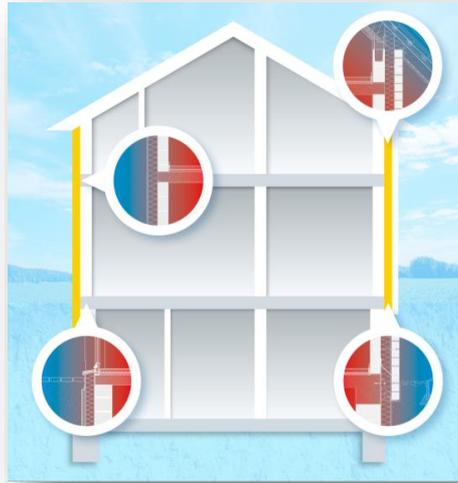


# Kalksandstein Online-Bauseminar – KS-Bayern und KS-Süd



## Wärmebrücken und DIN 4108 Beiblatt 2

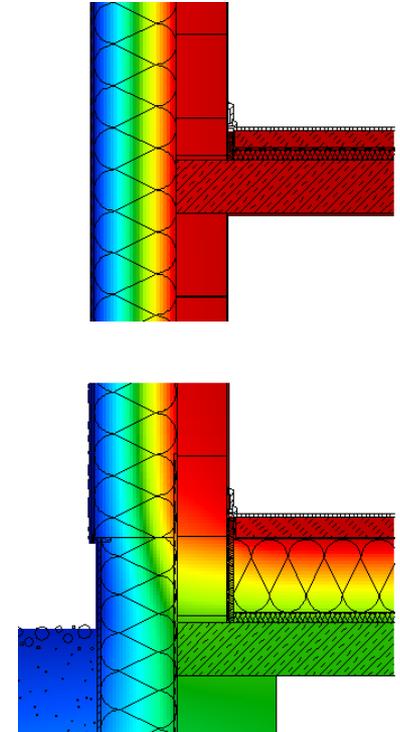
Dr.-Ing. Martin Schäfers

## Gliederung

1. Einleitung
2. Wärmebrückennachweise nach GEG
3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken
4. KS-Wärmebrücken katalog Online
5. Fazit und Ausblick

## Wärmebrücken – Grundlagen

- Schwachstellen in der thermischen Gebäudehülle
- Geometrisch / stofflich bedingte Wärmebrücken
- Lokal erhöhter Wärmestrom
- Reduzierte Oberflächentemperatur auf der Bauteilinnenseite
- Gefahr der Anreicherung von Feuchte
- Gefahr der Schimmelbildung
- Rechnerische Quantifizierung nur EDV-gestützt möglich



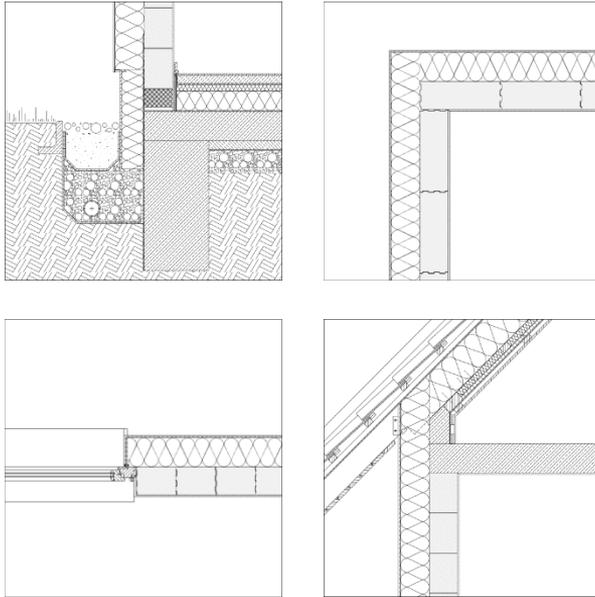
# 1. Einleitung

## Bilanzierung von Transmissionswärmeverlusten

	Flächiges Bauteil	2D-Wärmebrücke	3D-Wärmebrücke
<b>Beispiel</b>			
<b>Kenngroße</b>	Wärmedurchgangskoeffizient	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (psi)	Punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (chi)
<b>Formelzeichen</b>	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\Psi$ [W/mK]	$\chi$ [W/K]
<b>Bilanzierung</b>	$Q_T = U \cdot A$	$Q_T = \Psi \cdot l$	$Q_T = \chi \cdot n$

