

**DÄMMWERK**  
Bauphysik-Software

## **Wärmebrücken, praxisnahe Berechnungsbeispiele**

- ▶ PSI-Wert
- ▶ Schimmelpilzbildung
- ▶ Wärmebrückenkonstruktion
- ▶ Bauteilanschlüsse und Isothermen



## Inhalt

|   |    |
|---|----|
| 1 Wärmebrücken .....  | 4  |
| 1.1 Übersicht .....   | 4  |
| 1.2 Projekt anlegen.....  | 6  |
| 1.3 Außenwandanschluss (Außenecke) .....                                      | 6  |
| 1.4 Fensteranschluss .....  | 12 |
| 1.5 Geschossdeckenanschluss .....   | 16 |
| 1.6 Sockelanschluss, Gleichwertigkeitsnachweis gemäß DIN 4108 Bbl. 2.....     | 24 |
| 1.7 Auskragende Balkonplatte (... aus bestehender Konstruktion) .....         | 31 |
| 1.8 Traufanschluss (schräger Anschluss) .....                                 | 33 |
| 1.9 Konstruktion und Isothermenberechnung für eine Wand mit Betonstütze ..... | 40 |
| 1.10 Schimmelpilzuntersuchung 3D .....  | 45 |
| (nicht mehr Bestandteil der DIN 4108-02 2003-07 )                             |    |
| 1.10.1 Konstruktion Flachdachanschluss mit Attika .....                       | 47 |
| 1.10.2 Schimmelpilzuntersuchung .....   | 48 |
| 2.0 Drucken.....  | 51 |

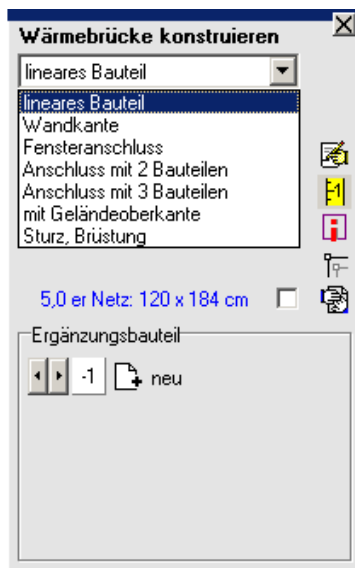
# 1 Wärmebrücken

## 1.1 Übersicht

Mit DÄMMWERK lassen sich unterschiedliche Arten von Wärmebrücken konstruieren. Die nachfolgende Übersicht soll Ihnen einen kurzen Überblick darüber geben, wie Sie die einzelnen Arten konstruieren können.

Über „Wärmebrücke konstruieren“ in der oberen Menüleiste öffnen Sie das Eingabefenster. Dort müssen Sie, bevor Sie mit der Konstruktion der Wärmebrücke beginnen, die Art der Wärmebrücke wie unten dargestellt wählen.

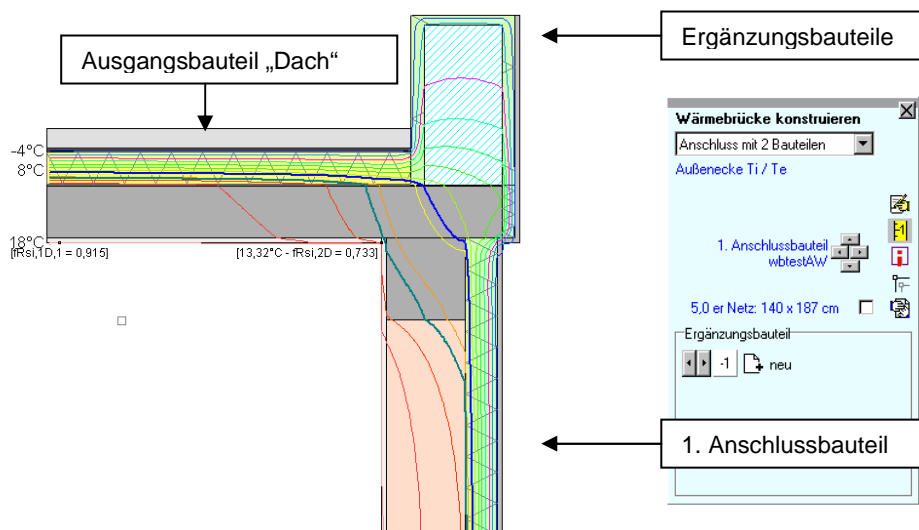
### Wärmebrücken konstruieren



|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Lineares Bauteil:</b>          | Wände, Decken, ...                                |
| <b>Wandkante :</b>                | Außen,- u. Innenecken                             |
| <b>Fensteranschlüsse:</b>         | Fenster   |
| <b>Anschluss mit 2 Bauteilen:</b> | Sockelanschluss, ...                              |
| <b>Anschluss mit 3 Bauteilen:</b> | Geschossdeckenanschluss, auskragende Balkonplatte |
| <b>Mit Geländeoberkante:</b>      | Fußboden zu Erdreich                              |
| <b>Sturz, Brüstung:</b>           | Sturz, Brüstung                                   |

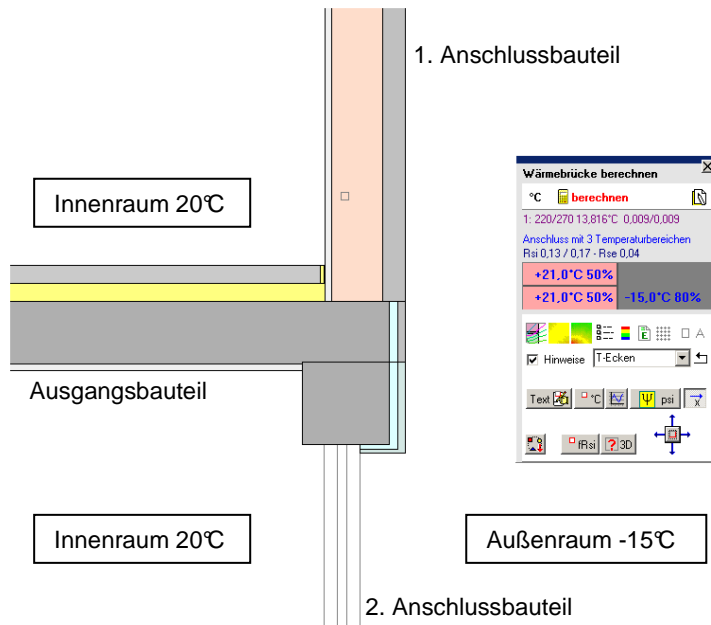
### Beispiel: Attikaabschluss

Anschluss mit zwei Bauteilen und Einbauteile. Geladen wird das Bauteil „Flachdach“, die Außenwand wird als „1. Anschlussbauteil“ dazugeladen. Über „Ergänzungsbauteile“ wird die Wärmebrücke komplettiert.



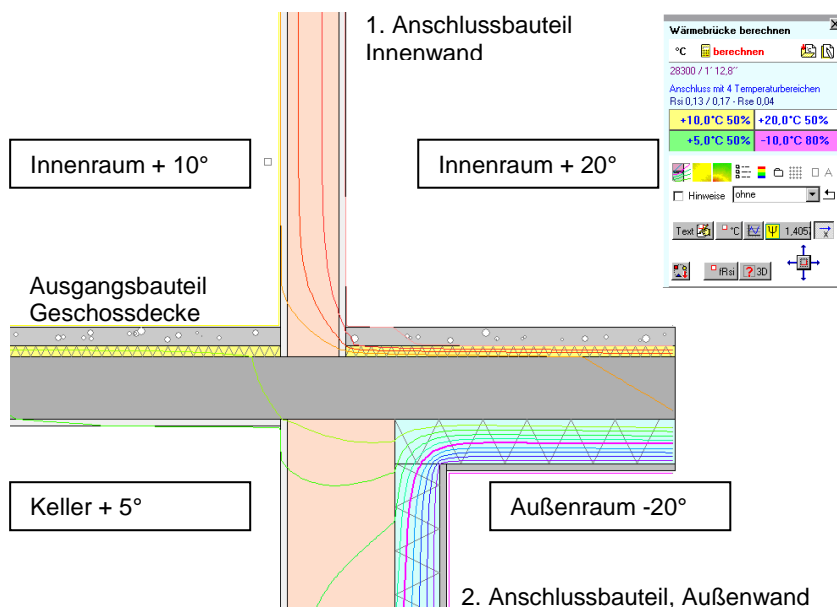
### Beispiel Anschluss mit 3 Bauteilen und 3 Temperaturbereichen

Sie müssen einstellen, wie viele Temperaturbereiche die Wärmebrücke aufweist. Es können bis zu vier Temperaturbereiche gewählt werden. Das Beispiel unten zeigt eine Wärmebrücke mit drei Temperaturbereichen und deren Darstellung im Eingabefenster „Wärmebrücken berechnen“, wo Sie die Temperaturen der Bereiche eingeben können.



### Beispiel Anschluss mit 3 Bauteilen und 4 Temperaturbereichen

Drei unterschiedlichen Innentemperaturen werden dargestellt. Ausgangsbauteil ist die Geschossdecke, Anschlussbauteil 1 ist die Innenwand, Anschlussbauteil 2 ist die Außenwand.



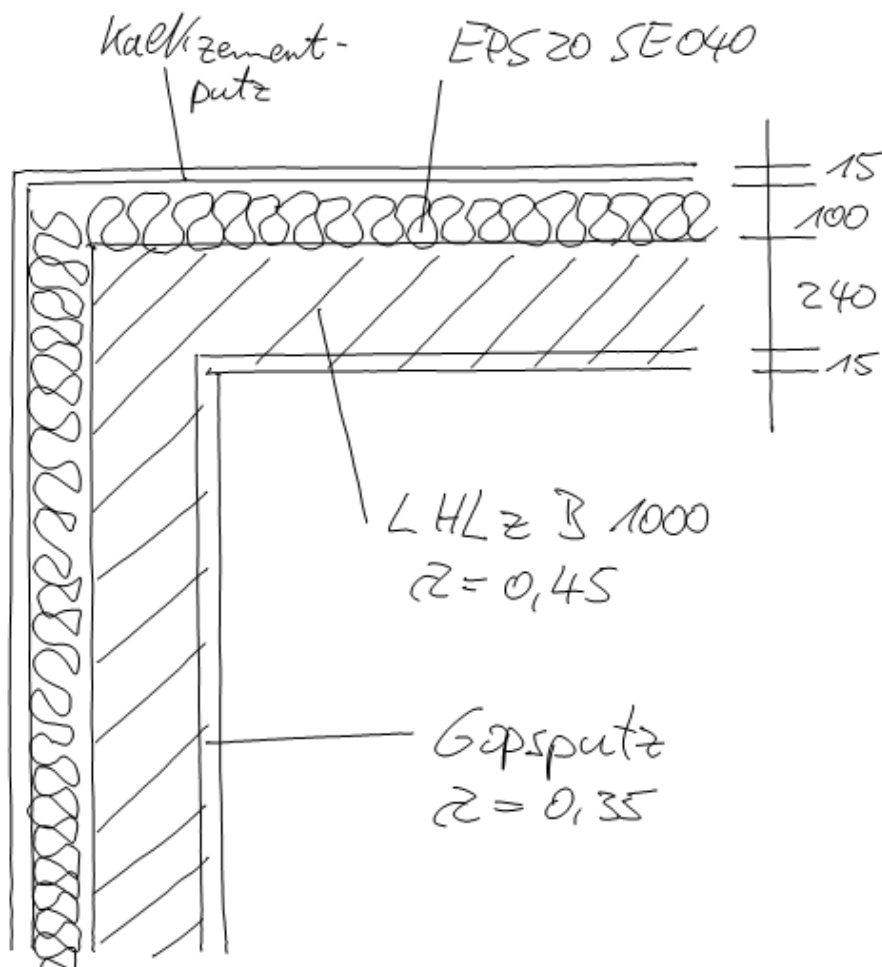
## 1.2 Projekt anlegen

► Legen Sie sich ein neues Projekt mit dem Namen „Bauteilanschlüsse“ unter dem Projektverzeichnis C:\dw2012 an.

## 1.3 Außenwandanschluss (Außenecke)

### Aufgabenstellung

Es soll ein Außenwandanschluss thermisch untersucht werden. Berechnen Sie den PSI-Wert und führen Sie den Nachweis zur Vermeidung der Schimmelpilzbildung gemäß DIN 4108 Bbl. 2. Als Grundlage steht Ihnen folgende Skizze zur Verfügung.



### ► Anleitung Schritt für Schritt:

Wechseln Sie in das Bauteilformular „Bauteile“ in der linken Menüführung und legen Sie sich ein neues Bauteil über „neues Bauteil“ in der oberen Menüleiste mit dem Namen „Außenwand“ an. Geben Sie den Schichtaufbau über den Baustoffassistenten wie gezeigt ein (alternativ können Sie den Baustoffassistenten mit F6 öffnen).

### Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$          |           |                                |                      |                     | 0,130                     |
| 01 Gipsputz       | 1,50      | 1200                           | 18,0                 | 0,350               | 0,043                     |
| 02 LHLz B 1000    | 24,00     | 1000                           | 240,0                | 0,450               | 0,533                     |
| 03 EPS 20 SE 040  | 10,00     | 20                             | 2,0                  | 0,040               | 2,500                     |
| 04 Kalkzementputz | 1,50      | 1800                           | 27,0                 | 0,870               | 0,017                     |
| $R_{se}$          |           |                                |                      |                     | 0,040                     |

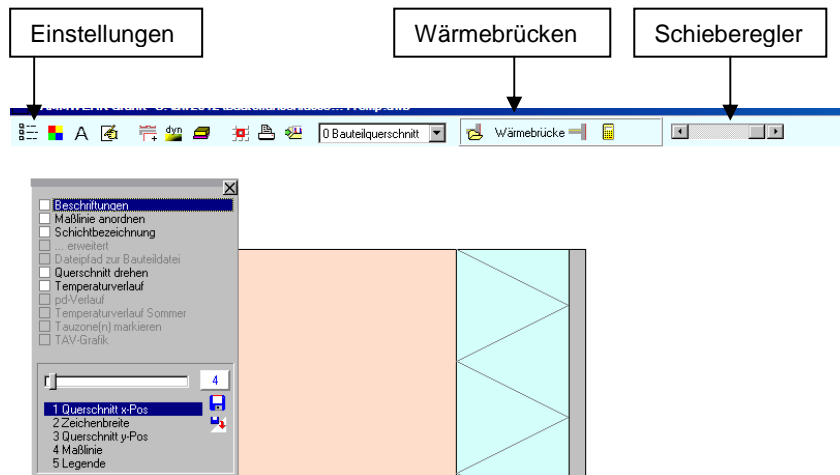
  

|     |       |     |       |         |      |
|-----|-------|-----|-------|---------|------|
| d = | 37,00 | G = | 287,0 | $R_T =$ | 3,26 |
|-----|-------|-----|-------|---------|------|

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,306 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

► Erstellen Sie nun eine Kopie des Bauteiles. Öffnen Sie die Bauteilübersicht über „Bauteile“ (obere Menüleiste), wählen Sie das Bauteil aus und wählen das Symbol „Kopie“ an. Als Namen geben Sie „Außenwandaußenecke-PSI“ ein.

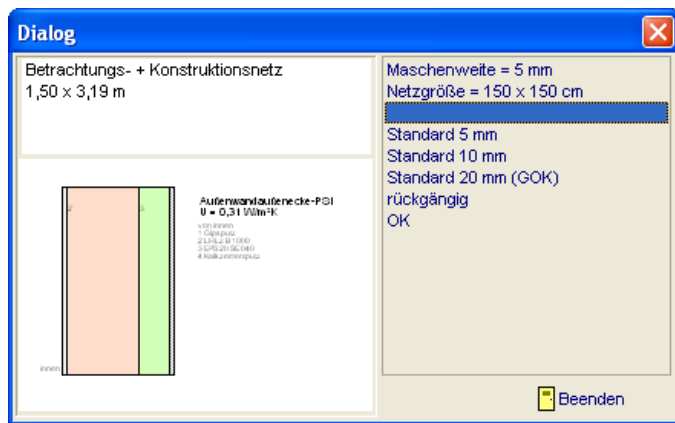
Wechseln Sie in das Grafikenfenster, indem Sie auf die Grafik im rechten oberen Bildschirmbereich klicken oder in der linken Menüführung auf „Wärmebrücken“ klicken. Über den Menüpunkt „Einstellungen“ können Sie sich die Bezeichnungen und ggf. die Maßkette deaktivieren. (Haken entfernen)



Nun richten Sie die Größe Ihres Bauteils über den Schieberegler ein

Über „Wärmebrücken“ in der Menüleiste des Grafikenfensters öffnen Sie sich den Dialog zum Konstruieren von Wärmebrücken. Das Bauteil dreht sich nun in eine waagerechte Position, da die Grundlage der Wärmebrückenberechnung aus der Waagerechten beginnt.

Es öffnet sich der Dialog zum Konstruieren von Wärmebrücken. Hier wählen Sie in den Berechnungsmodellen (Klappmenü) „Wandkante für eine Außenecke“ an. Somit haben Sie die Außenwandaußenecke konstruiert. Stellen Sie Ihr Berechnungsnetz mit „Maschenweite = 5 mm“ und „Netzgröße = 150 x 150 cm“ ein.



→ **Tipp:**

Ihr Netz (Maschenweite) sollte immer genügend groß gewählt werden, **damit später die Isothermen in den Schnittkanten wieder ungestört parallel verlaufen**. Durch die Normung wird ein Mindestabstand (gemessen von der Innenecke) vorgegeben. Früher gab es den Richtwert von einem Meter, heute soll von einer 3-4-fachen Bauteildicke ausgegangen werden.

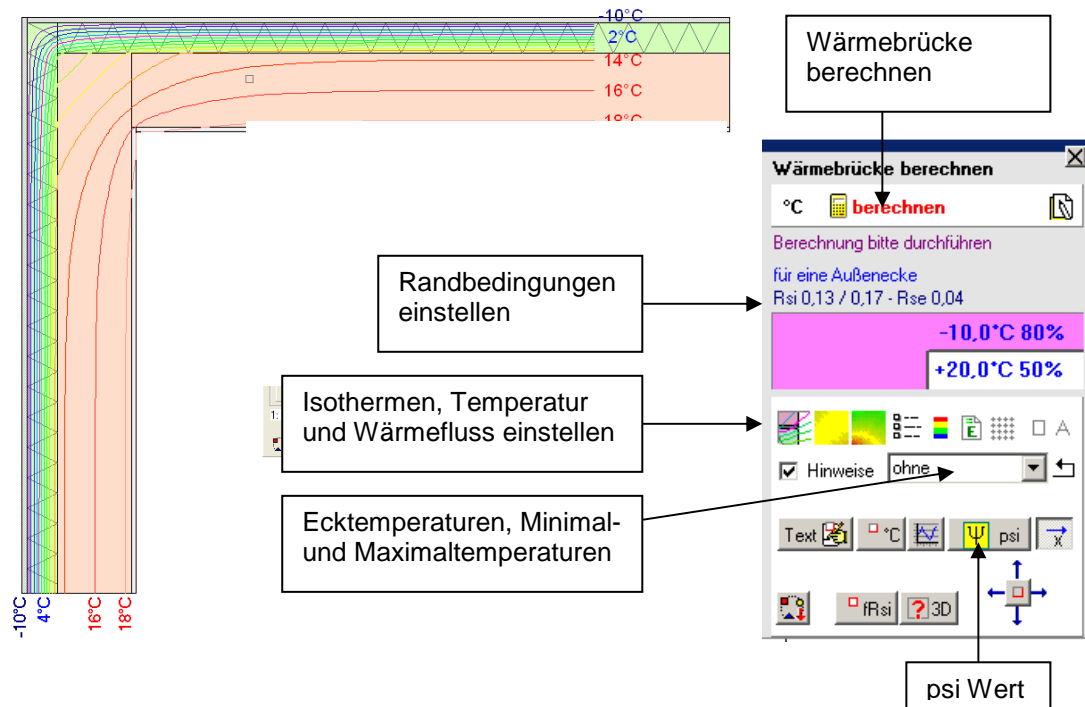
Außerdem ist darauf zu achten, dass die Konstruktionsschritte in mm mit der Maschenweite übereinstimmen. Sie sollten sich also bereits beim Konstruieren der Bauteile Gedanken über Ihr späteres Berechnungsnetz machen.

Ggf. passen Sie die Größe der Konstruktion nochmals über den Schieberegler an, damit Ihr erzeugter Konstruktionsausschnitt auch vollständig auf Ihrem Bildschirm sichtbar ist.

► *Wechseln Sie nun über das Taschenrechnersymbol „Wärmebrücken berechnen“ in den Dialog „Wärmebrücke berechnen“. Zunächst soll die Berechnung des PSI-Wertes erfolgen. In den Randbedingungen wählen Sie daher „für PSI-Werte“ aus. Klicken Sie hierzu auf den blauen Schriftzug der Randbedingungen. Die Temperaturen stellen sich nun nach Norm auf  $-10^{\circ}\text{C}$  außen und  $20^{\circ}\text{C}$  innen, die Übergangswiderstände auf  $R_{si} 0,13$  und  $R_{se} 0,04$  ein.*

*Über „berechnen“ starten Sie die Isothermenberechnung. In der Auswahl der einfachen oder beschleunigten Iteration wählen Sie „beschleunigte Iteration“ aus. Die Berechnung der Isothermenverläufe beginnt nun und wird gemäß dem Abbruchkriterium der Normung (ist voreingestellt) automatisch enden. Nach Ende der Berechnung speichern Sie sich die Isothermenberechnung ab, beantworten Sie daher die Abfrage mit „Ja“.*

*Durch Anwählen der farbigen Symbole unterhalb der Randbedingungen richten Sie sich die Darstellung der Isothermen, Wärmeströme oder der Ecktemperaturen ein.*



### Zur PSI-Wert-Berechnung

Über den Schalter „psi“ im unteren Bereich des Fensters erreichen Sie die PSI-Wert-Berechnung. Für den PSI-Wert wird nun der zweidimensionale thermische Leitwert benötigt. Der thermische Leitwert kann auf der Bauteiloberfläche abgegriffen werden... entweder außen (L2D,e) oder innen (L2D,i).

**Es gilt eine feste Regel: Das, was an Energie rein geht, kommt auch wieder raus. L2D,e sollte also mit einer gewissen Genauigkeit genauso groß sein wie L2D,i.**

In diesem Fall wählen Sie sich den ungünstigeren Leitwert aus und lassen sich den PSI-Wert berechnen. Den druckbaren Nachweis der Berechnung des PSI-Wertes finden sie im Bauteilformular unter den Berechnungsoptionen (rechtes Menüfenster) und „Gebäudebezogene Berechnungen“, Punkt „38 psi-Wert, Wärmebrücken“.

#### **Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi$**

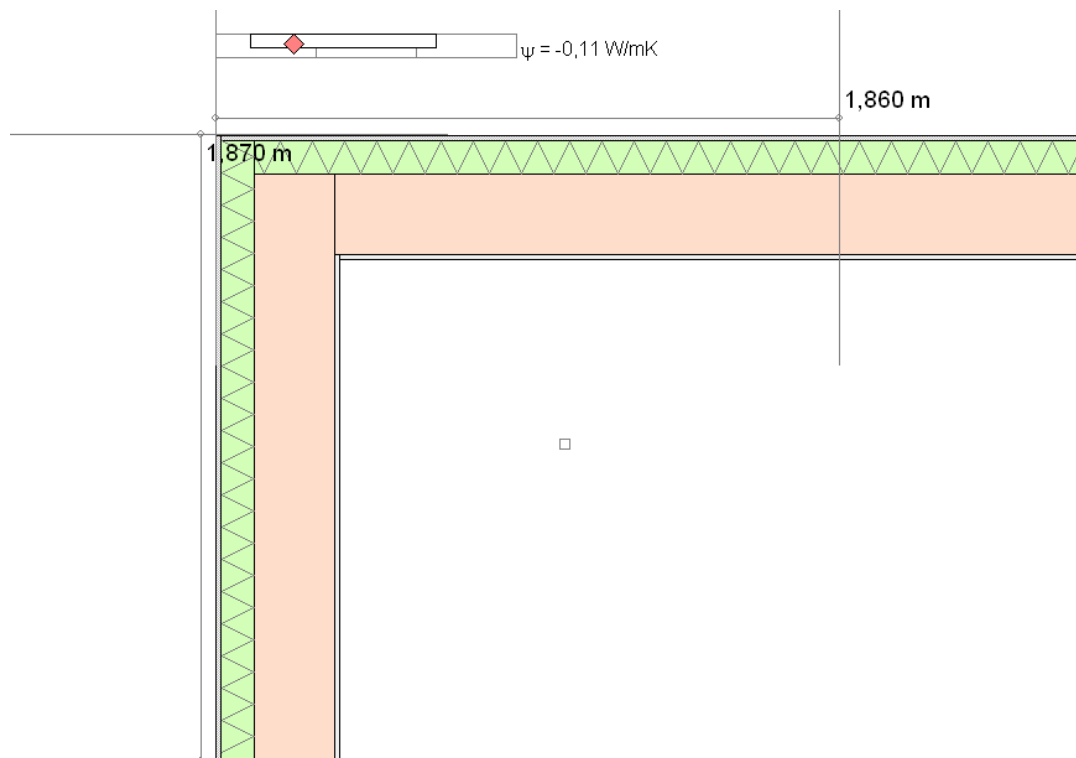
Empfohlene Übergangswiderstände für Wärmestromberechnungen  
 $R_{si} = 0,13$ ,  $R_{se} = 0,04$  (EN ISO 10211-1, 6.1.2)

aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 03.11.2008  
 Außenecke mit  $R_{si} = 0,13 \sim R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

$L^{2D} = 1,03 \text{ W/mK}$  (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)  
 Die Werte  $U_i$  der beteiligten Bauteile werden mit  $R_{si} / R_{se}$  (neu) berechnet  
 $\sum I_i \cdot U_i = 1,860 \cdot 0,306 + 1,870 \cdot 0,306 = 1,14$  (Leitwert ohne WB-Einfluß)

$$\psi = L^{2D} - \sum I_i \cdot U_i = -0,11 \text{ W/mK}$$

Die Grafik können Sie in den eben kennen gelernten Dialogen entsprechend erzeugen, lesen Sie hierzu bitte aufmerksam die entsprechenden Auswahlfunktionen.



**Hinweis:**

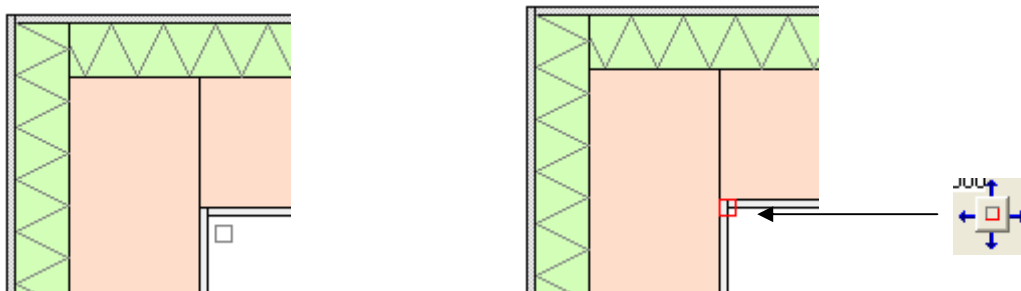
Grundlage des PSI-Wertes ist zunächst der thermische Leitwert. Er gibt den Energieverlust des betrachteten Ausschnitts an. Über die Formel  $\psi = L^{2D} - \sum l_i \cdot U_i$  wird nun der eigentliche Energieverlust des Ausschnitts (thermischer Leitwert) mit den bereits in der EnEV-Berechnung veranschlagten Transmissionswärmeverluste ( $A \cdot U$ ) auf 2D-Ebene verglichen. Ein negatives Ergebnis, wie im Beispiel, bedeutet also, dass im Vorfeld in den Transmissionswärmeverlusten bereits mehr Energieverlust berechnet wurde, als real vorhanden ist.

