

<sup>1)</sup> Vergleichsrechnung mit der Wärmebrückensoftware PSI-Therm <sup>2)</sup> Ablesewert Planungsatlas

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,035	24	0,035
③ Außenwand, Innenschale	10	2,3	10	2,3
④ Bodenplatte	25	2,3	25	2,3
⑤ Dämmung unter Bodenplatte	10	0,035	18	0,035
⑥ Trittschalldämmung	5	0,040	5	0,040
⑦ Estrich	4,5	1,4	4,5	1,4
⑧ Randdämmstreifen	1	0,04	1	0,04
⑨ Dämmung Stirnseite Bodenplatte	10	0,035	10	0,035

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

**Anmerkungen**

Bei einer Dämmung unter der Bodenplatte hängen die ψ-Werte stark von den Systemgrenzen ab (gewählt: DIN 4108 Bbl. 2)

Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden. Abschätzung über Detail mit Perimeterdämmung. Da dieses Detail aus dem Planungsatlas kein Sandwichelement ist, ist hier kein Zuschlag auf die Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht zur Bestimmung des ψ-Werts enthalten.

1b Bodenplatte – Kelleraußenwand (mittlere Wärmeschutzanforderungen)

Leitdetail 7 Syspro				Detail Planungsatlas Hochbau	
				Nicht vorhanden	
Berechnung $\psi$ - Wert in W/(mK)				Ablesewert $\psi$ - Wert in W/(mK)	
	a1	b1	b1 95%	a1	b1
$\psi$	0,020	0,039	0,039	-	-
				-	-
				-	-

Aufbau Anschlussdetail Syspro

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	$\lambda$ in W/(m <sup>2</sup> K)	d in cm	$\lambda$ in W/(m <sup>2</sup> K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,035	24	0,035
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Bodenplatte	25	2,3	25	2,3
⑤ Dämmung unter Bodenplatte	10	0,035	18	0,035
⑥ Trittschalldämmung	5	0,040	4	0,040
⑦ Zementestrich	4,5	1,4	4,5	1,4
⑧ Randdämmstreifen	1	0,04	1	0,04
⑨ Fuge Wandfuß, Zementmörtel	3	1,4	3	1,4
⑩ Dämmung Stirnseite	10	0,035	10	0,035

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

Anmerkungen

Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden

Bei einer Dämmung unter der Bodenplatte hängen die  $\psi$ -Werte stark von den Systemgrenzen ab (gewählt: DIN 4108 Bbl. 2)

Dämmung Stirnseite Bodenplatte bis 50 cm (Wand a1) und 100 cm (Wand b1) über OK Bodenplatte

2a Kellerdecke – Außenwand (KG beheizt)

Leitdetail 6 Syspro			Detail Planungsatlas Hochbau		
			Nicht vorhanden		
<b>Berechnung</b> ψ- Wert in W/(mK)			<b>Ablesewert</b> ψ- Wert in W/(mK)		
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	0,003	0,000	0,000	-	-
				-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

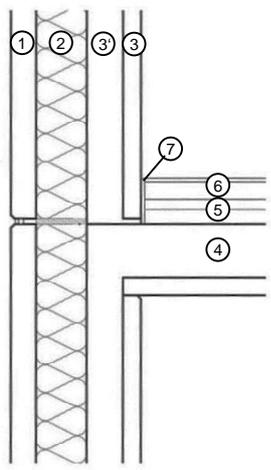
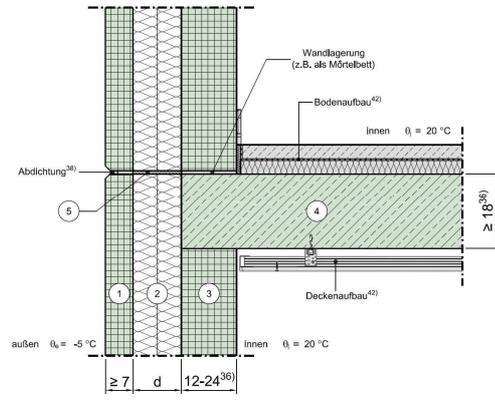
	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,035	24	0,035
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Kellerdecke	18	2,3	18	2,3
⑤ Trittschalldämmung	5	0,040	5	0,040
⑥ Estrich	4,5	1,4	4,5	1,4
⑦ Randdämmstreifen	1	0,040	1	0,04
⑧ Kellerwand, Innenschale	14	2,3	14	2,3
⑨ Kellerwand, Dämmung	8	0,035	20	0,035
⑩ Kellerwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

**Anmerkungen**

Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwich-Elemente nicht vorhanden  
 Keller beheizt, Detail im Berechnungsbeispiel nicht verwendet, da GOK auf halber Höhe Kelleraußenwand

2b Geschossdecke - Außenwand

Leitdetail 4 Syspro			Detail Planungsatlas Hochbau 05-13-01-01		
					
<b>Berechnung</b>			<b>Ablesewert</b>		
ψ- Wert in W/(mK)			ψ- Wert in W/(mK)		
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
				-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,035	24	0,035
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Geschossdecke	18	2,3	18	2,3
⑤ Trittschalldämmung	5	0,040	5	0,040
⑥ Estrich	4,5	1,4	4,5	1,4
⑦ Randdämmstreifen	1	0,040	1	0,04

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

**Anmerkungen**

Im Planungsatlas für den Hochbau werden Fußbodenaufbauten bei Stahlbeton-Sandwich-Elementen nicht berücksichtigt. Der Einfluss ist jedoch vernachlässigbar.