# 1. Einleitung

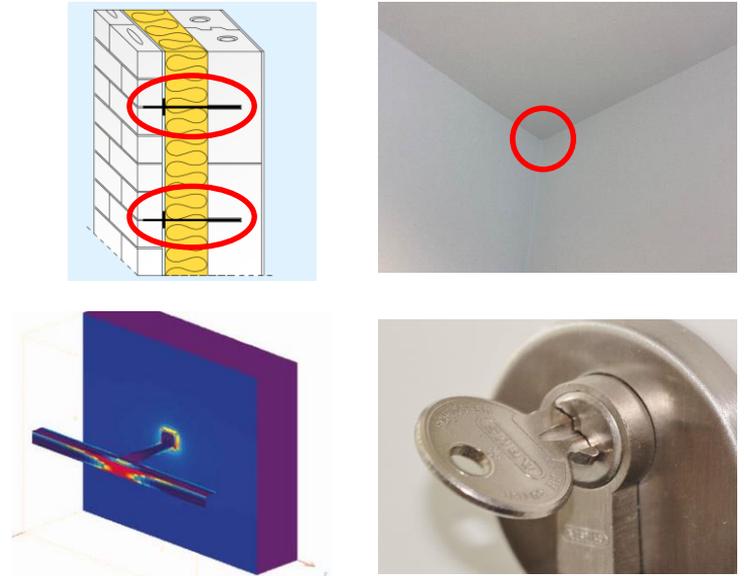
## 2D-Wärmebrücken



**Im WB-Nachweis gemäß  
GEG zu berücksichtigen!**



## 3D-Wärmebrücken



**Werden im U-Wert  
eingerechnet!**

**I.d.R Vernach-  
lässigbar!**

# 1. Einleitung

## Anforderungen an die Oberflächentemperatur an der Innenseite

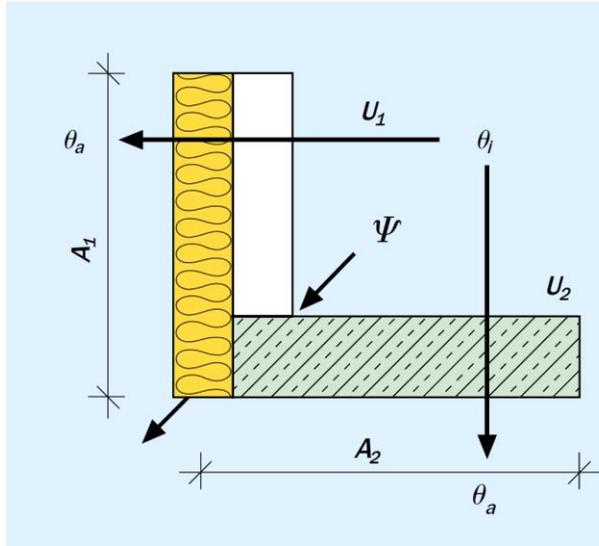
- Mindestwert des Temperaturfaktors an der Innenseite  $f_{RSi}$  gemäß DIN 4108-2 ist überall einzuhalten
- Im Neubau stellt die Einhaltung i.d.R. kein Problem dar
- Bei Anschlussdetails aus DIN 4108 Beiblatt 2 wird die Anforderung erfüllt
- Auch für „Ecken“ die aus „Kanten“ gemäß Beiblatt 2 bestehen kann Anforderung als erfüllt angesehen werden
- Nachweis ist nur in Einzelfällen erforderlich

$$f_{RSi} = \frac{(\theta_{si} - \theta_e)}{(\theta_i - \theta_e)} \geq 0,70 \quad [-]$$



# 1. Einleitung

## Charakterisierung linienförmiger Wärmebrücken



$L = \frac{Q}{\Delta\vartheta}$      $\Psi = L - U_1 \cdot A_1 - U_2 \cdot A_2$

**L:**        Thermischer Leitwert  
**U:**        U-Wert  
**A:**        Fläche  
**Q:**        Wärmestrom  
 $\Delta\theta = \Delta\vartheta$ : Lufttemperaturdifferenz  
zwischen außen und innen

## Gliederung

1. Einleitung
2. Wärmebrückennachweise nach GEG
3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken
4. KS-Wärmebrückenkatalog Online
5. Fazit und Ausblick

## 2. Wärmebrückennachweise nach GEG

---

### Regelungen zu Wärmebrücken im GEG

§ 12

#### Wärmebrücken

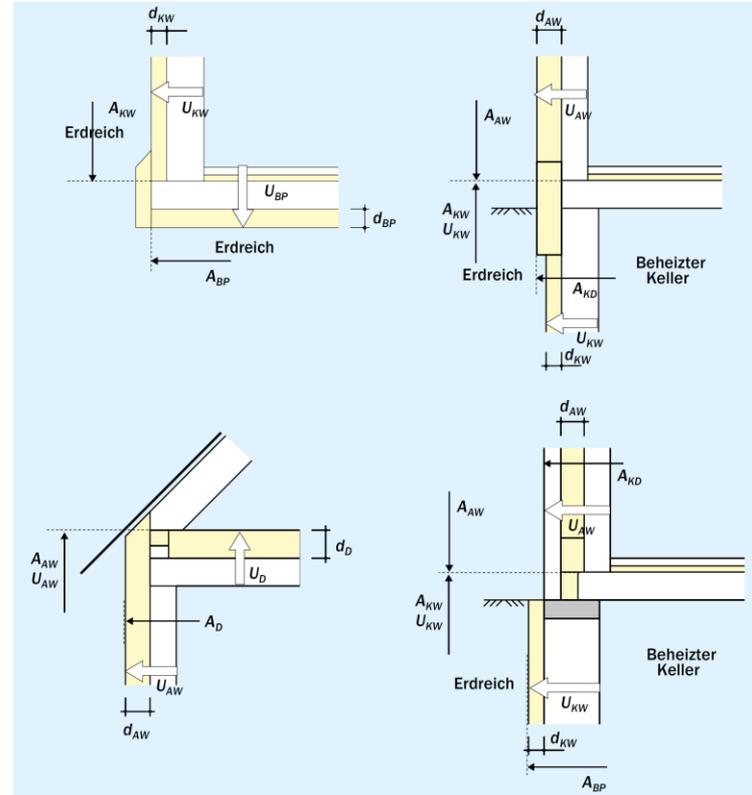
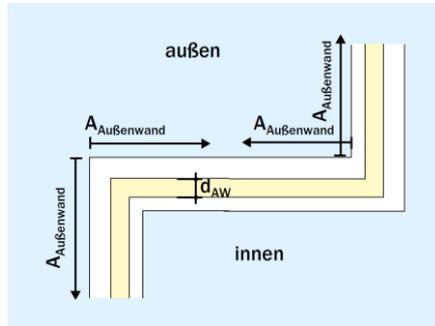
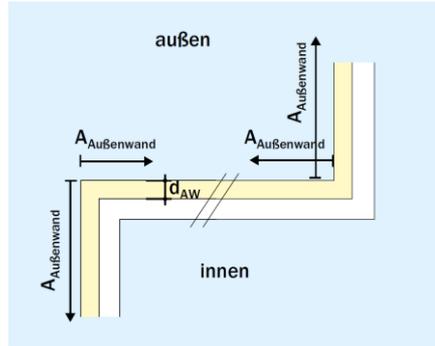
Ein Gebäude ist so zu errichten, dass der Einfluss konstruktiver Wärmebrücken auf den Jahres-Heizwärmebedarf nach den anerkannten Regeln der Technik und nach den im jeweiligen Einzelfall wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen so gering wie möglich gehalten wird.