**Zum Nachweis der Vermeidung der Schimmelpilzbildung**

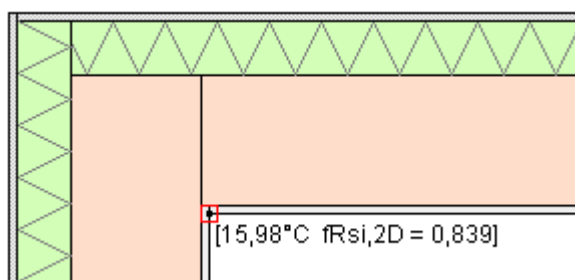
► Erstellen Sie sich zunächst auf der Seite Bauteile eine Kopie ihrer Bauteildatei unter dem Namen „Außenwandaußenecke-Schimmel“. (Bauteilübersicht... Kopie... Eingabe)

Danach wechseln Sie in die Berechnung der Isothermen (Grafikfenster... Taschenrechnersymbol) und stellen die Randbedingungen gemäß der Vermeidung der Schimmelpilzbildung ein. Über „berechnen“ starten Sie erneut eine Iteration, die wieder automatisch nach Erreichen des genormten Abbruchkriteriums endet.

Bei der Schimmelpilzbetrachtung geht es nun darum, die kälteste Oberflächentemperatur auf der Innenseite abzugreifen. Diese wird sich direkt in der Ecke einstellen. Um die Temperatur an dieser Stelle zu erfahren, klicken Sie mit Ihrem Mauszeiger (kleines Fadenkreuz) direkt in die Innenecke Ihrer Konstruktion. Es erscheint ein kleines Quadrat, das die Temperatur des dort angewählten Netzknoten abgreift. Sie müssen unbedingt darauf achten, dass Sie die Temperatur genau auf der Oberfläche abgreifen, zur genaueren Einstellung nutzen Sie hierfür die Pfeiltasten unten rechts. Das kleine Quadrat wird sich rot färben, wenn Sie genau die Oberfläche der Bauteilkonstruktion getroffen haben.



Zum Abgreifen der Ecktemperatur für den Schimmelpilznachweis betätigen Sie den Bildschalter „fRsi“, dann bestätigen Sie folgende Dialoge und wählen den Nachweis auf 2D-Ebene aus. Der fRsi und die Ecktemperatur wird nun in Ihrer Grafik angezeigt.



Den druckbaren Nachweis finden Sie auf der Seite „Feuchteschutz“ unter Berechnungsoptionen, Schimmelpilzvermeidung und Punkt „13 Schimmelpilzbildung 2D“.

### Vermeidung von Schimmelpilzbildung in Raumecken nach DIN 4108-2

2D-Betrachtung nach EN ISO 10211-2:2001

Randbedingungen für die Berechnung des Temperaturfaktors

$R_{si} = 0,25$   $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$   $\vartheta_i = 20 \text{ °C}$   $\vartheta_e = -5 \text{ °C}$   $\phi_i = 50\%$  (DIN 4108-2:2003, 6.2)

Schnittkante "[15,98°C f<sub>Rsi,2D</sub> = 0,839]" (sh. Isothermenberechnung)

$\vartheta_{si(x,y)} = 15,98 \text{ °C}$  mit  $R_{si} = 0,25$   $R_{se} = 0,04$   $\vartheta_i = 20,00 \text{ °C}$   $\vartheta_e = -5,00 \text{ °C}$

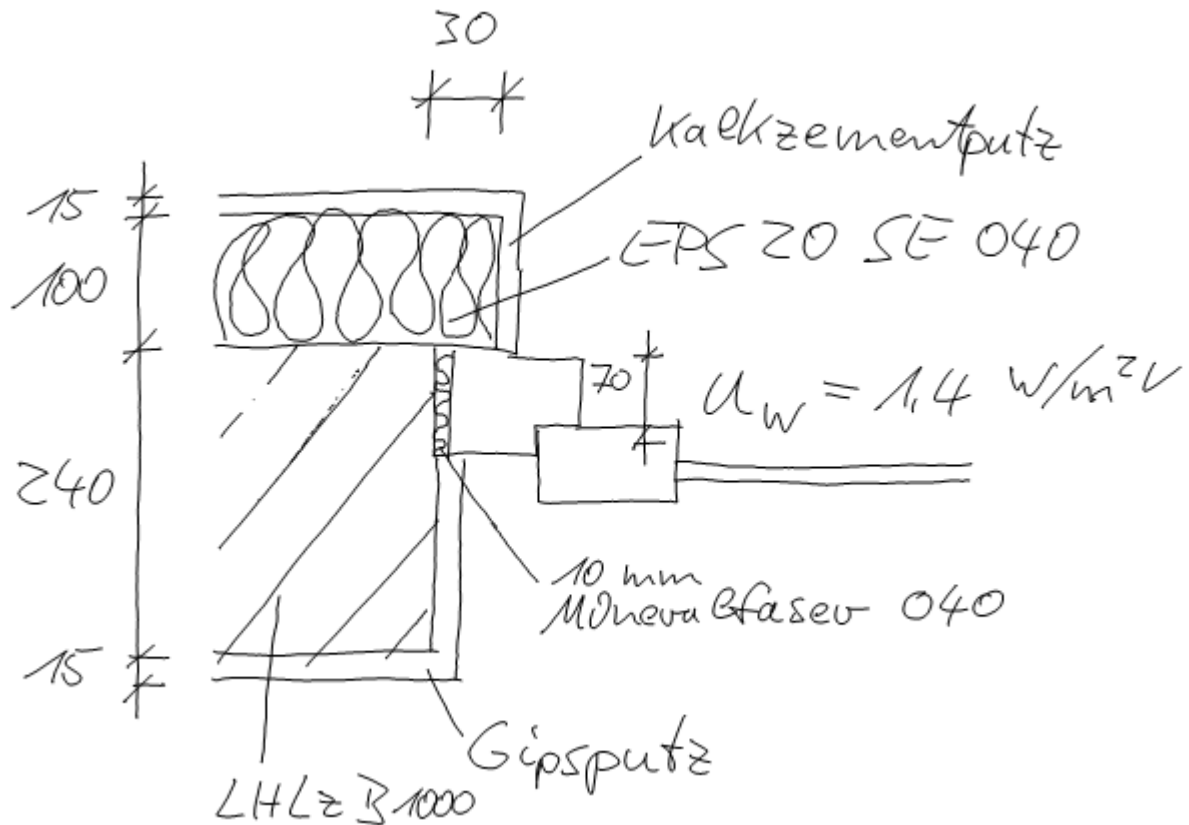
Temperaturfaktor

$f_{Rsi,2D} = (\vartheta_{si} - \vartheta_e) / (\vartheta_i - \vartheta_e) = 0,84 \geq 0,70$  ausreichend nach DIN 4108-2

## 1.4 Fensteranschluss

### Aufgabenstellung

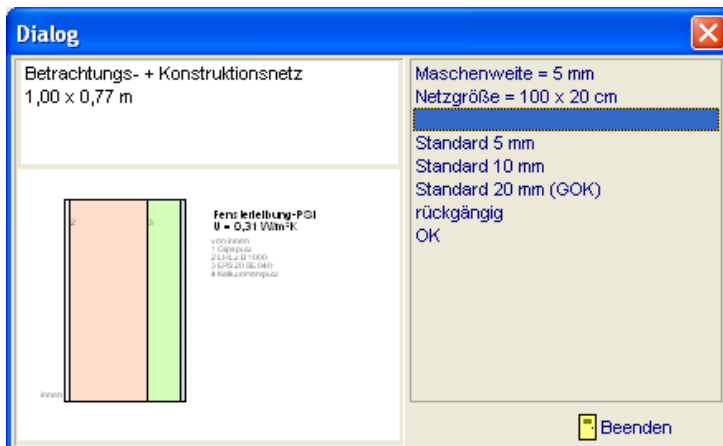
Es soll ein Fensteranschluss thermisch untersucht werden. Berechnen Sie den PSI-Wert der Konstruktion. Als Grundlage steht Ihnen folgende Skizze zur Verfügung.



### ► Anleitung Schritt für Schritt:

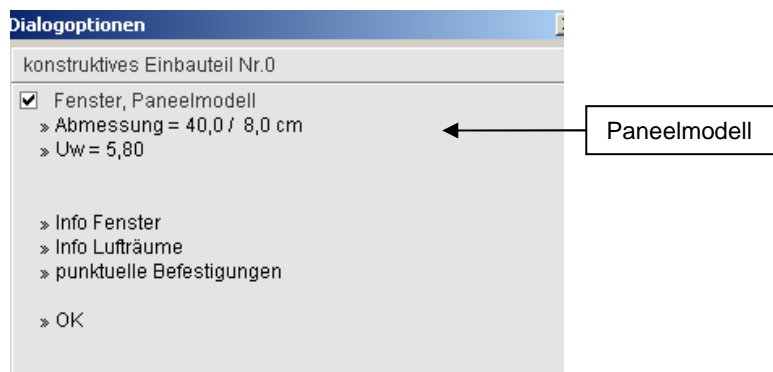
Kopieren Sie das Bauteil „Außenwand“ und nennen Sie die Bauteilkopie „Fensterlaibung-PSI“ (Bauteilübersicht... Kopie... Dateiname... bestätigen).

Im Grafikenfenster wechseln Sie in die Konstruktion von Wärmebrücken und stellen Ihr Berechnungsnetz auf 5mm ein. Die Netzgröße wählen Sie genügend groß an, damit sicher ist, dass die später berechneten Isothermen in den Schnittkanten ungestört (parallel) verlaufen.



Passen Sie außerdem die Größe Ihrer Konstruktion über den Schieberegler an und blenden Sie überflüssige Bezeichnungen o.ä. aus.

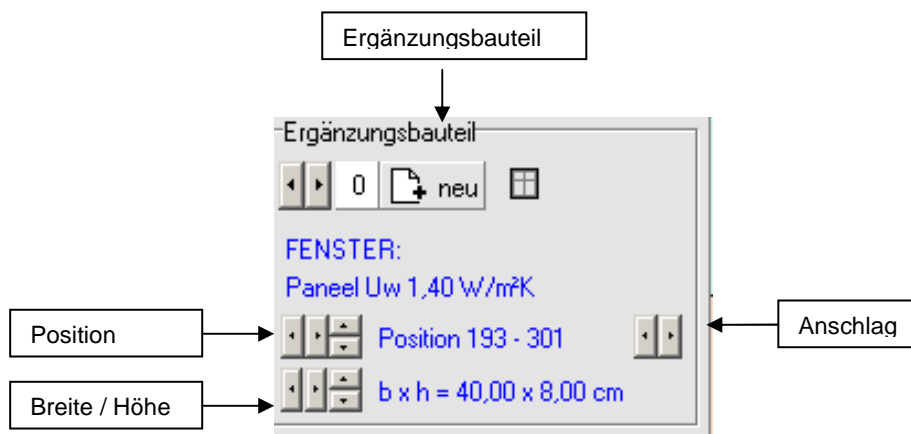
Als Berechnungsmodell wählen Sie im Klappenmenü Fensteranschluss aus. Es öffnet sich folgender Dialog.



Zur Berechnung des PSI-Wertes nach DIN 4108 Bbl. 2 darf ein vereinfachtes Paneel-Modell angewendet werden. Die Fensterkonstruktion wird hierbei durch ein einfaches Paneel mit einer bestimmten Dicke und einer bestimmten Wärmeleitfähigkeit ersetzt, welches den U-Wert des gesamten Fensters widerspiegelt ( $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

► Im selben Dialog geben Sie nun den  $U\text{-Wert} = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  ein. DÄMMWERK errechnet nun über den U-Wert und die darunter stehende Dicke des Paneels die richtige Wärmeleitfähigkeit zum eingegebenen U-Wert. Richten Sie ebenfalls die Größe des Modells ein, indem Sie die anderen Schriftzüge anwählen. Nach Änderung der Paneeldicke müssen Sie die Eingabe des U-Wertes erneut wiederholen, da die Wärmeleitfähigkeit des Paneels neu berechnet werden muss. Die berechnete Wärmeleitfähigkeit wird in einem weiteren Dialog dokumentiert.

Bestätigen Sie danach die Eingabe mit „OK“ und richten sich die Konstruktion weiter ein.



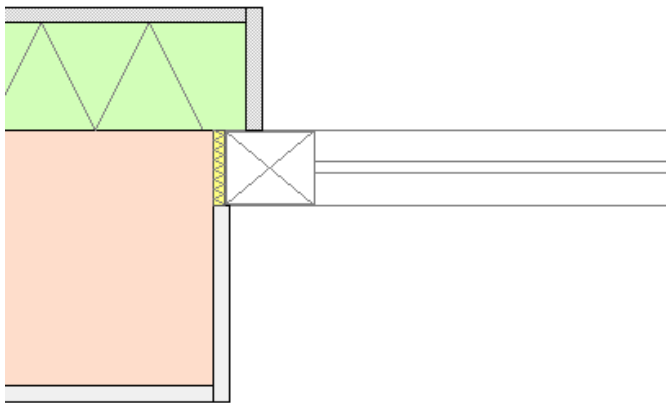
Über das rechte Pfeilpaar „Anschlag“ rutschen Sie zunächst den Anschlag 30 mm nach links. Pro Pfeiltastendruck bewegt sich der Anschlag einen Netzknoten, d.h.: bei 30 mm müssen Sie den Anschlag sechsmal (6 \* 5 mm Maschenweite) nach links bewegen. Das Fenster-Paneel schieben Sie über „Position“ nach links oder ziehen es mit der Maus (linke Taste gedrückt halten) an die Kante des Anschlags.