3a Attika

Detail Syspro			Detail Planungsatlas Hochbau		
			Nicht vorhanden		
Berechnung ψ- Wert in W/(mK)			Ablesewert ψ- Wert in W/(mK)		
	a1	b1	b1 95%	a1	b1
ψ	-0,070	-0,052	-0,052	-	-
				-	-
				-	-

Aufbau Anschlussdetail Syspro

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Flachdach	18	2,3	18	2,3
⑤ Dachdämmung	16	0,035	24	0,035
⑥ Dämmkeil 10 / 10 / 10 cm		0,035		0,035
⑦ Kiesschüttung <sup>2)</sup>	-	-	-	-

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

<sup>2)</sup> Nicht bei der Berechnung berücksichtigt

Anmerkungen

Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden

3b Attika

Leitdetail 5 Syspro			Detail Planungsatlas Hochbau		
			Nicht vorhanden		
<b>Berechnung</b> ψ- Wert in W/(mK)			<b>Ablesewert</b> ψ- Wert in W/(mK)		
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	0,078	0,005	0,005	-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Flachdach	18	2,3	18	2,3
⑤ Dachdämmung	16	0,035	24	0,035
⑥ Dämmstreifen	6	0,035	10	0,035
⑦ Dämmkeil 10 / 10 / 10 cm		0,035		0,035
⑧ Kiesschüttung <sup>2)</sup>	-	-	-	-

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

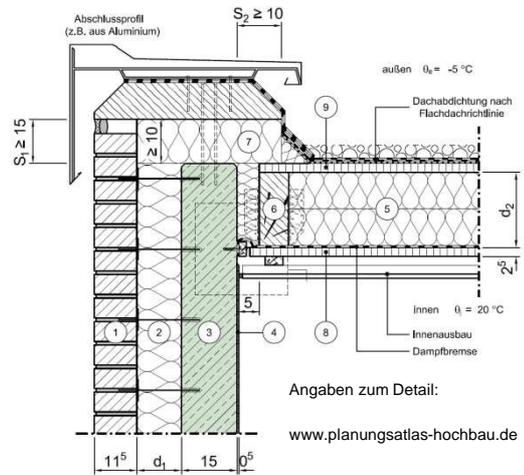
<sup>2)</sup> Nicht bei der Berechnung berücksichtigt

*Anmerkungen*

Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden

3c Attika (Flachdach als Holzkonstruktion, für Vergleichszwecke)

Detail Planungsatlas Hochbau 03-03-41-01



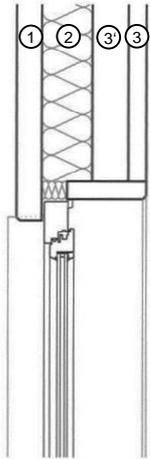
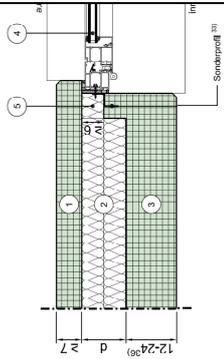
Berechnung ψ- Wert in W/(mK)			Ablesewert ψ- Wert in W/(mK)		
	a1	b1	b1 95%	a1	b1
ψ				-0,008	0,028
				-	-
				-	-

Aufbau Anschlussdetail

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)

Anmerkungen

4 Fenster oder Türlaibung

<p>Leitdetail 14 Syspro</p> 	<p>Detail Planungsatlas Hochbau 05-20-11-04</p> 
---	--

Berechnung ψ- Wert in W/(mK)			Ablesewert ψ- Wert in W/(mK)		
	a1	b1	b1 95%	a1	b1
ψ	0,020	0,031	0,030	0,021	0,030
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

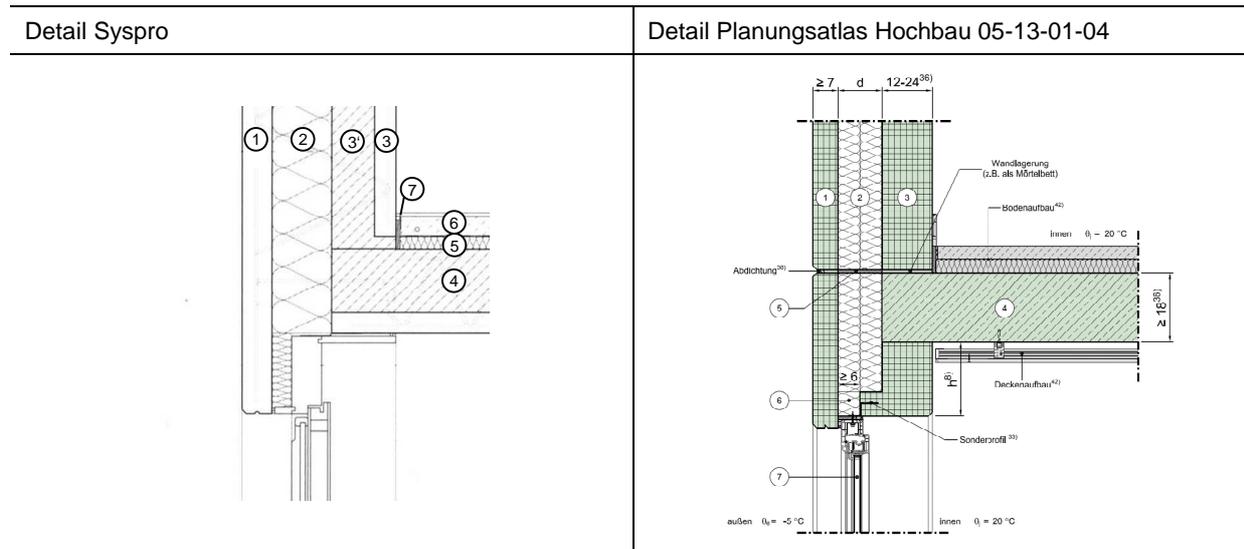
	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

*Anmerkungen*

Fenster in Dämmebene  
 U-Wert Fenster bei Wand a1  $U_w = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , bei Wand b1  $U_w = 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

5 Sturz - Decke



<b>Berechnung</b> ψ- Wert in W/(mK)			<b>Ablesewert</b> ψ- Wert in W/(mK)	
	a1	b1	a1	b1
ψ	0,021	0,031	0,023	0,030
			-	-
			-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