#### Konkretisierung durch § 24 – Einfluss von Wärmebrücken

- Berücksichtigung des Einflusses von Wärmebrücken auf  $Q_p$  nach DIN V 18599-2 oder DIN V 4108-6 (bis 2023-12)
- Gleichwertigkeitsnachweis nicht erforderlich, wenn angrenzende Bauteile kleinere U-Werte aufweisen als in DIN 4108 Bbl. 2
- Neue Kategorie B darf auch bei Berechnung nach DIN V 4108-6 verwendet werden

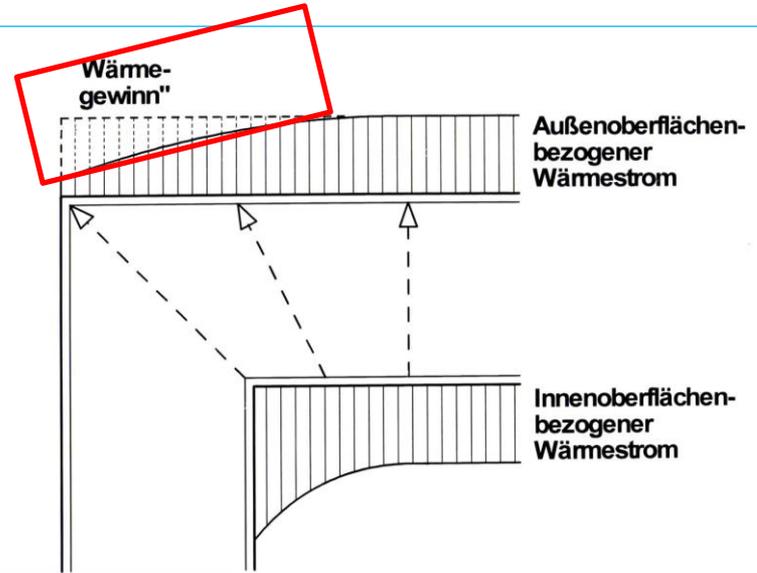
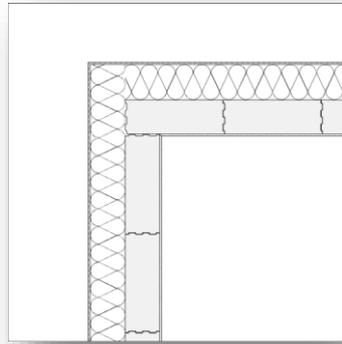
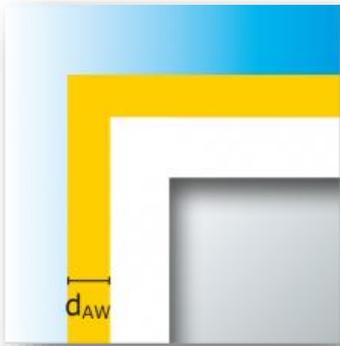
## 2. Wärmebrückennachweise nach GEG

### Maßbezüge nach DIN V 18599-1



## 2. Wärmebrückennachweise nach GEG

### Maßbezüge nach DIN V 18599-1



Dicke der Außenwanddämmung $d_{AW}$ [cm]	Dicke der Außenwanddämmung $d_{AW}$ [cm]
10	-0,065
14	-0,058
18	-0,054
24	-0,052
30	-0,050