Zur kompletten Konstruktion müssen der Gipsputz und der Kalkzementputz ergänzt werden.

Erzeugen Sie nun über den Schalter „+ neu“ ein Einbauteil mit dem entsprechenden Material, welches Sie in Ihrer Konstruktion benötigen. Im folgenden Dialog können Sie die Wärmeleitfähigkeit und die Größe des Einbauteils einlesen und ggf. ändern. Über „OK“ gelangen Sie wieder zurück in das

Grafikfenster. Zu Ihrer Konstruktion erscheint nun ein weiterer Baustoff. Über die Pfeiltasten von „Position“ und „Breite / Höhe“ können Sie Position und Größe des neuen Einbauteils ändern. Die direkte Eingabe der Größe ist ebenfalls möglich indem Sie den blauen Schriftzug der Größe anklicken und Ihre Eingabe gemäß der Abfrage tätigen. Wie beim Paneel kann auch die Position des Einbauteils per Maus verschoben werden (linke Maustaste gedrückt halten).

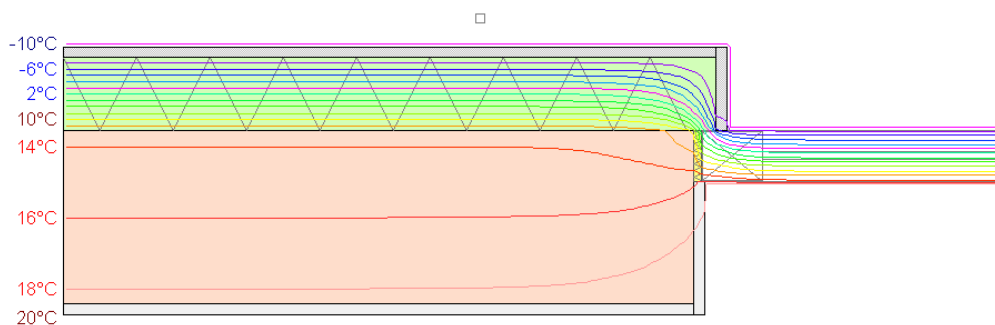
Erstellen Sie nun ein zweites (Putz) und ein drittes (Mineralfaser) Einbauteil und vervollständigen Sie somit Ihre Konstruktion.




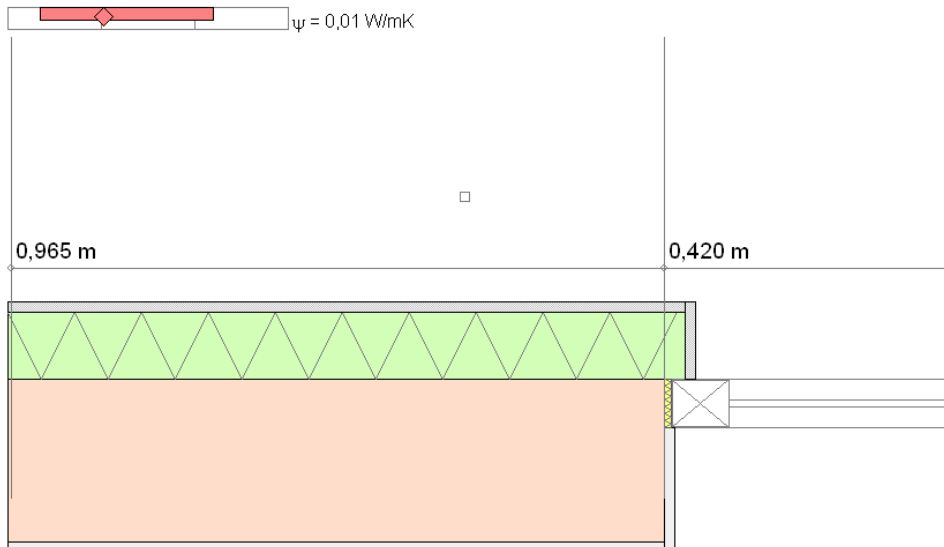
### **Zur PSI-Wert-Berechnung**

Wechseln Sie nun über das Taschenrechnersymbol in der oberen Menüleiste des Grafikfensters in den Dialog „Wärmebrücke berechnen“. In den Randbedingungen wählen Sie „für PSI-Werte“ aus. Klicken Sie hierzu auf den blauen Schriftzug der Randbedingungen. Zunächst stellen sich die Temperaturen nun nach Norm auf  $-10^{\circ}\text{C}$  außen und  $20^{\circ}\text{C}$  innen, die Übergangswiderstände auf  $R_{si}$  0,13 und  $R_{se}$  0,04 ein.

Über „berechnen“ starten Sie die Iteration, die wieder nach dem normierten Abbruchkriterium selbständig stoppt. Speichern Sie den Berechnungszustand ab indem Sie bei der Abfrage danach mit „JA“ antworten.



Über den Schalter  erreichen Sie die PSI-Wert-Berechnung. Für den PSI-Wert wird nun der zweidimensionale thermische Leitwert benötigt. Der thermische Leitwert kann auf der Bauteiloberfläche abgegriffen werden... entweder außen ( $L_{2D,e}$ ) oder innen ( $L_{2D,i}$ ).



### Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi$

Empfohlene Übergangswiderstände für Wärmestromberechnungen  
 $R_{si} = 0,13$ ,  $R_{se} = 0,04$  (EN ISO 10211-1, 6.1.2)

aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 03.11.2008

Fensteranschluss mit  $R_{si} = 0,13 \sim R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

$L^{2D} = 0,89 \text{ W/mK}$  (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)

Die Werte  $U_i$  der beteiligten Bauteile werden mit  $R_{si} / R_{se}$  (neu) berechnet

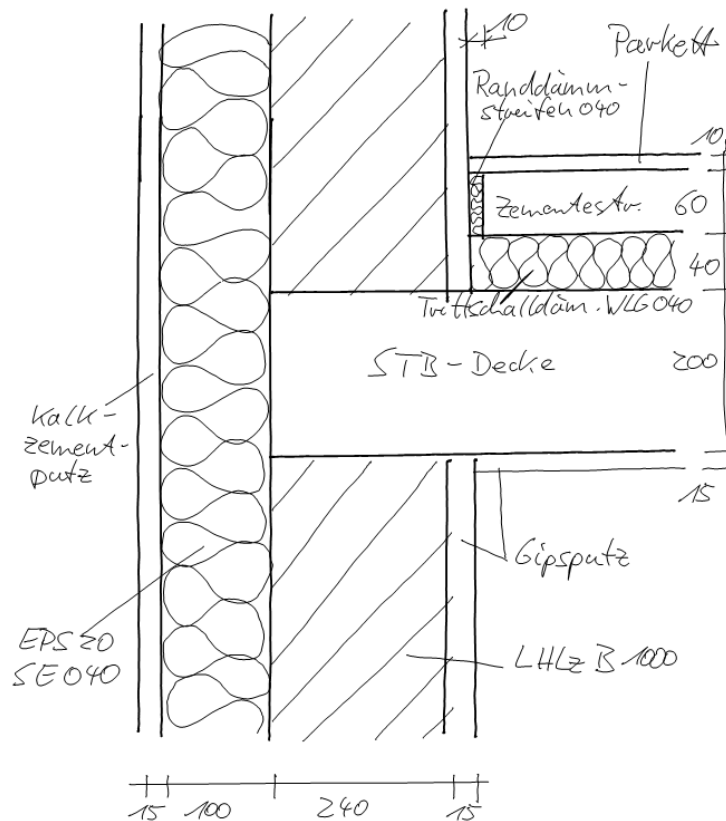
$\sum l_i \cdot U_i = 0,965 \cdot 0,306 + 0,420 \cdot 1,400 = 0,88$  (Leitwert ohne WB-Einfluß)

$\psi = L^{2D} - \sum l_i \cdot U_i = 0,01 \text{ W/mK}$

## 1.5 Geschossdeckenanschluss

### Aufgabenstellung

Konstruieren Sie einen Geschossdeckenanschluss mit den vorhandenen Außenwänden und berechnen Sie den PSI-Wert und führen Sie eine Untersuchung auf Schimmelpilzbildung durch. Zur Aufgabenstellung wird Ihnen eine Skizze zur Verfügung gestellt.



### ► Anleitung Schritt für Schritt:

Einen Geschossdeckenanschluss (Anschluss mit drei Bauteilen) beginnt man immer mit dem waagrecht liegenden Bauteil, also der Decke. Eine ähnliche Deckenkonstruktion finden Sie in der Bauteildatenbank. Gehen Sie über die Bauteilübersicht und den Dateipfad in die Bauteildatenbank und kopieren Sie sich im Ordner Geschossdecken das Bauteil „Geschoßdecke.DWB“

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke" in zentralbeh. Geb. nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                              |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Zementestrich                      | 4,00      | 2000                           | 80,0                           | 1,400               | 0,029                     |
| 02 PE-Folie                           | 0,02      | 1000                           | 0,2                            | -                   | -                         |
| 03 Mineralfaser 035                   | 2,50      | 30                             | 0,8                            | 0,035               | 0,714                     |
| 04 PE-Folie                           | 0,02      | 1000                           | 0,2                            | -                   | -                         |
| 05 Stahlbeton                         | 16,00     | 2400                           | 384,0                          | 2,100               | 0,076                     |
| 06 Gipsputz                           | 1,50      | 1200                           | 18,0                           | 0,350               | 0,043                     |
| $R_{se}$                              |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| d = 24,04      G = 483,2 $R_T = 1,20$ |           |                                |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,832 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

Die Konstruktion stimmt leider nicht mit unserer Vorgabe überein, passen Sie daher die Konstruktion gemäß der Skizze an. Bedenken Sie ebenfalls die Maschenweite, mit der Sie später Ihre Isothermenberechnung durchführen wollen (Vorschlag: 5mm). Das heißt, dass Sie Ihre Konstruktion in 5mm-Schritten konstruieren sollten. Folien (mit einer geringen Dicke und keiner wesentlichen Wärmeleitfähigkeit) tragen zur Dämmung der Konstruktion nicht bei und können daher bei der Wärmebrückenberechnung vernachlässigt werden. Löschen Sie die Folien aus den Bauteilschichten!

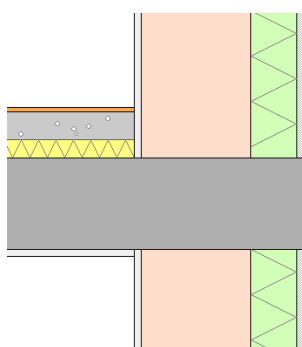
#### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[mm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{Si}$                              |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Eiche (Parkett)                    | 10,0      | 800                            | 8,0                            | 0,200               | 0,050                     |
| 02 Zementestrich                      | 60,0      | 2000                           | 120,0                          | 1,400               | 0,043                     |
| 03 Mineralfaser 040                   | 40,0      | 20                             | 0,8                            | 0,040               | 1,000                     |
| 04 Stahlbeton                         | 200,0     | 2400                           | 480,0                          | 2,100               | 0,095                     |
| 05 Gipsputz                           | 15,0      | 1200                           | 18,0                           | 0,350               | 0,043                     |
| $R_{Se}$                              |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| d = 325,0      G = 626,8 $R_T = 1,57$ |           |                                |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,637 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

Nun erstellen Sie eine Kopie Ihrer Bauteilberechnung mit dem Namen „Deckenanschluss-PSI“ und wechseln in das Grafikfenster. Nachdem Sie die überflüssigen Beschriftungen ausgeschaltet haben, beginnen Sie mit der Konstruktion der Wärmebrücke, indem Sie das Symbol „Wärmebrücke berechnen“ aktivieren. Das Eingabefenster „Wärmebrücke konstruieren“ öffnet sich.

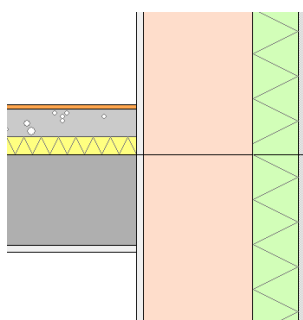
Richten Sie sich zunächst Ihr Berechnungsnetz genügend groß ein (Maschenweite = 5mm, Netzgröße = 150 waagrecht / 120 senkrecht ab OK Bauteil). Als Berechnungsmodell wählen Sie „Anschluss mit 3 Bauteilen“. Und richten Sie sich „mit 3 Temperaturbereichen“ ein, indem Sie auf den farbigen Schriftzug „Temperaturbereich“ klicken. Es fehlen die Außenwände, die Sie durch einfaches Klicken auf den blauen Schriftzug „1. Anschlussbauteil“ oder „2. Anschlussbauteil“ anwählen können. Die Position Ihrer Anschlussbauteile verändern Sie durch Verziehen mit der Maus (linke Maustaste gedrückt halten) oder über die Pfeiltasten der Anschlussbauteile.



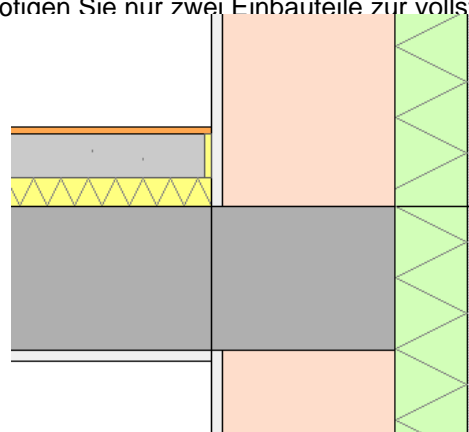
Über „neue Einbauteile“ vervollständigen Sie nun die Konstruktion.