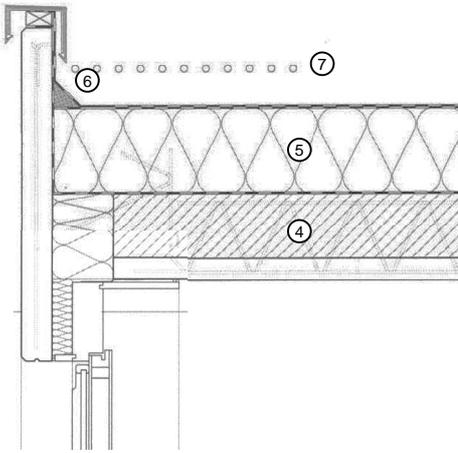
	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,035	24	0,035
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Geschossdecke	18	2,3	18	2,3
⑤ Trittschalldämmung	5	0,040	5	0,040
⑥ Estrich	4,5	1,4	4,5	1,4
⑦ Randdämmstreifen	1	0,040	1	0,04

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

**Anmerkungen**

Fenster in Dämmebene, U-Wert Fenster bei Wand a1  $U_w = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , bei Wand b1  $U_w = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
 Keine Überdämmung des Fensterrahmens  
 Detail im Berechnungsbeispiel nicht verwendet

5a Sturz - Attika

Detail Syspro				Detail Planungsatlas Hochbau	
				nicht vorhanden	
ψ- Wert in W/(mK)				ψ- Wert in W/(mK)	
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	-0,049	-0,020	-0,020	-	-
				-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale <sup>1)</sup>	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung <sup>1)</sup>	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale <sup>1) 2)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Betonkonstruktion	18	2,3	18	2,3
⑤ Dachdämmung	16	0,035	24	0,035
⑥ Dämmkeil 10 / 10 / 10 cm		0,035		0,035
⑦ Kiesschüttung <sup>3)</sup>	-	-	-	-

<sup>1)</sup> Im Bild nicht zu sehen

<sup>2)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

<sup>3)</sup> Nicht bei der Berechnung berücksichtigt

**Anmerkungen**

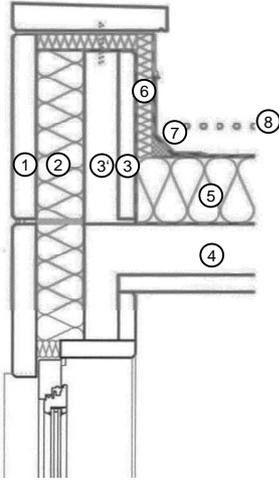
Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden

Fenster in Dämmebene

U-Wert Fenster bei Wand a1  $U_w = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , bei Wand b1  $U_w = 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Keine Überdämmung des Fensterrahmens,

5b Sturz – Attika

Detail Syspro			Detail Planungsatlas Hochbau		
			nicht vorhanden		
<b>Berechnung</b> ψ- Wert in W/(mK)			<b>Ablesewert</b> ψ- Wert in W/(mK)		
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	0,103	0,045	0,045	-	-
				-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Betonkonstruktion	18	2,3	18	2,3
⑤ Dachdämmung	16	0,035	24	0,035
⑥ Dämmstreifen	6	0,035	6	0,035
⑦ Dämmkeil 10 / 10 / 10 cm		0,035		0,035
⑧ Kiesschüttung <sup>2)</sup>	-	-	-	-

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

<sup>2)</sup> Nicht bei der Berechnung berücksichtigt

**Anmerkungen**

Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden  
 Fenster in Dämmebene  
 U-Wert Fenster bei Wand a1  $U_w = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , bei Wand b1  $U_w = 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 Keine Überdämmung des Fensterrahmens,

6a Tür, unterer Abschluss

Detail Syspro			Detail Planungsatlas Hochbau 01-13-01-06		
			<p>Angaben zum Detail: www.planungsatlas-hochbau.de</p>		
Berechnung ψ- Wert in W/(mK)			Ablesewert ψ- Wert in W/(mK)		
	a1	b1	b1 95%	a1	b1
ψ	0,109	0,143	0,143	0,141	0,192
				-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Kellerdecke	18	2,3	18	2,3
⑤ Trittschalldämmung	5	0,040	5	0,040
⑥ Estrich	4,5	1,4	4,5	1,4
⑦ Randdämmstreifen	1	0,04	1	0,04

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

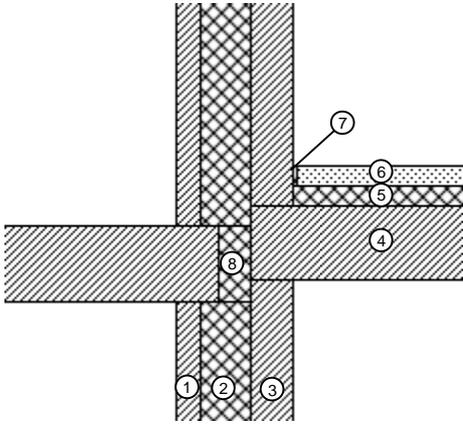
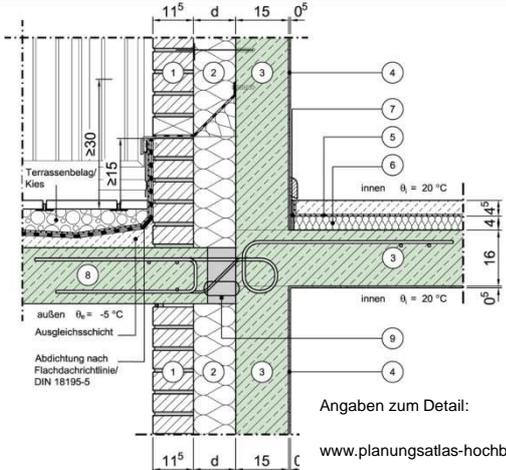
**Anmerkungen**

Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden. Abschätzung über Detail mit WDVS. Da dieses Detail aus dem Planungsatlas kein Sandwichelement ist, ist hier kein Zuschlag auf die Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht zur Bestimmung des ψ-Werts enthalten.