## 2. Wärmebrückennachweise nach GEG

---

### Nachweisverfahren nach DIN V 18599-2 und DIN V 4108-6

$$H_T = \sum_i (F_i \cdot U_i \cdot A_i) + \Delta U_{WB} \cdot A_{ges}$$

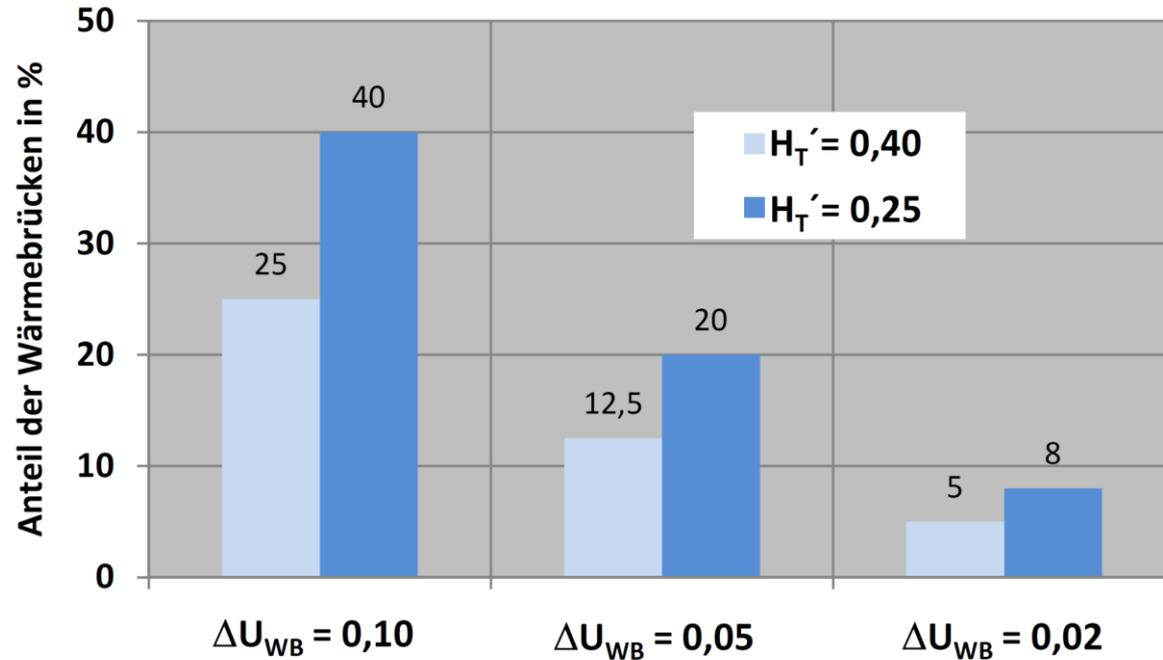
## 2. Wärmebrückennachweise nach GEG

### Nachweisverfahren nach DIN V 18599-2

Nr.	Art	$\Delta U_{WB}$ in W/(m <sup>2</sup> ·K)	Beschreibung
<b>1 Pauschal, allgemein</b>			
1.1	Ohne weiteren Nachweis	0,10	Hoher Zuschlag, entspricht einer Erhöhung aller U-Werte der Hüllfläche um 0,10 W/(m <sup>2</sup> ·K).
1.2	Ohne weiteren Nachweis, bei Innendämmung	0,15	Bei Außenbauteilen mit Innendämmung und einbindenden Massivbauteilen. Hoher Zuschlag, entspricht einer Erhöhung aller U-Werte der Hüllfläche um 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K).
<b>2 Pauschal, reduziert, mit Überprüfung und Einhaltung der Gleichwertigkeit nach DIN 4108 Beiblatt 2</b>			
2.1	Kategorie A	0,05	Bei Gleichwertigkeit aller relevanten Wärmebrücken zu Kategorie A der DIN 4108 Beiblatt 2.
2.2	Kategorie B	0,03 <b>Neu!</b>	Bei Gleichwertigkeit aller relevanten Wärmebrücken zu Kategorie B (verbesserte Wärmebrückenvermeidung) der DIN 4108 Beiblatt 2.
<b>3 Projektbezogen</b>			
3.1	Individueller (detaillierter) Zuschlag	$\sum (\Psi_i \cdot l_i) / A$	Individuelle $\Psi$ -Werte je Wärmebrücke z.B. aus dem KS-Wärmebrücken-katalog. $l_i$ ist jeweils die Länge der Wärmebrücke, A die gesamt wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bzw. der Zone

## 2. Wärmebrückennachweise nach GEG

### Anteil der Wärmebrücken am Transmissionswärmeverlust



## Gliederung

1. Einleitung
2. Wärmebrückennachweise nach GEG
- 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken**
4. KS-Wärmebrückenkatalog Online
5. Fazit und Ausblick

# 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

## DIN 4108 Beiblatt 2: 2019-06

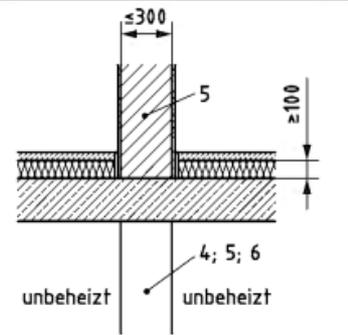
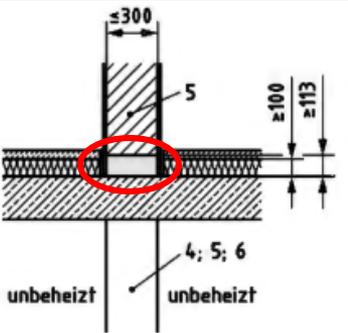


### Neuerungen

- Aufnahme bisher fehlender Details
- Abgleich mit aktuell üblichen Bauweisen
- Einführung einer zweiten, verbesserten Kategorie von Wärmebrücken (B)
- Einführung eines „kombinierten“ Nachweises
- Neue Vorgehensweise bei Bauelementen wie Fenstern
- $\Sigma$  214 Seiten

### 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

## Kategorie A und B – Beispiel

104	Kellerdecke innengedämmt unbeheizter Keller Innenwand massiv			$\leq 0,33$	A	Tabelle 108, Zeile 15
$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$						
105	Kellerdecke innengedämmt unbeheizter Keller Innenwand massiv mit Wärmedämmstein		gilt auch für Mauerwerk aus Material 4 ohne Wärmedämmstein	$\leq 0,17$	B	Tabelle 108, Zeile 15
$\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$						

## 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

---

### Gleichwertigkeitsnachweis (nur für pauschalen Nachweis)

#### 1. Bildlich

- Konstruktives Grundprinzip ist gleich
- Bauteilabmessungen und Baustoffeigenschaften stimmen mit denen aus Beiblatt 2 überein
- Bei Materialien mit abweichendem  $\lambda$  erfolgt Nachweis über  $R$
- Bildlicher Nachweis gilt auch dann als erfüllt, wenn rechnerischer Nachweis nicht eingehalten werden kann!

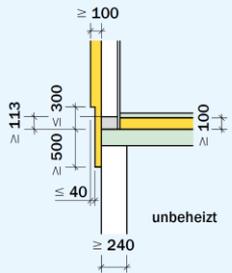
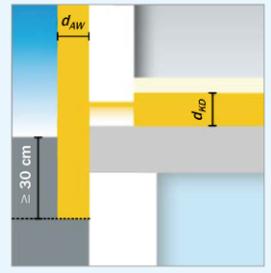
#### 1. Rechnerisch

- Geplantes Detail wird nach DIN EN ISO 10211 mit Randbedingungen aus Bbl. 2 numerisch berechnet
- Alternativ können Werte aus Wärmebrückenkatalogen verwendet werden
- Gleichwertigkeit gilt als erfüllt, wenn:

$$\Psi_{vorh} \leq \Psi_{ref}$$

# 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

## Beispiel eines rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweises

Bauteilanschluss: Sockelanschluss an den unbeheizten Keller		
	DIN 4108 Beiblatt 2	Kalksandstein-Wärmebrückenkatlog
<b>Bildlicher Nachweis</b>		
<b>Überprüfung:</b>		
Dämmdicke Außenwand	≥ 100 mm	= 180 mm
Dämmdicke Kellerdecke	≥ 100 mm	= 120 mm
Länge flankierender Dämmung	≥ 500 mm	= 300 mm
Höhe KS-Wärmedämmstein	≥ 113 mm	= 113 mm
Dicke Kellerwand	≥ 240 mm	= 300 mm
	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die Länge der flankierenden Dämmung auf der Kelleraußenwand ist geringer als in der Beispielskizze aus DIN 4108 Beiblatt 2</li> <li>→ Bildlicher Gleichwertigkeitsnachweis ist nicht eingehalten.</li> </ul>	
<b>Rechnerischer Nachweis</b>	$\Psi_{Ref,Kat.B} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\Psi = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Der individuelle <math>\Psi</math>-Wert des Bauteilanschlusses ist geringer als der Referenzwert <math>\Psi_{Ref}</math> nach DIN 4108 Beiblatt 2 für die Kategorie B</li> <li>→ Rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis ist eingehalten. Das Detail entspricht nach DIN 4108 Beiblatt 2 der Kategorie B.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Im EnEV-Nachweis darf ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag von 0,03 W/(m<sup>2</sup>·K) angesetzt werden, sofern alle anderen relevanten Wärmebrücken ebenfalls der Kategorie B entsprechen.</li> </ul>	