→ **Tipp:**

Ziehen Sie zuerst das untere Anschlussbauteil hoch bis das obere Anschlussbauteil und überlagern dann das Mauerwerk mit einem Stahlbeton. Berechnet wird stets nur der sichtbare Baustoff. So benötigen Sie nur zwei Einbauteile zur vollständigen Konstruktion.




Berechnungsbeispiel Wärmebrücken




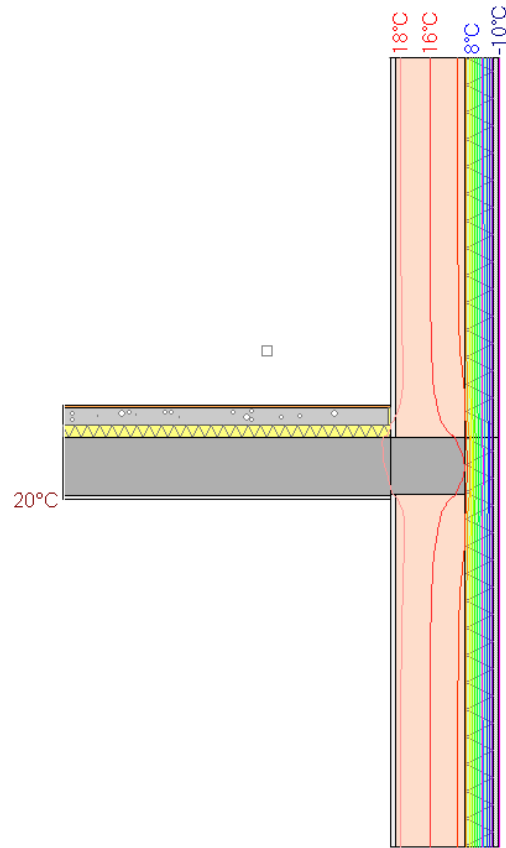
## Zur PSI-Wert-Berechnung

Wechseln Sie nun über das Taschenrechnersymbol“ in den Dialog „Wärmebrücke berechnen“. In den Randbedingungen wählen Sie „für PSI-Werte“ aus. Klicken Sie hierzu auf den blauen Schriftzug der Randbedingungen. Zunächst stellen sich die Temperaturen nun nach Norm auf -10°C außen und 20°C innen, die Übergangswiderstände auf  $R_{si}$  0,13 und  $R_{se}$  0,04 ein. Ggf. ändern Sie manuell die Temperaturrandbedingungen (mit 3 Temperaturrandbedingungen) auf

|             |             |
|-------------|-------------|
| +20,0°C 50% |             |
| +20,0°C 50% | -10,0°C 80% |

Über „berechnen“  **berechnen** starten Sie die Iteration, die wieder nach dem normierten Abbruchkriterium selbständig stoppt. Speichern Sie den Berechnungszustand ab indem Sie bei der Abfrage danach mit „JA“ antworten.

Über den Schalter  **psi** erreichen Sie die PSI-Wert-Berechnung. Für den PSI-Wert wird nun der zweidimensionale thermische Leitwert benötigt. Der thermische Leitwert muss nun außen abgegriffen werden ( $L_{2D,e}$ ). Vergleichen Sie die Werte und die Darstellung ebenfalls indem Sie beispielhaft den Leitwert innen ( $L_{2D,i}$ ) anwählen.

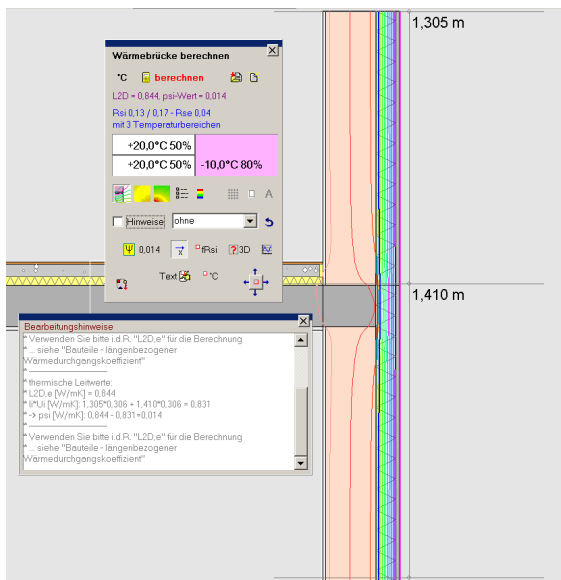


Es gilt eine feste Regel: Das, was an Energie rein geht, kommt auch wieder raus.  $L_{2D,e}$  sollte also mit einer gewissen Genauigkeit genauso groß sein wie  $L_{2D,i}$ .

Da über und unter der Geschossdecke jeweils 20°C herrschen müsste der thermische Leitwert innen oben und unten abgegriffen werden. Dämmwerk greift den Leitwert in unserem Beispiel aber nur über der Geschossdecke ab, dadurch ist der Leitwert zu klein. Gemäß der oben genannten Regel ist es egal wo wir den Leitwert abgreifen, auf der Innen- oder Außenoberfläche. Es muss in unserem Fall aber die gesamte Innen- oder die gesamte Außenoberfläche berücksichtigt werden.

Den thermischen Leitwert müssen wir also außen ( $L_{2D,e}$ ) betrachten, damit wir zum richtigen Ergebnis gelangen.

Aufschluss über die Berechnung des PSI-Wertes gibt ebenfalls die angezeigten Maßketten, diese sollten mit Ihren Systemgrenzen aus der EnEV-Berechnung übereinstimmen.



Den druckbaren Nachweis finden Sie wieder im Bauteilformular, schließen Sie hierzu das Grafikfenster.

### Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi$

Empfohlene Übergangswiderstände für Wärmestromberechnungen  
 $R_{Si} = 0.13$ ,  $R_{Se} = 0.04$  (EN ISO 10211-1, 6.1.2)


aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 04.11.2008  
 Deckenanschluss mit  $R_{Si} = 0,13 \sim R_{Se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

$L^{2D} = 0,84 \text{ W/mK}$  (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)  
 Die Werte  $U_i$  der beteiligten Bauteile werden mit  $R_{Si} / R_{Se}$  (neu) berechnet  
 $\sum l_i \cdot U_i = 1,305 \cdot 0,306 + 1,410 \cdot 0,306 = 0,83$  (Leitwert ohne WB-Einfluß)

$$\psi = L^{2D} - \sum l_i \cdot U_i = 0,01 \text{ W/mK}$$

### Zum Nachweis der Vermeidung der Schimmelpilzbildung

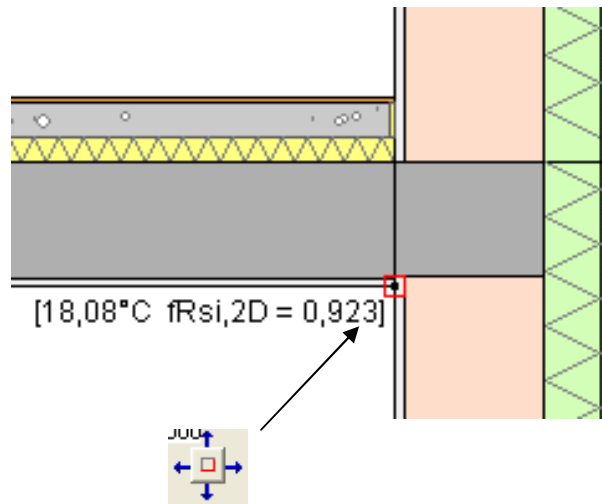
Erstellen Sie sich zunächst eine Kopie ihrer Bauteildatei unter dem Namen „Deckenanschluss-Schimmel“. (Bauteilübersicht... Kopie... Eingabe)

Danach wechseln Sie in die Berechnung der Isothermen („Wärmebrücke berechnen“... ) und stellen die Randbedingungen gemäß der Vermeidung der Schimmelpilzbildung ein. Über „berechnen“ starten Sie erneut eine Iteration, die wieder automatisch nach Erreichen des genormten Abbruchkriteriums endet.

Bei der Schimmelpilzbetrachtung geht es nun darum, die kälteste Oberflächentemperatur auf der Innenseite abzugreifen. Betrachten wir uns den Anschluss, dann muss sich die kälteste Oberflächentemperatur unterhalb der Geschossdecke einstellen.

Um die Temperatur an dieser Stelle zu erfahren, klicken Sie mit Ihrem Mauszeiger (kleines Fadenkreuz) direkt auf die Oberfläche Ihrer Konstruktion. Zur genaueren Einstellung nutzen Sie die Pfeiltasten. Das kleine Quadrat wird sich rot färben, wenn Sie genau die Oberfläche der Bauteilkonstruktion getroffen haben.

Zum Ablesen der Ecktemperatur für den Schimmelpilznachweis betätigen Sie „fRsi“, dann bestätigen Sie folgende Dialoge und wählen den Nachweis auf 2D-Ebene (fRsi,2D) aus. Der fRsi,2D und die Ecktemperatur wird nun in Ihrer Grafik angezeigt.



Den druckbaren Nachweis finden Sie im Feuchteschutzformular unter Punkt „13 Schimmelpilzbildung 2D“ im Inhaltsmenü.

### Vermeidung von Schimmelpilzbildung in Raumecken nach DIN 4108-2

2D-Betrachtung nach EN ISO 10211-2:2001

Randbedingungen für die Berechnung des Temperaturfaktors

$R_{si} = 0.25$   $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$   $\vartheta_i = 20 \text{ °C}$   $\vartheta_e = -5 \text{ °C}$   $\phi_i = 50\%$  (DIN 4108-2:2003, 6.2)

Schnittkante "[18,08°C  $f_{Rsi,2D} = 0,923$ ]" (sh. Isothermenberechnung)

$\vartheta_{si(x,y)} = 18,09 \text{ °C}$  mit  $R_{si} = 0,25$   $R_{se} = 0,04$   $\vartheta_i = 20,00 \text{ °C}$   $\vartheta_e = -5,00 \text{ °C}$

Temperaturfaktor

$f_{Rsi,2D} = (\vartheta_{si} - \vartheta_e) / (\vartheta_i - \vartheta_e) = 0,92 \geq 0.70$  ausreichend nach DIN 4108-2

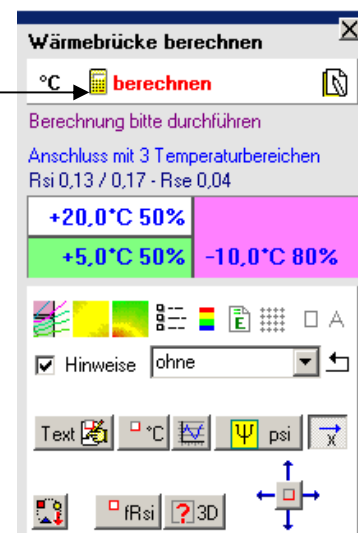
### Vertiefung zum thermischen Leitwert L2D für den PSI-Wert

Wie sie in der Übung zuvor gesehen haben, wurde der thermische Leitwert auf der Innenoberfläche nur oberhalb der Geschossdecke abgegriffen. Diesen Zustand benötigen Sie zum Beispiel bei der PSI-Wert-Ermittlung eines Deckenanschlusses über einem unbeheizten Raum (z.B. unbeheizter Keller).

Kopieren Sie sich den „Deckenanschluss-PSI“ unter einem anderen Namen, z.B.: „Decken-über-unbeheizt-PSI“. Öffnen Sie dann das Grafikfenster und die Isothermenberechnung mit dem Taschenrechnersymbol und ändern Sie die Temperaturrandbedingungen wie folgt.

Starten Sie nun die Isothermenberechnung über „berechnen“ (beschleunigte Iteration) und berechnen Sie im Anschluss den PSI-Wert.

berechnen

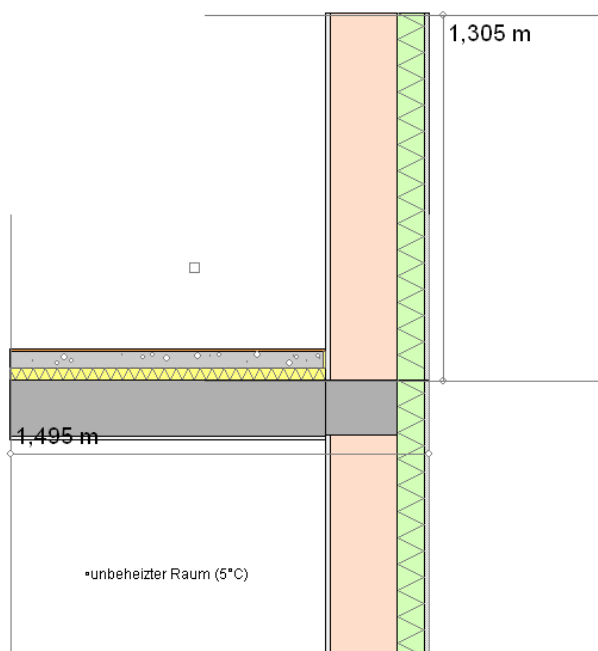


Es gilt eine feste Regel: Das, was an Energie rein geht, kommt auch wieder raus.  $L_{2D,e}$  sollte also mit einer gewissen Genauigkeit genauso groß sein wie  $L_{2D,i}$ .

In unserem Fall interessiert uns nur die Energie, die von oben in die Konstruktion eingeht. Beim Bestimmen des thermischen Leitwertes wäre es also falsch den Leitwert außen ( $L_{2D,e}$ ) zu bestimmen, denn das Temperaturgefälle des unbeheizten Raumes unterhalb der Geschossdecke nimmt ebenfalls Einschluss auf die Größe des thermischen Leitwertes von außen ( $L_{2D,e}$ ).