U-Wert Fenster bei Wand a1  $U_w = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , bei Wand b1  $U_w = 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Keine Überdämmung des Fensterrahmens

6b Balkon

Detail Syspro				Detail Planungsatlas Hochbau 03-15-01-01	
					
<b>Berechnung</b>				<b>Ablesewert</b>	
ψ- Wert in W/(mK)				ψ- Wert in W/(mK)	
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	0,105	0,146	0,146	0,125	0,171
				-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

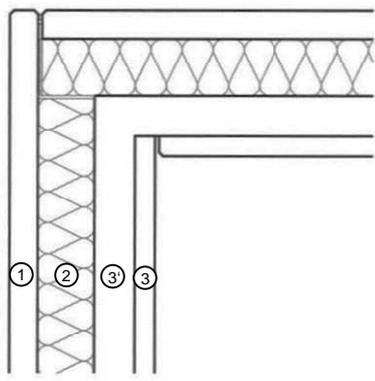
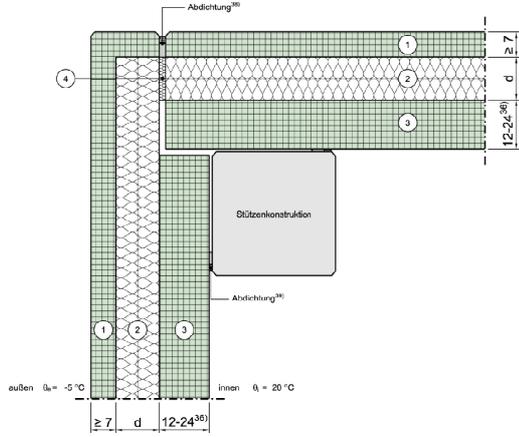
	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3
④ Geschossdecke	18	2,3	18	2,3
⑤ Trittschalldämmung	5	0,040	5	0,040
⑥ Estrich	4,5	1,4	4,5	1,4
⑦ Randdämmstreifen	1	0,04	1	0,04
⑧ Dämmelement	8	0,08	8	0,08

<sup>1)</sup> Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

**Anmerkungen**

Detail im Planungsatlas für den Hochbau für Stahlbeton-Sandwichelemente nicht vorhanden. Abschätzung über Zweischalige Außenwand. Da dieses Detail aus dem Planungsatlas kein Sandwichelement ist, ist hier kein Zuschlag auf die Wärmeleitfähigkeit der Dämmschicht zur Bestimmung des ψ-Werts enthalten. Ablesewerte aus dem Planungsatlas liegen für Syspro-Thermowand auf der sicheren Seite. Anschlussdetails mit Balkon und bodentiefer Tür sind im Planungsatlas für den Hochbau zu finden.

7 Außenecke an Außenluft

Leitdetail 11 und 12 Syspro	Detail Planungsatlas Hochbau 05-07-01-01
	

<b>Berechnung</b> ψ- Wert in W/(mK)			<b>Ablesewert</b> ψ- Wert in W/(mK)	
	a1	b1	a1	b1
ψ	-0,089	-0,052	-0,104	-0,056
			-	-
			-	-

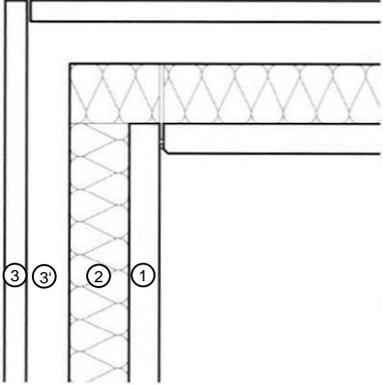
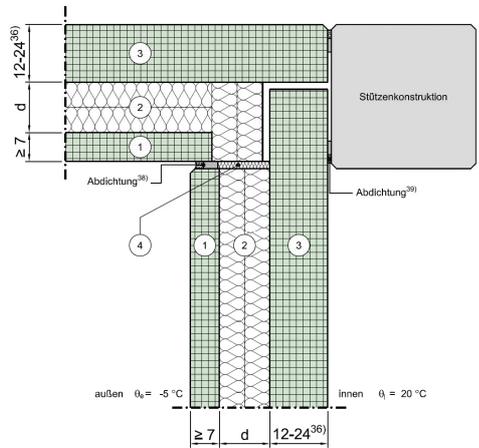
<b>Aufbau Anschlussdetail Syspro</b>				
	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale	10	2,3	10	2,3

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

*Anmerkungen*

Außenecke an Erdreich = 0,6 x Außenecke an Außenluft

8 Innenecke an Außenluft

Leitdetail 13 Syspro			Detail Planungsatlas Hochbau 05-07-06-01		
					
<b>Berechnung</b> ψ- Wert in W/(mK)			<b>Ablesewert</b> ψ- Wert in W/(mK)		
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	0,075	0,036	0,036	0,066	0,032
				-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

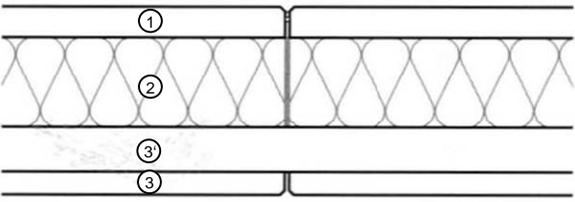
	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale	10	2,3	10	2,3

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

*Anmerkungen*

Innenecke an Erdreich = 0,6 x Innenecke an Außenluft  
 Der Einfluss der Stütze auf den ψ -Wert ist zu vernachlässigen

9 Plattenstoß

Leitdetail Syspro			Detail Planungsatlas Hochbau		
			Nicht vorhanden		
<b>Berechnung</b> ψ- Wert in W/(mK)			<b>Ablesewert</b> ψ- Wert in W/(mK)		
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>	<b>a1</b>	<b>b1</b>
ψ	0,000	0,000	0,000	-	-
				-	-
				-	-

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	λ in W/(m²K)	d in cm	λ in W/(m²K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale	10	2,3	10	2,3

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

**Anmerkungen**

Am Plattenstoß ist außer der Fuge kein weiterer thermischer Einfluss vorhanden. D.h. gegenüber dem ungestörten Querschnitt ist keine Veränderung vorhanden. Damit ist der ψ-Wert ψ = 0. Erst wenn am Plattenstoß zusätzliche Befestigungsmittel (wie z.B. für Brandriegel oder lokale Befestigungselemente), eingesetzt werden, dann ist für den Plattenstoß ein ψ-Wert im Einzelfall zu bestimmen.