### 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

**Kombinierter Nachweis:**  $\Delta U_{WB,vorh} = \dots$

**Fall 1:** Vorliegendes Detail ist nicht im Beiblatt 2 enthalten

$$\text{A} \quad \sum_i \frac{l_i \cdot \Psi_i}{A} + 0,05$$

$$\text{B} \quad \sum_i \frac{l_i \cdot \Psi_i}{A} + 0,03$$

**Fall 2:** Gleichwertigkeit zum Beiblatt 2 - Detail kann für eine Kategorie nicht nachgewiesen werden

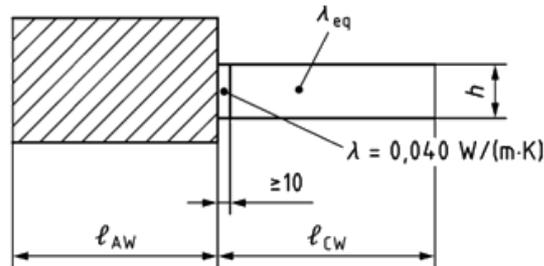
$$\text{A} \quad \sum_i \frac{l_i \cdot (\Psi_i - \Psi_{Ref,i})}{A} + 0,05$$

$$\text{B} \quad \sum_i \frac{l_i \cdot (\Psi_i - \Psi_{Ref,i})}{A} + 0,03$$

### 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

## Berücksichtigung von Fenstern gemäß DIN 4108 Beiblatt 2

- 1. Möglichkeit:
  - Homogene Ersatzmaske
  - „Holz“-Rahmen mit  $h = 70$  mm



**wie bisher ...**

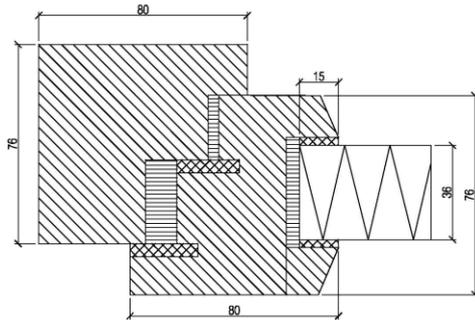
### 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

## Berücksichtigung von Fenstern gemäß DIN 4108 Beiblatt 2

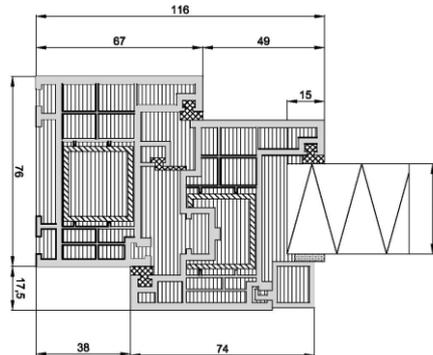
- 2. Möglichkeit:
  - Ersatzmaske mit Referenzrahmen

**Neu!**

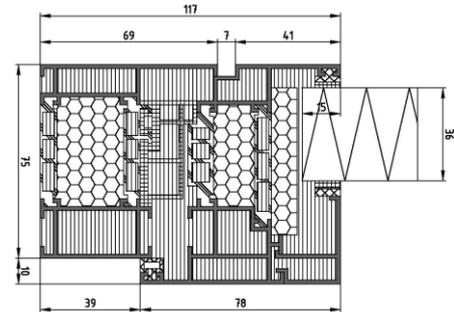
Holzrahmen



Kunststoffrahmen



Metallrahmen



## 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

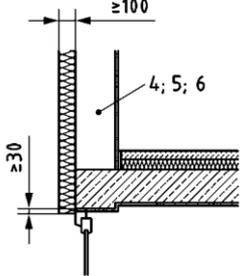
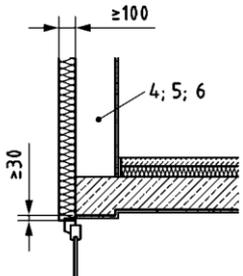
---

### Berücksichtigung von Fenstern gemäß DIN 4108 Beiblatt 2

- 3. Möglichkeit:
  - konkreter Fensterrahmen

### 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

## Berücksichtigung von Fenstern gemäß DIN 4108 Beiblatt 2

235	<p>Fenstersturz</p> <p>Außenwand außengedämmt mit Geschosdecken-einbindung</p>		<p>Überdämmung <math>\geq 3</math> cm (inklusive 1 cm Fuge)</p> <p>Fensterlage gilt für Achsmaß (Mitte) des Blendrahmens in der äußeren Hälfte der Tragschale</p>	$\psi_{\text{ref,Ers}} \leq 0,14$ / $\psi_{\text{ref,det}} \leq 0,18$	A	Tabelle 108, Zeile 28
236	<p>Fenstersturz</p> <p>Außenwand außengedämmt mit Geschosdecken-einbindung</p> <p>Blendrahmen in Dämmebene</p>		<p>Fensterlage gilt für Blendrahmen vollständig in der Dämmebene</p> <p>Überdämmung <math>\geq 3</math> cm (inklusive 1 cm Fuge)</p>	$\psi_{\text{ref,Ers}} \leq 0,07$ / $\psi_{\text{ref,det}} \leq 0,10$	B	Tabelle 108, Zeile 28