Zur richtigen PSI-Wert-Berechnung muss also der thermische Leitwert von innen abgegriffen werden ( $L_{2D,i}$ ). Die angezeigten Maßlinien sollten unbedingt mit Ihren Systemgrenzen der Hüllflächenberechnung (EnEV) übereinstimmen.

Nur über den thermischen Leitwert von innen ( $L_{2D,i}$ ) bekommen Sie das Maß für die Geschossdecke (1,495 m) und für die Außenwand (1,305 m) angezeigt.



Erinnern Sie sich an die Erläuterungen zur PSI-Wert-Ermittlung! Über die Formel  $\psi = L_{2D} - \sum l_i \cdot U_i$  wird nun der eigentliche Energieverlust des Ausschnitts (thermischer Leitwert) mit den bereits in der EnEV-Berechnung veranschlagten Transmissionswärmeverluste ( $A \cdot U$ ) auf 2D-Ebene verglichen.

Da die Transmissionswärmeverluste der Decke über unbeheizten Raum aber mit  $F_x = 0,5$  abgemindert wird, fließt dieser ebenfalls in die Formel des PSI-Wertes mit ein. ( $\psi = L^{2D} - \sum l_i \cdot U_i \cdot F_{x,i}$ ). Dämmwerk berechnet daher den PSI-Wert unter Berücksichtigung des  $F_x$ -Wertes ( $F_x = 0,5$ , für Decke über unbeheizt).  $F_x$ -Werte mit anderen Größen können im Bauteilformular über den blauen Schriftzug ( $\sum l_i \cdot U_i = 1,495 \cdot 0,714 \cdot 0,5 + 1,305 \cdot 0,306 = 0,93$ ) verändert werden.

### Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi$

Empfohlene Übergangswiderstände für Wärmestromberechnungen  
 $R_{si} = 0,13$ ,  $R_{se} = 0,04$  (EN ISO 10211-1, 6.1.2)

aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 04.11.2008  
 Kellerdeckenanschluss mit  $R_{si} = 0,13 \sim R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

$L^{2D} = 0,86 \text{ W/mK}$  (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)  
 Die Werte  $U_i$  der beteiligten Bauteile werden mit  $R_{si} / R_{se}$  (neu) berechnet  
 $\sum l_i \cdot U_i = 1,495 \cdot 0,714 \cdot 0,5 + 1,305 \cdot 0,306 = 0,93$  (Leitwert ohne WB-Einfluß)

$$\psi = L^{2D} - \sum l_i \cdot U_i = -0,07 \text{ W/mK}$$

→ **Tipp:**

Ob der thermische Leitwert innen ober- oder unterhalb der Decke berücksichtigt wird, wird über den Bauteiltyp im Bauteilformular geregelt.

### Bauteilquerschnitt

Projekt Seminarunterlagen-Wärmebrücken  
 Bauteil: Decke-gegen-unbeheizt-PSI

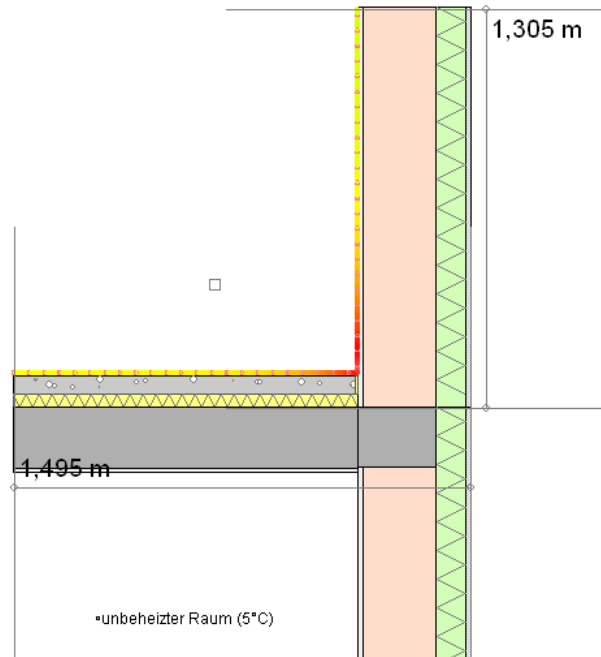
Bauteiltyp

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke in zentralbeh. Geb. nach unten" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

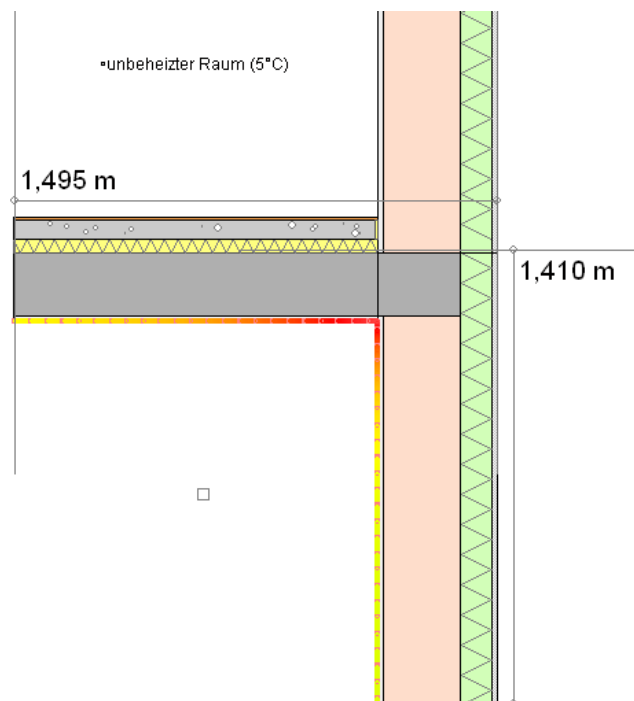
### Querschnitt

| von innen          | s<br>[mm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$           |           |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Eiche (Parkett) | 10,0      | 800                            | 0,200               | 0,050                     |

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke in zentralbeh. Geb. **nach unten**"



Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke in zentralbeh. Geb. **nach oben**"



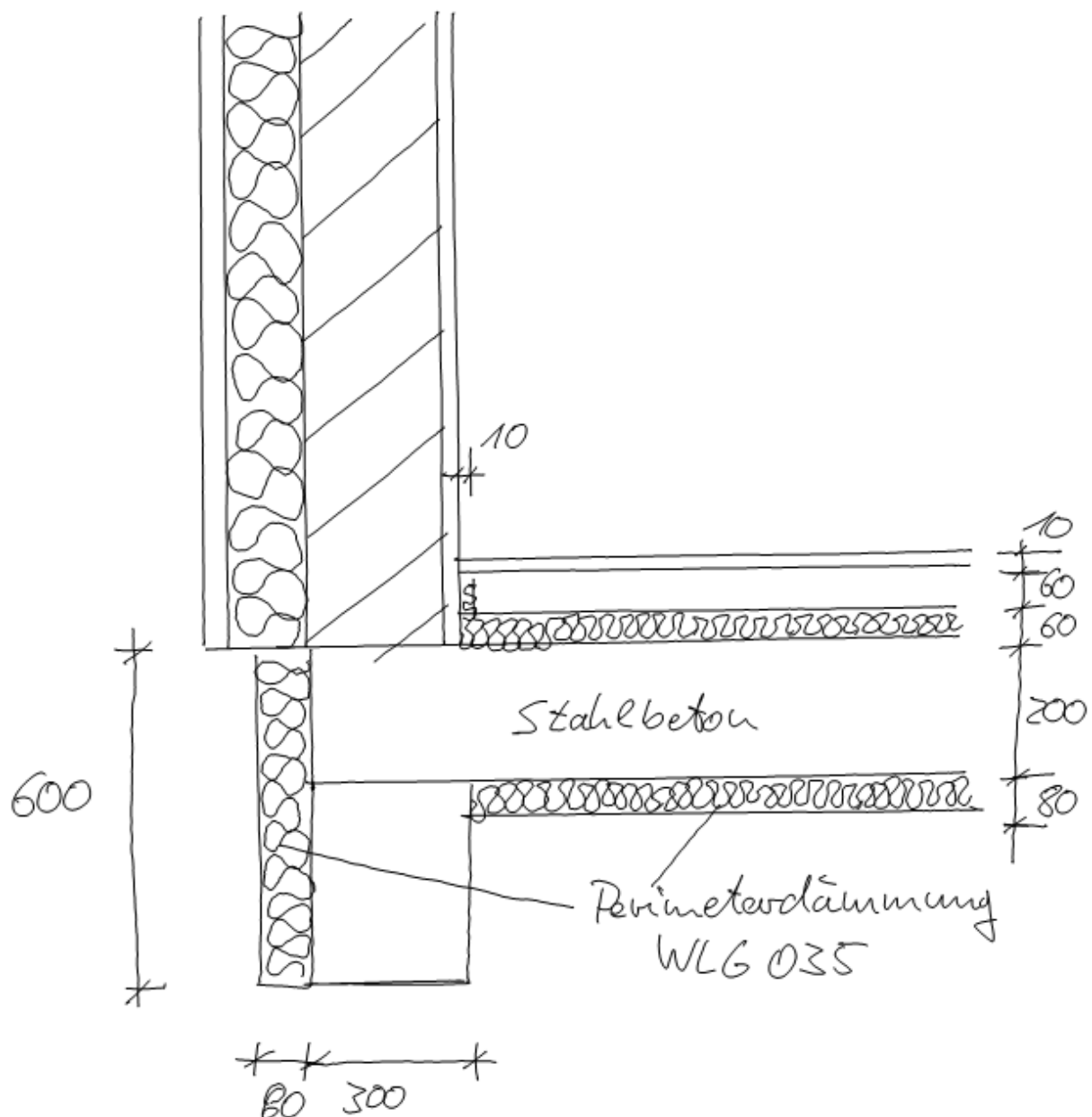
## 1.6 Sockelanschluss, Gleichwertigkeitsnachweis gemäß DIN 4108 Bbl. 2

Umstritten und oft diskutiert ist die Wärmebrückenberechnung des Sockelanschlusses und anderer Wärmebrücken gegen das Erdreich.

Problematisch ist hier die Berechnung des thermischen Leitwertes, der vorhandene Situation darstellen soll.

### Aufgabenstellung

Konstruieren Sie einen Sockelanschluss mit der vorhandenen Außenwand und führen Sie einen Gleichwertigkeitsnachweis gemäß DIN 4108 Bbl.2. Zur Aufgabenstellung wird Ihnen eine Skizze zur Verfügung gestellt. Mit der EnEV 2009 wurde ein vereinfachter Gleichwertigkeitsnachweis eingeführt. Am Ende der Übung wird hierauf nochmals eingegangen.



Der Randdämmstreifen (10 mm) wird mit WLG 040 eingebaut.

► **Anleitung Schritt für Schritt:**

Konstruieren Sie zunächst die Bodenplatte. Hierzu legen Sie sich im Bauteilformular ein neues Bauteil an und benennen es „Bodenplatte“. Den Schichtaufbau legen Sie wie folgt fest, auf Folien und Abdichtungen wird hierbei zunächst verzichtet, da diese nicht relevant für die Wärmebrückenberechnung sind (Denken Sie wieder an das spätere Berechnungsnetz mit der Maschenweite, z.B. 5mm. In diesem Abstand sollte auch die Konstruktion erstellt werden).

**Bauteilquerschnitt**

Bauteil: **Bodenplatte**

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m<sup>2</sup>K/W

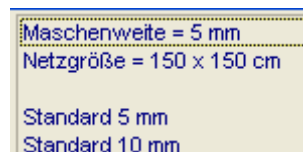
**Querschnitt**

| von innen                             | s<br>[mm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|---------------------------|----------------------|-------------|---------------------------|
| $R_{si}$                              |           |                           |                      |             | 0,170                     |
| 01 Buche (Parkett)                    | 10,0      | 800                       | 8,0                  | 0,200       | 0,050                     |
| 02 Zementestrich                      | 60,0      | 2000                      | 120,0                | 1,400       | 0,043                     |
| 03 EPS 20 SE 040                      | 60,0      | 20                        | 1,2                  | 0,040       | 1,500                     |
| 04 Normalbeton bewehrt nach DIN 104   | 200,0     | 2400                      | 480,0                | 2,100       | 0,095                     |
| 05 PS-Extruderschaum 035              | 80,0      | 25                        | 2,0                  | 0,035       | 2,286                     |
| $R_{se}$                              |           |                           |                      |             | 0,000                     |
| d = 410,0      G = 611,2 $R_T = 4,14$ |           |                           |                      |             |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,241 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

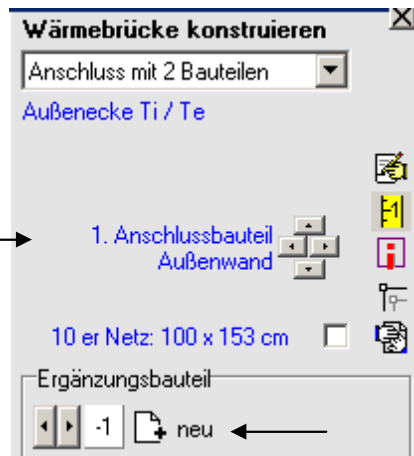
Die Grundlage eines Sockelanschlusses bildet die Bodenplatte zu einem späteren Anschluss (... mit zwei Bauteilen). Erstellen Sie sich nun eine Kopie der Bodenplatte (Bauteilübersicht-Kopie) und nennen diese „Sockelanschluss-Gleichwertigkeit“. Danach wechseln Sie in das Grafikenster, blenden sich ggf. über die „Einstellungen“ oben links überflüssige Bezeichnungen aus und beginnen mit „Wärmebrücken konstruieren“.