Der Plattenstoß wurde in dieser Arbeit wie eine Fuge erfasst.

10 Fuge

Detail Syspro	Detail Planungsatlas Hochbau
	Nicht vorhanden

Berechnung $\Delta\psi_F$ - Werte in W/(mK)			Ablesewert $\psi$ - Wert in W/(mK)		
	a1	b1	b1 95%	a1	b1
$\Delta\psi_{F1}$	0,001	0,001	0,001	-	-
$\Delta\psi_{F2}$	0,003	0,003	0,003	-	-
$\Delta\psi_{F3}$	0,021	0,007	0,007	-	-

$\Delta\psi_{F1}$  = Fuge gedämmt /  $\Delta\psi_{F2}$  = Fuge ungedämmt /  $\Delta\psi_{F3}$  = Fuge mit Beton

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

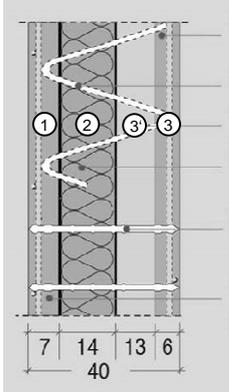
	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	$\lambda$ in W/(m <sup>2</sup> K)	d in cm	$\lambda$ in W/(m <sup>2</sup> K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
④ Dichtstoff (Polysulfid <sup>1)</sup> )		0,4		0,4
⑤ PE-Rundschnur		0,033		0,033
⑥ Kompriband		0,043		0,043

<sup>1)</sup> z.B. Thiokol

**Anmerkungen**

Die Breite der Fuge wurde mit 1,5 cm angenommen.  
 Grenz die Fuge nicht an die Außenluft sondern an das Erdreich, ist  $\Delta\psi$  mit 0,6 zu multiplizieren.  
 Gedämmte Fuge: Fuge im Bereich der Dämmung der Wand vollständig mit Dämmstoff gefüllt,  
 Ungedämmte Fuge: 6 cm vorkomprimiertes Dichtungsband  
 Fuge mit Beton: bis in Tiefe von 5 cm mit Beton gefüllt  
 Rest der Fuge jeweils luftgefüllt  
 Alle Fugen sind auf der Außenseite entsprechend abgedichtet.  
 Ein verbesserte Dämmung der Fuge verringert den Zuschlag weiter

11 Befestigungsmittel

Detail Syspro				-	
					
<b>Berechnung<sup>1)</sup></b>					
<b><math>\Delta\psi_B</math>- Werte in W/(mK)</b>					
	<b>a1</b>	<b>b1</b>	<b>b1 95%</b>		
$\Delta\psi_B$	0,047	0,038	0,012	-	-
				-	-

<sup>1)</sup> FIW-Gutachten

**Aufbau Anschlussdetail Syspro**

	Wand a1		Wand b1	
	d in cm	$\lambda$ in W/(m <sup>2</sup> K)	d in cm	$\lambda$ in W/(m <sup>2</sup> K)
① Außenwand, Außenschale	6	2,3	6	2,3
② Außenwand, Dämmung	12	0,35	24	0,24
③ Außenwand, Innenschale <sup>1)</sup>	10	2,3	10	2,3

<sup>1)</sup> ③ Anteil Tragschale d = 6 cm als theoretischer Mindestwert

**Anmerkungen**

Die Zuschläge für Befestigungsmittel sind dem Gutachten D3-47a/11 des Forschungsinstituts für Wärmeschutz FIW entnommen und wurden in längenbezogene Zuschläge umgerechnet. D.h. für den Nachweis sind die Werte mit der Gesamtlänge der Thermoelemente zu multiplizieren.