### 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

## Eignung der Nachweisverfahren für Fenster und Bauelemente

Verfahren für Gleichwertigkeit/Berechnung Nachweisart $\Delta U_{WB}$	1 bildlich	2 Ersatzmaske	3 Referenzrahmen	4 Konkreter Fensterrahmen
Pauschal (inkl. Kategorie A und B)	✓	✓ $(\Psi_{ref,Ers})$	✓ $(\Psi_{ref,det})$	✓ $(\Psi_{ref,det})$
Kombiniert	✓ Wenn Fensteranschluss gleichwertig	✓ Wenn Fensteranschluss nicht gleichwertig: $\Psi_{vorh} = \Psi_{vorh,Ers} + (\Psi_{ref,det} - \Psi_{ref,Ers})$	✓	✓
Projektbezogen (detailliert)	X	✓ $\Psi_{vorh} = \Psi_{vorh,Ers} + (\Psi_{ref,det} - \Psi_{ref,Ers})$	✓	✓

**Nur mit Korrektur, führt zu ungünstigen Werten!**

### 3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken

## Fensteranschlüsse im KS-Wärmebrücken-katalog Online

Bautiefe $d_f$	$\leq$ ca. 70 mm	ca. 80 mm	$\geq$ ca. 90 mm
Typische $U_f$ -Werte	1,4 oder größer	1,3...1,2	1,1 oder kleiner
Zum Vergleich: verwendete Bau- tiefe $d_f$ im KS-WBK	■ Holz 76 mm ■ Kunststoff 76 mm	■ Holz 82 mm ■ Kunststoff 82 mm	■ Holz 92 mm ■ Kunststoff 90 mm

Referenzrahmen  
aus DIN 4108  
Beiblatt 2

Für KS-WBK ent-  
wickelte Referenz-  
rahmen

- $\psi$ -Werte im KS-Wärmebrücken-katalog wurden mit Referenzrahmen berechnet
- Für thermisch bessere Fenster als in DIN 4108 Beiblatt 2 wurden weitere Referenzrahmen entwickelt
- Alle  $\psi$ -Werte im KS-Wärmebrücken-katalog können direkt für detaillierte WB-Nachweise verwendet werden

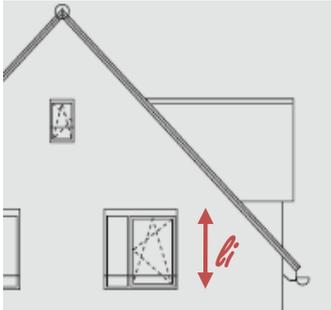
## Gliederung

1. Einleitung
2. Wärmebrückennachweise nach GEG
3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken
- 4. KS-Wärmebrückenkatalog Online**
5. Fazit und Ausblick

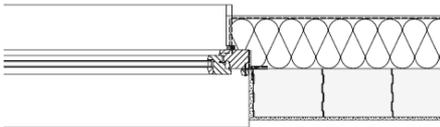


## Detaillierter Wärmebrückennachweis mit dem KS-WBK Online

### 1) Länge der WB bestimmen



### 2) Passenden Anschluss aus KS-WBK suchen



### 3) $\Psi$ abhängig von der Dämmdicke der Bauteile auswählen

		Fenstersystem			
		Holz			
		Rahmendicke $d_f$ [mm]			
Dicke der Außenwanddämmung $d_{AW}$ [cm]		76	82	92	
		10	0,040	0,045	0,042
		14	0,046	0,050	0,047
		18	0,050	0,054	0,051
		24	0,055	0,060	0,057
		30	0,059	0,063	0,060