Richten Sie sich jetzt Ihr Berechnungsnetz mit Maschenweite und Anzahl der Maschen ein. Alle einzustellenden Werte sind in der nebenstehenden Grafik sichtbar.



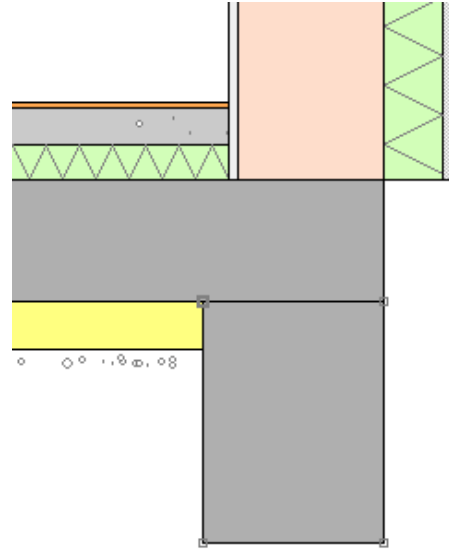
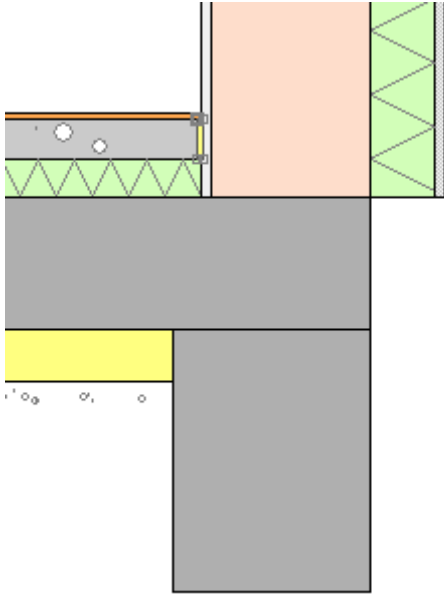
Da im Gleichwertigkeitsnachweis auf eine Erdreichkonstruktion verzichtet wird wählen Sie sich als Berechnungsmodell „Anschluss mit 2 Bauteilen“ aus.

Als 1. Anschlussbauteil wählen Sie sich die bereits erstellte Außenwand aus und richten es entsprechend aus.



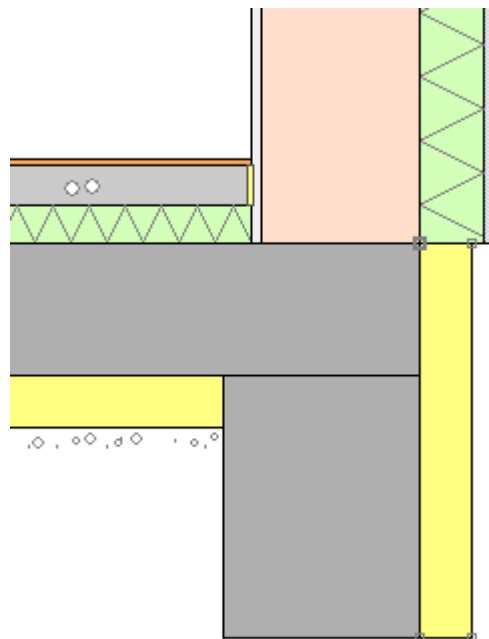
Über „+ neu“ komplettieren Sie nun die Konstruktion.

1) Erstellen Sie sich die Frostschürze in Normalbeton mit der Breite 30cm und der Höhe 40cm.



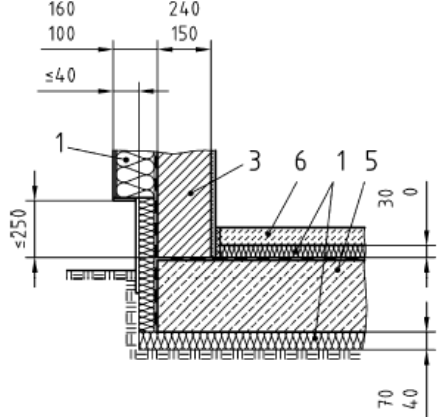
2) Folgend erstellen Sie sich den Randdämmstreifen aus einem beliebigen Dämmmaterial mit WLK 040 mit 1cm Breite und 6cm Höhe.

3) Danach fehlt Ihnen nur noch der Dämmstreifen an der Frostschürze, den sie mit einem „PS-Extruderschaum 035“ in 8cm Breite und 60cm Höhe erstellen und danach ausrichten.

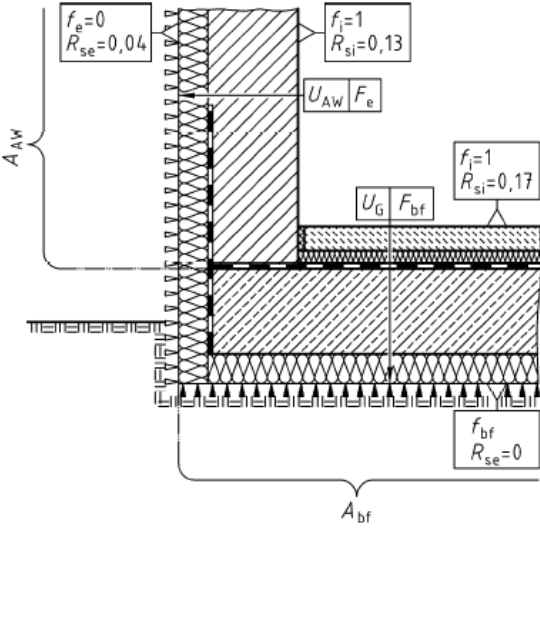
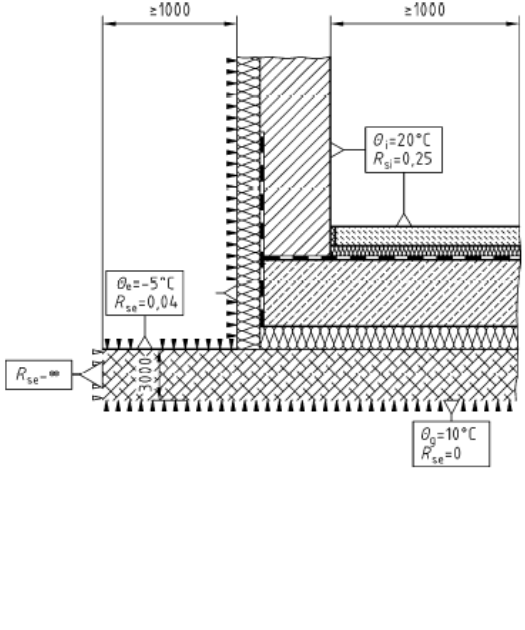


Nachdem Sie die Konstruktion beendet haben, öffnen Sie sich über das Taschenrechnersymbol im Grafikfenster die Isothermenberechnung und stellen sich entsprechend der nachfolgenden Grafik aus dem DIN 4108 Bbl.2 sämtliche Randbedingungen ein.

Auszug aus DIN 4108 Bbl.2 zum Gleichwertigkeitsnachweis (zu Schulungszwecken).

| Bild                            | Ausführungsart  | Darstellung für den Nachweis der Gleichwertigkeit nach 3.5, a) und b) (Maße in Millimeter) | Bemerkungen   | Referenzwert für $\psi$ für den Nachweis der Gleichwertigkeit nach 3.5, c) und d) |
|---------------------------------|---|--|---|---|
| <b>Bodenplatte auf Erdreich</b> |   |  |   |   |
| 15                              | außen-<br>gedämmtes<br>Mauerwerk –<br><br>Flächengründung<br>– innen- und<br>außengedämmt |           | Gilt auch für den Fall ohne Dämmung unterhalb des Estrichs. | $\leq 0,11 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$                                   |

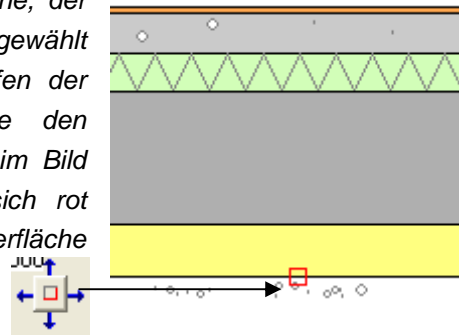
Der Einzuhaltende Wert ist demnach 0,11 W/mK.

| Ausführungsart  | $\psi$ -Wert Berechnung (Maße in Millimeter)  | f-Wert Berechnung (Maße in Millimeter)   |
|---|---|--|
| <b>Sockel-Bodenplatte (nicht unterkellert) – Bodenplatte außengedämmt</b> |   |  |
| 5   |  |  |


Randbedingungen, die zum Gleichwertigkeitsnachweis angesetzt werden müssen.

Wie zu sehen ist, sollen verschiedene Randbedingungen an den Oberflächen verwendet werden. Diese können zum Teil automatisch voreingestellt werden, indem Sie über den blauen Schriftzug unter den Randbedingungen entsprechende Einstellungen (hier für PSI-Werte) vornehmen.

Einzelnen Oberflächen können unterschiedliche Randbedingungen zugewiesen werden. Hierfür muss zunächst die Oberfläche, der eine eigene Randbedingung zugewiesen werden soll, angewählt werden. Prinzipiell funktioniert das ähnlich dem Abgreifen der Temperatur beim Schimmelpilznachweis. Setzen Sie den Mauszeiger und das kleine Quadrat, das nach Klicken im Bild auftaucht, direkt auf die Oberfläche. Erst wenn es sich rot eingefärbt hat, wissen Sie dass sie es genau auf der Oberfläche platziert haben. Zur Hilfe nehmen Sie sich die Pfeiltasten über die Sie zielsicher die Bauteiloberfläche anwählen können. Beginnen Sie unter der Bodenplatte.

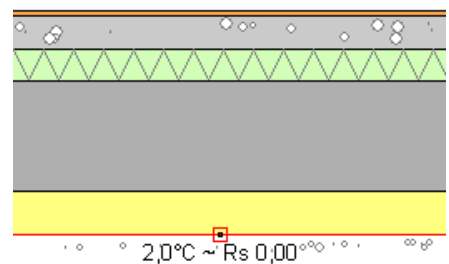


Wenn Sie die gewünschte Oberfläche markiert haben, öffnen Sie sich nun über  die „Berechnungsdetails“.

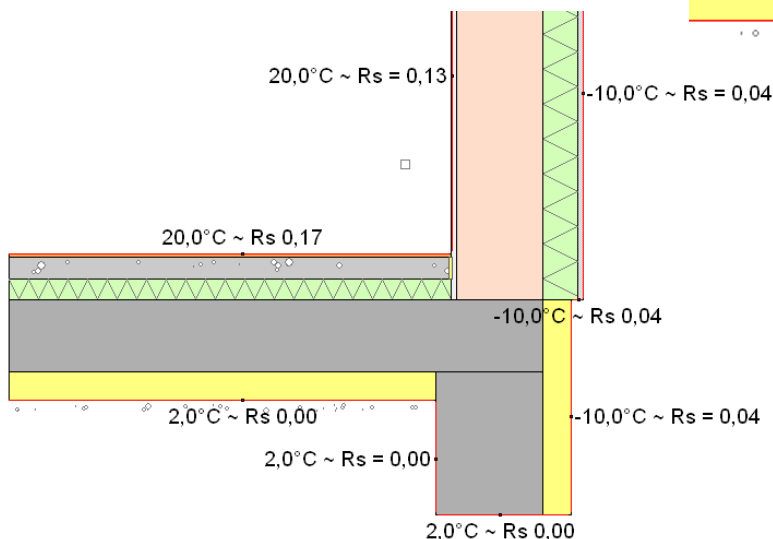
Nun wählen Sie sich über  eine individuelle Randbedingung ( $R_s$  und Temperatur) gemäß der Vorgaben des DIN 4108 Bbl.2 aus. Da im Bbl.2 keine konkreten Werte, sondern lediglich Faktoren angegeben sind, müssen die Temperaturen über einen Dreisatz ermittelt werden. Für  $f_x = 0,6$ ,  $-10^\circ\text{C}$  Außentemperatur,  $20^\circ\text{C}$  Innentemperatur und  $d$  der Formel  $f=1-F$  ergibt sich eine Erdreichtemperatur von  $2^\circ\text{C}$ .




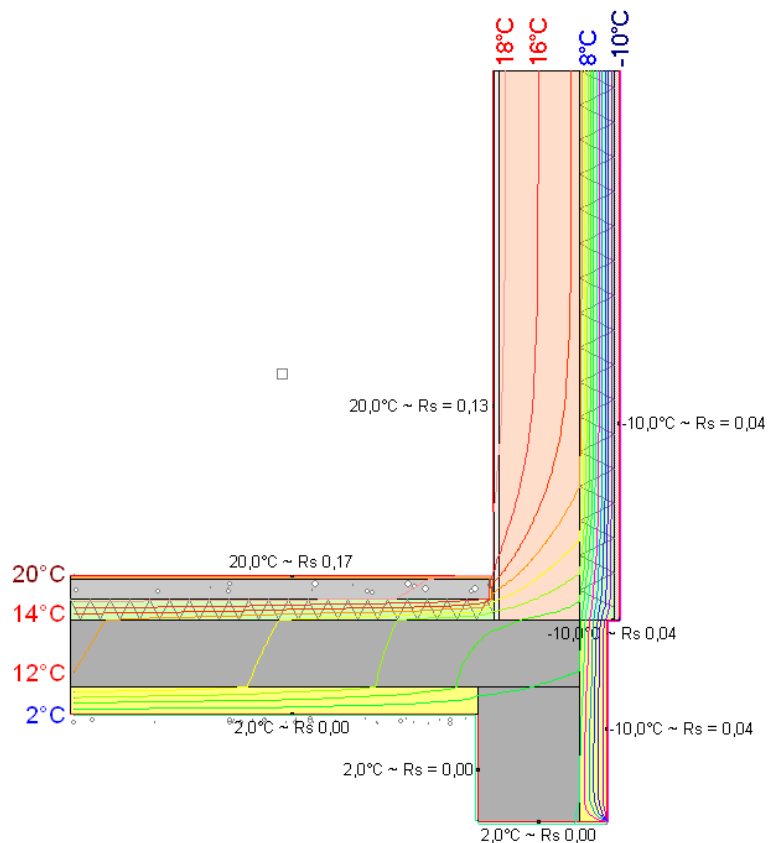
Belegen Sie danach alle weiteren Oberflächen Ihrer Konstruktion mit den im Bbl.2 vorgegebenen Randbedingungen, indem Sie die eben besprochenen Schritte wiederholen.