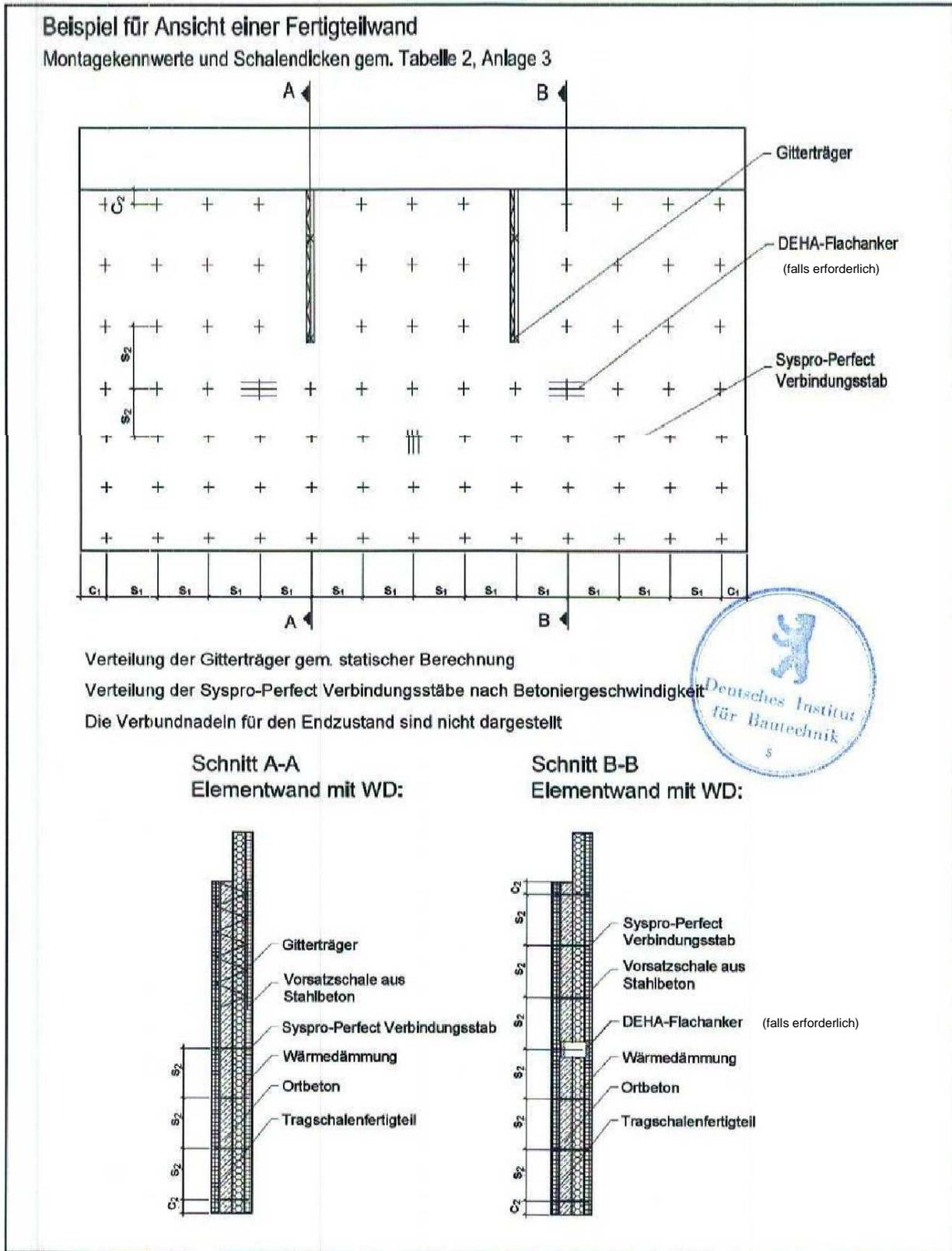
Befestigungsmittel nach Statik: Gitterträger, Transportanker, Verbundnadeln und Perfect-Stäbe

Als Transportanker für die Thermowände werden Textilschlaufen verwendet. Ein thermischer Einfluss ist hier nicht vorhanden.

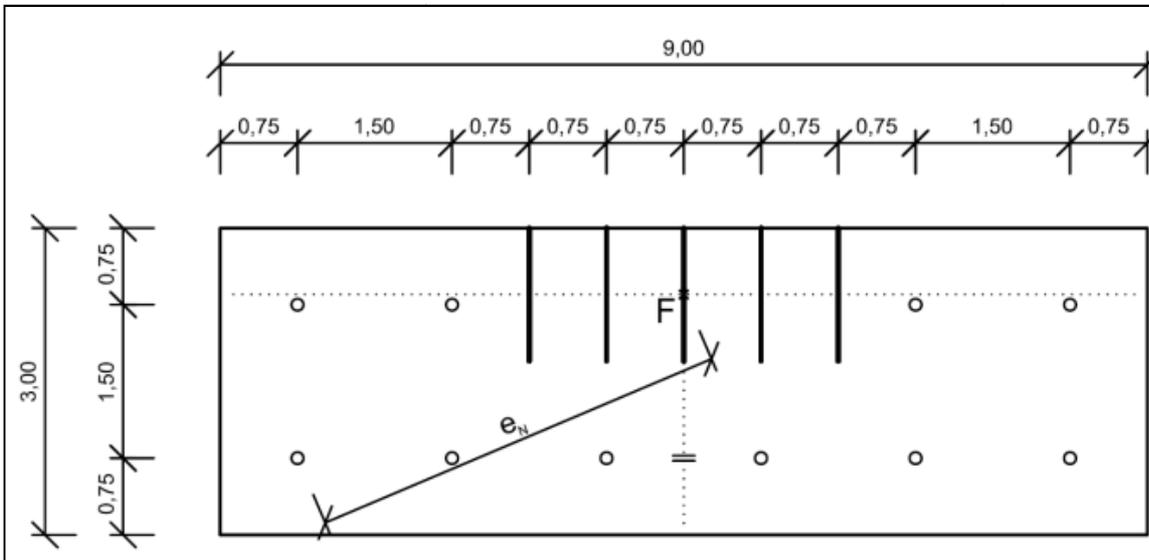


4.3 Wandtypen a1 und b1

Befestigungsmittel nach Syspro-Zulassungen Z21.8-1927 und Z15.2-162.



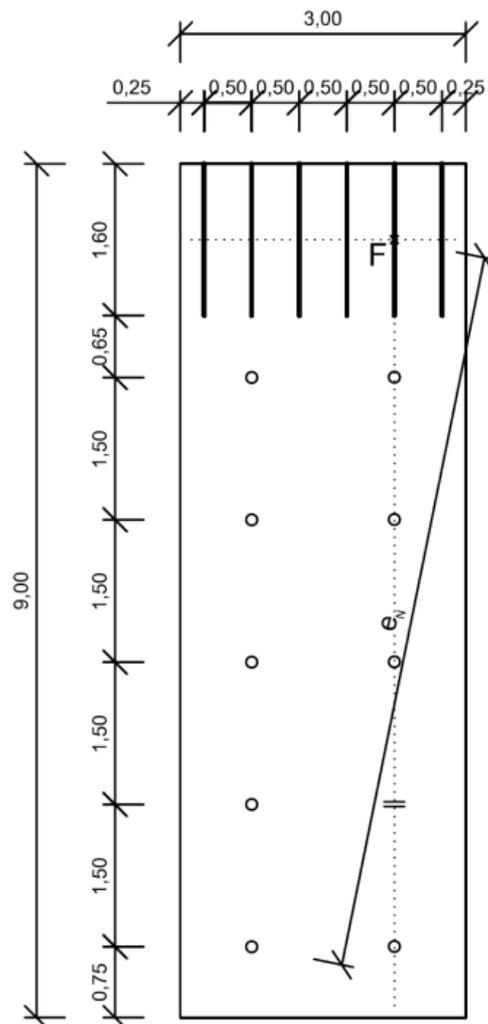
Wandaufbau a1



- 5 SE2-Kurzstücke 130 cm, Ø8 mm
- 10 Verbundnadeln Ø4 mm
- 1 Verbundnadel-Kreuz Ø4 mm
- 87 Perfect Stäbe 50/50 cm