### 4) Die Schritte 1 bis 3 für alle relevanten Wärmebrücken wiederholen.

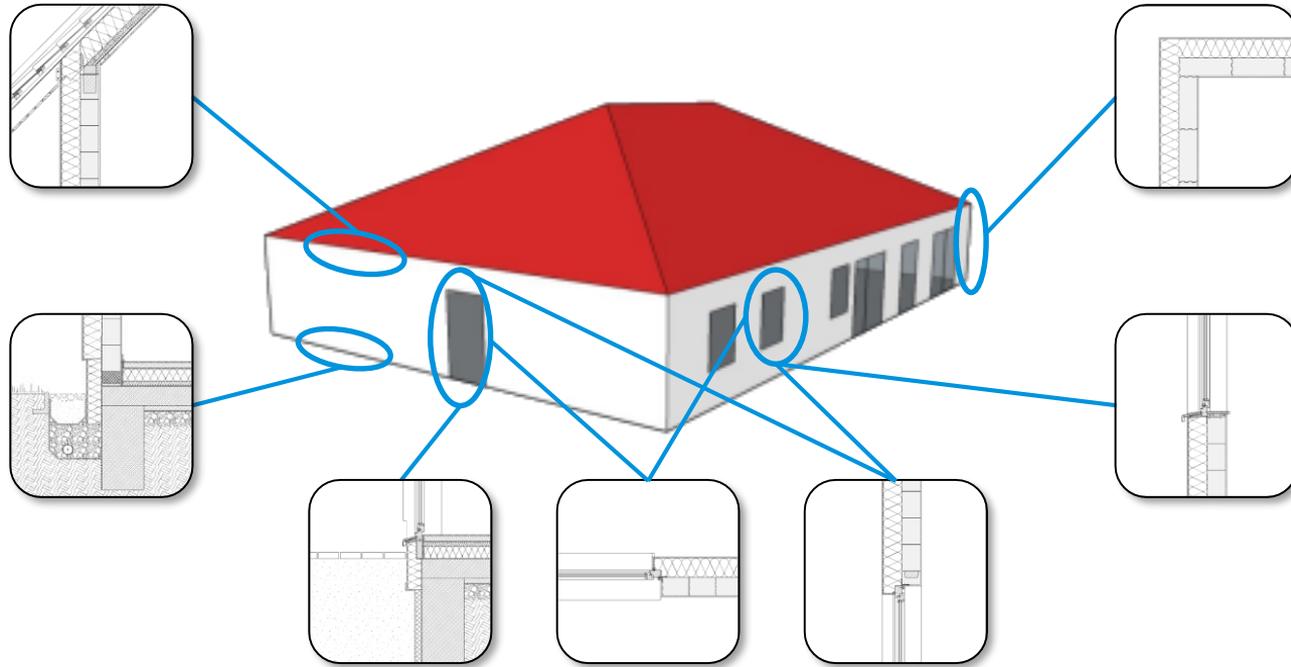
# 4. KS-Wärmebrückenkatalog Online

## Automatische Berechnung im KS-WBK Online

Kalksandstein Wärmebrücken <sup>1)</sup>						
Nr.	Name der WB	WB-Nr.	$\Psi_i$ [W/(mK)]	$l_i$ [m]	$\Psi_i \cdot l_i$ [W/K]	
1	Einschalige Außenwand mit WDVS Bodenplatte oberseitig gedämmt, Gründung auf Streifenfundament	2.1.1	0,098	44,00	4,312	■
2	Einschalige Außenwand mit WDVS Außenecke	2.5.1	-0,054	12,32	-0,665	■
3	Einschalige Außenwand mit WDVS Traufe	2.8.1	-0,020	61,38	-1,228	■
4	Innenwandanschlüsse Bodenplatte oberseitig gedämmt, Gründung auf Streifenfundament	4.1.1	0,136	25,48	3,465	■
5	Innenwandanschlüsse Bodenplatte oberseitig gedämmt, Gründung auf Streifenfundament	4.1.1	0,168	28,82	4,842	■
6	Einschalige Außenwand mit WDVS Fenstersturz und einbindende Decke	2.6.2.1	0,003	20,38	0,061	
7	Einschalige Außenwand mit WDVS Fensterlaibung	2.6.1.1	0,003	51,30	0,154	
8	Einschalige Außenwand mit WDVS Terrassenfensteranschluss (unten), Bodenplatte (oberseitig gedämmt)	2.6.3.3	-0,158	5,04	-0,796	■
Eigene Wärmebrücken <sup>2)</sup>						
Aufsummation			$\Sigma(\Psi_i \cdot l_i) = 10,145$ [W/K]			
Hüllfläche			$A = 643,80$ [m <sup>2</sup> ]			
Wärmebrückenzuschlag			$\Delta U_{WB} = 0,016$ [W/(m <sup>2</sup> K)]			

# 4. KS-Wärmebrücken katalog Online

## Beispielobjekt



## 4. KS-Wärmebrückenkatalog Online

### Beispielobjekt

Bauteil	Dicke Dämmstoff/Bauteil
Außenwand KS + WDVS	$d_{AW} = 18 \text{ cm}$
Bodenplatte	$d_{AW} = 16 \text{ cm}$
Dach	$d_{Dach} = 24 \text{ cm}$
Fenster, Kunststoffrahmen	$d_F = 76 \text{ mm}$
Innenwände	$d_{IW} = 17,5 \text{ cm} / 24 \text{ cm}$

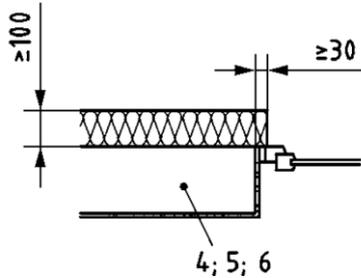
## 4. KS-Wärmebrückenkatalog Online

[www.ks-waermebruecken.de](http://www.ks-waermebruecken.de)



## Fenster in Wandebene

### Bbl. 2, Kategorie A:



- Gilt für Achsmaß Blendrahmen in der äußeren Hälfte der Tragschale

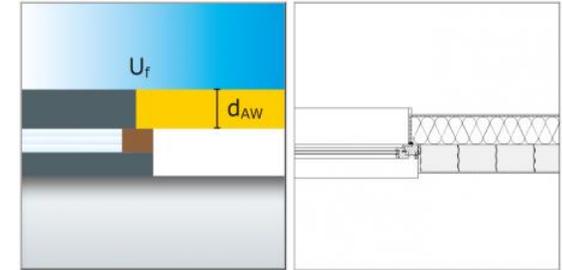
### 2.7.1.1 Fensterlaibung

Nr. DIN 4108 Beiblatt 2: 226

$\psi = 0,050$  W/(mK)

$\psi_{Ref,A} = 0,18$

$\psi_{Ref,B} = 0,07$



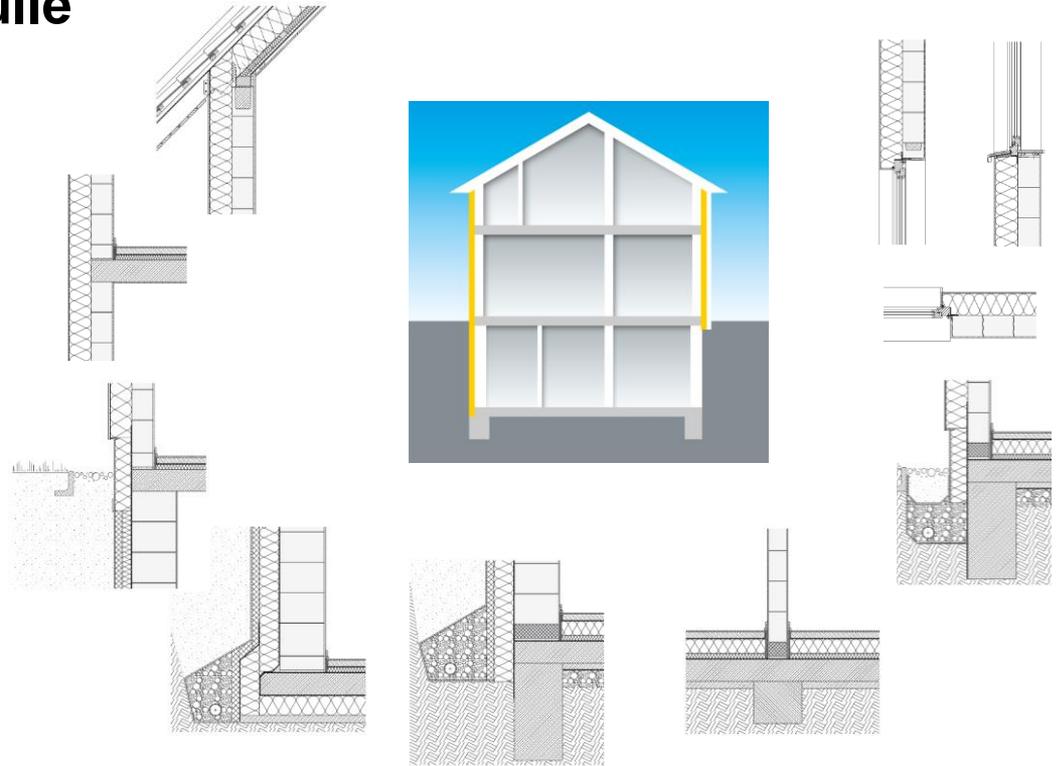
		Fenstersystem					
		Holz			Kunststoff		
		Rahmendicke $d_f$ [mm]			Rahmendicke $d_f$ [mm]		
		76	82	92	76	82	90
Dicke der Außenwanddämmung $d_{AW}$ [cm]	10	0,040	0,045	0,042	0,037	0,041	0,040
	14	0,046	0,050	0,047	0,043	0,046	0,045
	18	0,050	0,054	0,051	0,046	0,050	0,049
	24	0,055	0,060	0,057	0,051	0,055	0,054
	30	0,059	0,063	0,060	0,055	0,058	0,058