Wandaufbau b1

- 6 SE2-Kurzstücke 160 cm, Ø8 mm
- 9 Verbundnadeln Ø4 mm
- 1 Verbundnadel-Kreuz Ø4 mm
- 80 Perfect Stäbe 50/50 cm



#### 4.4 Optimierte Variante des Berechnungsbeispiels

Bedingt durch die Auswahl der Details wird der Anteil der Wärmebrücken am Transmissionswärmeverlust stark durch die Anschlussdetails Bodenplatte – Kelleraußenwand (Detail 1b) und durch die Attika (Detail 3b) beeinflusst. Die Varianten dieser Details (1a bzw. 3a) weisen deutlich geringere  $\psi$ -Werte auf. Im Folgenden sind die Ergebnisse des Berechnungsbeispiels mit den Varianten der Details dargestellt. Die Ergebnisse zeigen einen deutlich geringeren Einfluss der Wärmebrücken. Aufgrund des gewählten Gebäudeausschnitts und der Ausbildung der Anschlussdetails ist die Summe der Wärmebrückeneinflüsse negativ und trägt somit einen positiven Effekt zum Gesamtergebnis bei.

Tabelle 13:

*Gesamter spezifischer Transmissionswärmeverlust*

Anteil aus	Spezifischer Transmissionswärmeverlust in W/K					
	Wandaufbau a1		Wandaufbau b1		Wandaufbau b1 95% GFK	
	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt
Bauteilflächen	33,2	33,2	15,4	15,4	15,4	15,4
Wärmebrücken	-1,7	-1,7	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Befestigungsmittel	1,9	1,9	1,5	1,5	0,5	0,5
Fugen	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Summe	33,5	33,7	16,0	16,1	14,9	15,1

Tabelle 14:

*Prozentuale Anteile am spezifischen Transmissionswärmeverlust*

Anteil	Anteile am Transmissionswärmeverlust in %					
	Wandaufbau a1		Wandaufbau b1		Wandaufbau b1 95% GFK	
	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt	Fuge gedämmt	Fuge ungedämmt
Gesamtzuschlag	1%	1%	3%	4%	-3%	-2%
Wärmebrücken	-5%	-5%	-7%	-6%	-7%	-7%
Befestigungsmittel	6%	6%	9%	9%	3%	3%
Fugen	0%	1%	0%	1%	0%	1%

Tabelle 15:  
Spezifischer Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrücken, Befestigungsmittel und Fugen (Wandaufbau a1)

Anschluss	l	Wärmebrücken		Befestigungsmittel		Fugen				Gesamt	
		$\psi$	$\psi \cdot l$	$\Delta\psi_B$	$\Delta\psi_B \cdot l$	gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt
Detail	m	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/(mK)	W/K	W/K	W/K	W/K
Bodenplatte	20,0	-0,021	-0,420	-	-	0,001	0,002	0,012	0,036	-0,408	-0,384
Geschossdecke	18,8	0,000	0,000	-	-	0,001	0,003	0,019	0,056	0,019	0,056
Attika	17,6	-0,070	-1,232	-	-	0,001	0,003	0,018	0,053	-1,214	-1,179
Fensterlaibung	3,6	0,021	0,076	-	-	-	-	-	-	0,076	0,076
Fenster- und Türsturz <sup>1)</sup>	2,4	-0,049	-0,118	-	-	0,001	0,003	0,002	0,007	-0,115	-0,110
Tür laibung	4,6	0,021	0,097	-	-	-	-	-	-	0,097	0,097
Tür, unterer Anschluss <sup>2)</sup>	1,2	0,109	0,131	-	-	0,001	0,003	0,001	0,004	0,132	0,134
Außenecke, Luft	4,05	-0,104	-0,421	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	-0,417	-0,409
Außenecke, Erdreich	1,35	-0,062	-0,084	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	-0,083	-0,081
Innenecke, Luft	4,05	0,066	0,267	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,271	0,279
Innenecke, Erdreich	1,35	0,040	0,054	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,055	0,056
Plattenstoß, Luft	4,05	-	-	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,004	0,012
Plattenstoß, Erdreich	1,35	-	-	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Befestigungsmittel	40	-	-	0,047	1,880	-	-	-	-	1,880	1,880
<b>Summen</b>	-	-	<b>-1,650</b>	-	<b>1,880</b>	-	-	<b>0,067</b>	<b>0,200</b>	<b>0,296</b>	<b>0,430</b>

<sup>1)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 2,4 m Fuge bei der Attika anzusetzen

<sup>2)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 1,2 m Fuge bei der Decke anzusetzen

<sup>3)</sup> Gesamtlänge der Thermoste

Tabelle 16:  
Spezifischer Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrücken, Befestigungsmittel und Fugen (Wandaufbau b1)

Anschluss		Wärmebrücken		Befestigungsmittel		Fugen				Gesamt	
						gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt
	l	$\psi$	$\psi \cdot l$	$\Delta\psi_B$	$\Delta\psi_B \cdot l$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$
Detail	m	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/(mK)	W/K	W/K	W/K	W/K
Bodenplatte	20,0	-0,020	-0,400	-	-	0,001	0,002	0,012	0,036	-0,388	-0,364
Geschossdecke	18,8	0,001	0,019	-	-	0,001	0,003	0,019	0,056	0,038	0,075
Attika	17,6	-0,052	-0,915	-	-	0,001	0,003	0,018	0,053	-0,898	-0,862
Fensterlaibung	3,6	0,030	0,108	-	-	-	-	-	-	0,108	0,108
Fenster- und Türsturz <sup>1)</sup>	2,4	-0,020	-0,048	-	-	0,001	0,003	0,002	0,007	-0,046	-0,041
Türlaibung	4,6	0,030	0,138	-	-	-	-	-	-	0,138	0,138
Tür, unterer Anschluss <sup>2)</sup>	1,2	0,143	0,172	-	-	0,001	0,003	0,001	0,004	0,173	0,175
Außenecke, Luft	4,05	-0,056	-0,227	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	-0,223	-0,215
Außenecke, Erdreich	1,35	-0,034	-0,046	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	-0,045	-0,043
Innenecke, Luft	4,05	0,032	0,130	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,134	0,142
Innenecke, Erdreich	1,35	0,019	0,026	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,026	0,028
Plattenstoß, Luft	4,05	-	-	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,004	0,012
Plattenstoß, Erdreich	1,35	-	-	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Befestigungsmittel	40	-	-	0,038	1,520	-	-	-	-	1,520	1,520
<b>Summen</b>	-	-	<b>-1,044</b>	-	<b>1,520</b>	-	-	<b>0,067</b>	<b>0,200</b>	<b>0,542</b>	<b>0,675</b>

<sup>1)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 2,4 m Fuge bei der Attika anzusetzen

<sup>2)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 1,2 m Fuge bei der Decke anzusetzen

<sup>3)</sup> Gesamtlänge der Thermolemente

Tabelle 17:  
Spezifischer Transmissionswärmeverlust infolge Wärmebrücken, Befestigungsmittel und Fugen (Wandaufbau b1 mit 95% GFK)

Anschluss		Wärmebrücken		Befestigungsmittel		Fugen				Gesamt	
						gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt	gedämmt	ungedämmt
	l	$\psi$	$\psi \cdot l$	$\Delta\psi_B$	$\Delta\psi_B \cdot l$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Delta\psi_F \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$	$\Sigma\psi \cdot l$
Detail	m	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/K	W/(mK)	W/(mK)	W/K	W/K	W/K	W/K
Bodenplatte	20,0	-0,020	-0,400	-	-	0,001	0,002	0,012	0,036	-0,388	-0,364
Geschossdecke	18,8	0,001	0,019	-	-	0,001	0,003	0,019	0,056	0,038	0,075
Attika	17,6	-0,052	-0,915	-	-	0,001	0,003	0,018	0,053	-0,898	-0,862
Fensterlaibung	3,6	0,030	0,108	-	-	-	-	-	-	0,108	0,108
Fenster- und Türsturz <sup>1)</sup>	2,4	-0,020	-0,048	-	-	0,001	0,003	0,002	0,007	-0,046	-0,041
Türlaibung	4,6	0,030	0,138	-	-	-	-	-	-	0,138	0,138
Tür, unterer Anschluss <sup>2)</sup>	1,2	0,143	0,172	-	-	0,001	0,003	0,001	0,004	0,173	0,175
Außenecke, Luft	4,05	-0,056	-0,227	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	-0,223	-0,215
Außenecke, Erdreich	1,35	-0,034	-0,046	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	-0,045	-0,043
Innenecke, Luft	4,05	0,032	0,130	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,134	0,142
Innenecke, Erdreich	1,35	0,019	0,026	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,026	0,028
Plattenstoß, Luft	4,05	-	-	-	-	0,001	0,003	0,004	0,012	0,004	0,012
Plattenstoß, Erdreich	1,35	-	-	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Befestigungsmittel	40	-	-	0,012	0,480	-	-	-	-	0,480	0,480
<b>Summen</b>	-	-	<b>-1,044</b>	-	<b>0,480</b>	-	-	<b>0,200</b>	<b>0,671</b>	<b>-0,498</b>	<b>-0,365</b>

<sup>1)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 2,4 m Fuge bei der Attika anzusetzen

<sup>2)</sup> Zur Vereinfachung der Tabelle wurden hier auch Fugen berücksichtigt. Eigentlich sind die 1,2 m Fuge bei der Decke anzusetzen

<sup>3)</sup> Gesamtlänge der Thermolemente

## 5 Quellen

**Syspro-Gruppe Betonbauteile e V Hrsg.:** Betonfassaden im Thermowand-System. Erlensee, 2010

**Syspro-Gruppe Betonbauteile e V Hrsg.:** Die Technik zu Decke und Wand. Erlensee, 2013

**EnEV 2009:** Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden

**Planungsatlas für den Hochbau:** [www.planungsatlas-hochbau.de](http://www.planungsatlas-hochbau.de)

**Untersuchungsbericht D3-47a/11:** SysproPart Thermowand mit SE2-Kurzstücken, Verbundnadeln und Syspro-Perfekt-Stäbe. Forschungsinstitut für Wärmeschutz (FIW), München 2012

**DIN 4108-6:** Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Beuth Verlag, Berlin 2003

**DIN EN ISO 6946:** Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren, Beuth Verlag, Berlin 2008.

**DIN EN ISO 10211:** Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen, Beuth Verlag, Berlin 2008

**PSI-Therm 2D:** Wärmebrückensoftware. [www.psi-therm.de](http://www.psi-therm.de). Visionworld GmbH. 2012





**Syspro**<sup>®</sup>  
Qualitätsgemeinschaft

Geschäftsstelle:

**Syspro-Gruppe Betonbauteile e.V.**

Hanauer Straße 31 · 63526 Erlensee

Internet: [www.syspro.de](http://www.syspro.de) · E-Mail: [info@syspro.org](mailto:info@syspro.org)