## Gliederung

1. Einleitung
2. Wärmebrückennachweise nach GEG
3. DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmebrücken
4. KS-Wärmebrückenkatalog Online
5. Fazit und Ausblick

## 5. Fazit

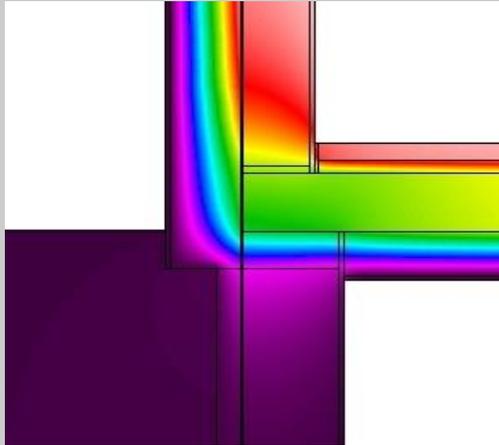
# Geschlossene thermische Hülle durch KS-Bauweise mit „Funktionstrennung“



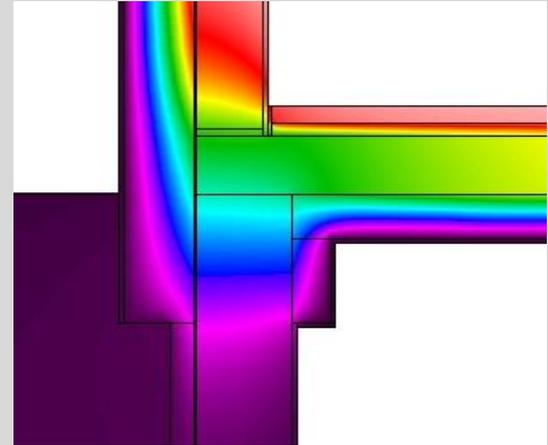
## 5. Fazit

### Wärmebrückenoptimierung mit dem KS-Wärmedämmstein

KS-Keller mit KS-Wärmedämmstein



Betonkeller

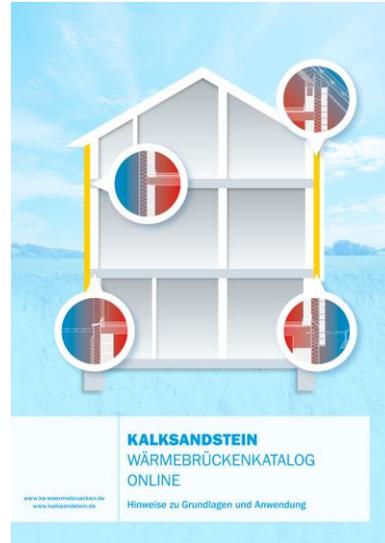


## 5. Fazit

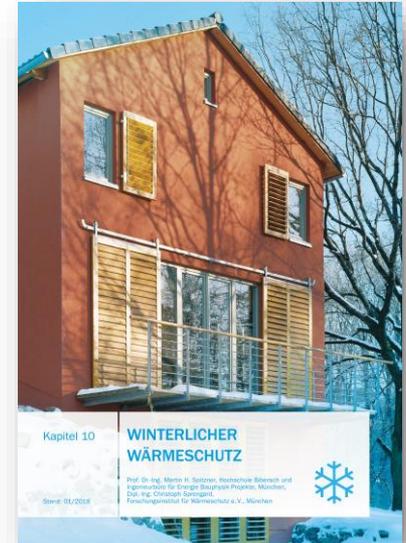
### Hilfsmittel rund um das Thema Wärmebrücken



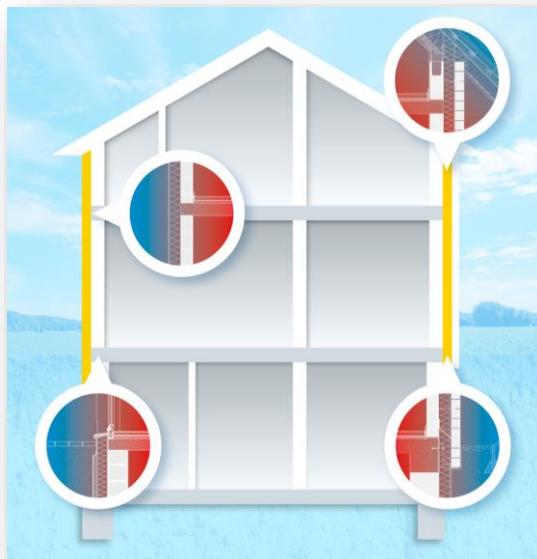
**KS-Wärmebrücken katalog  
Online**



**Broschüre zum KS-WBK  
Grundlagen zur Anwendung**



**KS-Planungshandbuch  
Kapitel Winterlicher Wärmeschutz**



**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

[www.kalksandstein.de](http://www.kalksandstein.de)

[www.ks-waermebruecken.de](http://www.ks-waermebruecken.de)