Vergleichen Sie Ihre Grafik mit folgender.



Über  **berechnen** starten Sie die Iteration, die nach einem normierten Abbruchkriterium selbständig endet. Speichern Sie den Berechnungszustand ab, indem Sie bei der späteren Abfrage mit „JA“ antworten. Ihr Isothermenbild sollte dem folgenden gleichen.

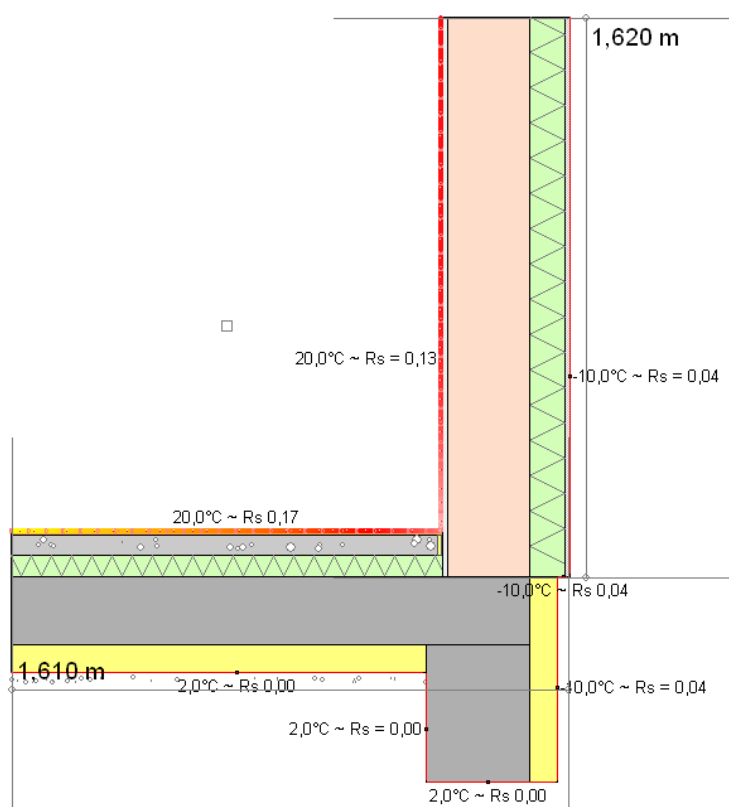


Über den Schalter  **psi** wird der PSI-Wert berechnet. Den zweidimensionalen thermische Leitwert müssen Sie jetzt auf der Innenseite ( $L_{2D,i}$ ) ablesen, da ein Abgreifen von außen ( $L_{2D,e}$ ) durch die beiden unterschiedlichen Temperaturen 2°C und -10°C zu verfälschten Ergebnissen führen kann, da evtl. Temperaturströme von 2°C zu -10°C ebenfalls mit aufgenommen werden.

Es gilt aber nach wie vor... das was an Energie reingeht, kommt draußen auch wieder an.

Wird Ihr PSI-Wert richtig berechnet? Stimmen die Maßketten?

Dämmwerk besitzt eine Rechenroutine, die das Maß der Bodenplatte immer ab OK Betonplatte ansetzt. Die Systemgrenzen der Hüllflächenberechnung nach EnEV und die in der Wärmebrückenberechnung verwendeten Längen (Maße) müssen aber miteinander übereinstimmen. Daher müssen Sie die Werte im druckbaren Nachweis im Bauteilformular nachträglich ergänzen. Vergleichen Sie auch die Vorgeben des DIN 4108 Bbl.2!



Führen Sie folgende Änderung durch:

$$\sum l_i \cdot U_i = 1,610 \cdot 0,241 \cdot 0,6 + (1,620) \cdot 0,306 = 0,73$$

Die Formel wird um den  $f_x$ -Wert (0,6) der Bodenplatte (Transmissionswärmeverlusten aus der EnEV-Berechnung,  $A \cdot U \cdot f_x$ ) vervollständigt.

#### Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi$

Empfohlene Übergangswiderstände für Wärmestromberechnungen  
 $R_{si} = 0,13$ ,  $R_{se} = 0,04$  (EN ISO 10211-1, 6.1.2)

aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 20.10.2009  
Gebäudekante mit  $R_{si} = 0,13 \sim R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

$L^{2D} = 0,84 \text{ W/mK}$  (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)  
Die Werte  $U_i$  der beteiligten Bauteile werden mit  $R_{si} / R_{se}$  (neu) berechnet  
 $\sum l_i \cdot U_i = 1,610 \cdot 0,241 \cdot 0,6 + 1,620 \cdot 0,306 = 0,73$  (Leitwert ohne WB-Einfluß)

$$\psi = L^{2D} - \sum l_i \cdot U_i = 0,11 \text{ W/mK}$$

Als Ergebnis sollte nun ein PSI-Wert von 0,11 W/mK stehen. Der Gleichwertigkeitsnachweis wird demnach eingehalten, denn als Höchstwert sind hier nur 0,11 W/mK gefordert. Das bedeutet, dass für die EnEV-Berechnung der pauschale Wärmebrückenzuschlag  $dU_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  verwendet werden darf.

#### **Vereinfachter Gleichwertigkeitsnachweis gemäß EnEV 2009**

Gemäß EnEV 2009 § 7 gilt der Gleichwertigkeitsnachweis als erfüllt, **wenn die U-Werte der beteiligten Bauteile die U-Werte der Bauteile des jeweiligen Details aus dem DIN 4108 Bbl.2 mindestens gleichwertig sind.**

Vergleichen Sie die U-Werte Ihrer Bauteile mit den U-Werten des DIN 4108 Bbl.2.

#### **Vertiefung zum vereinfachten Gleichwertigkeitsnachweis gemäß EnEV 2009**

Falls Ihre Bauteile die U-Werte der Bauteile im DIN 4108 Bbl.2 unterschreiten, erfüllen Sie die Anforderung der EnEV 2009 und dürfen mit einem Wärmebrückenzuschlag von  $dU_{wb} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  rechnen.

D.h. also, dass theoretisch keine Randdämmung mehr notwendig ist. Den Vergleichswert des DIN 4108 Bbl.2 würde man allerdings ohne Randdämmung nicht mehr einhalten.

Führen Sie eine solche Vergleichsrechnung durch, indem Sie den Randdämmstreifen aus Ihrem Anschluss löschen, die Iteration erneut starten und den PSI-Wert nochmals ermitteln. Achten Sie auch auf die Nachbearbeitung des PSI-Wertes.

## 1.7 Auskragende Balkonplatte (... aus bestehender Konstruktion)

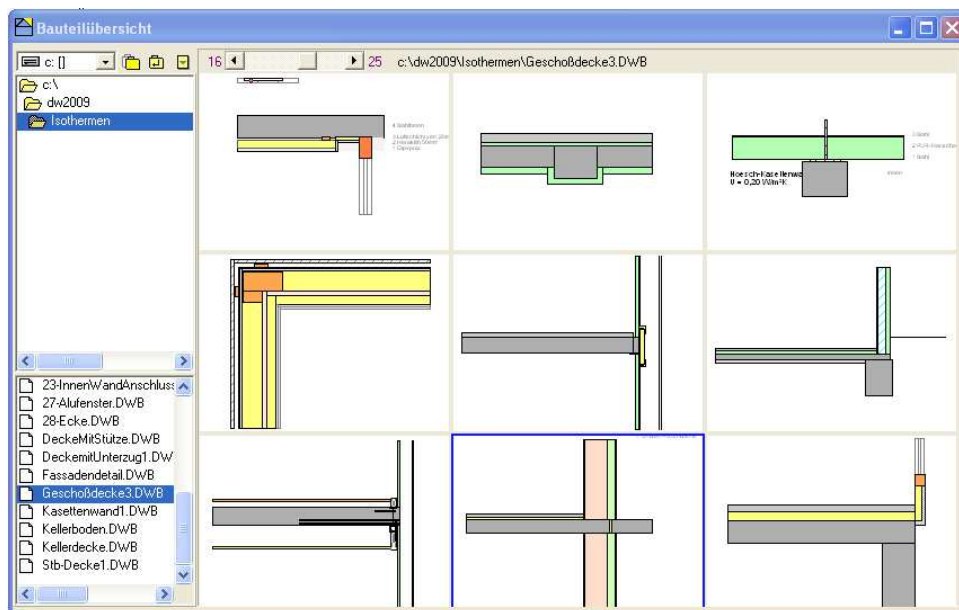
### Aufgabenstellung

Erstellen Sie einen Geschossdeckenanschluss mit auskragender Balkonplatte aus einer bereits angelegten Wärmebrückenkonstruktion der DÄMMWERK-Datenbank.

☀ **Hinweis:** Dieser Weg eignet sich besonders, wenn Sie mal nicht so recht wissen, wie Sie eine Konstruktion beginnen sollen. DÄMMWERK beinhaltet eine Vielzahl bereits konstruierter Wärmebrücken, die über die Bauteilübersicht kopiert und später durch wenige Schritte verändert werden können

### ► Anleitung Schritt für Schritt:

Öffnen Sie sich die Bauteilübersicht in der oberen Menüleiste über „Bauteile“ und wählen nun über den links angezeigten Dateipfad folgende Ordner jeweils mit Doppelklick an „dw2011“ – „Isothermen“. Hier kopieren Sie sich den Balkonplattenanschluss „Geschossdecke3.DWB“ und benennen die Kopie „Balkonanschluss“.



Auch wenn diese Konstruktion wahrscheinlich nicht Ihren Vorstellungen entspricht, können Sie mit relativ einfachen Schritten evtl. Änderungen vornehmen. Passen Sie zunächst die Konstruktion der Decke an und wechseln danach in das Grafikenster und beschäftigen sich mit der Konstruktion der Wärmebrücke mittels „Wärmebrücken konstruieren“.

Die beiden PE-Folien löschen Sie aus der Konstruktion, da diese keinen Einfluss auf die Wärmedämmung und Wärmebrücke (thermisch!) nehmen.


### Querschnitt

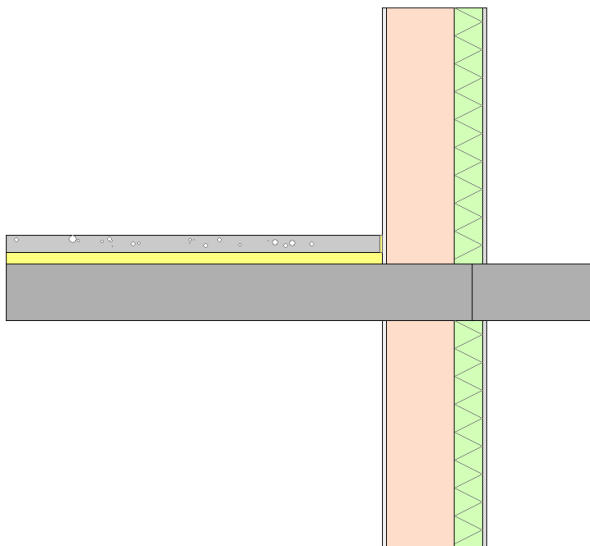
| von innen           | s<br>[mm] | ρ<br>[kg/m³] | [kg/m²] | λ<br>[W/mK]           | R<br>[m²K/W] |
|---------------------|-----------|--------------|---------|-----------------------|--------------|
| R <sub>si</sub>     |           |              |         |                       | 0,170        |
| 01 Zementestrich    | 60,0      | 2000         | 120,0   | 1,400                 | 0,043        |
| 02 Mineralfaser 035 | 40,0      | 30           | 1,2     | 0,035                 | 1,143        |
| 03 Stahlbeton       | 200,0     | 2400         | 480,0   | 2,100                 | 0,095        |
| R <sub>se</sub>     |           |              |         |                       | 0,170        |
| d = 300,0           |           | G = 601,2    |         | R <sub>T</sub> = 1,62 |              |


Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,617 W/m²K** (ohne Korrekturen)

Passen Sie danach die Wärmebrückenkonstruktion an. Als Anschlussbauteile können Sie Ihre bereits erstellte Außenwand heranziehen (blauer Schriftzug „1.Anschlussbauteil“ und „2.Anschlussbauteil“).

Ihr Berechnungsnetz bleibt unverändert, sollte aber nochmals überprüft werden. Durch Ausrichten der Anschlussbauteile und Einbauteile, sowie der Anpassung deren Größen vervollständigen Sie die Konstruktion.

Die thermische Trennung soll vorerst gelöscht werden. Markieren Sie hierzu das zu löschende Bauteil und wählen dann den Bildschalter  „Löschen“.



Zur Isothermenberechnung gelangen Sie über „Wärmebrücken berechnen“ . Stellen Sie nun Ihre entsprechenden Randbedingungen ein (wie in den Übungen zuvor) und starten die Isothermenberechnung über „berechnen“.

Je nach dem welchen Nachweis Sie führen möchten, bestimmen Sie entweder die kritische Oberflächentemperatur für den Schimmelpilznachweis oder den PSI-Wert der Konstruktion.

Die jeweils druckbaren Nachweis finden Sie wieder im Bauteilformular oder im Feuchteschutzformular.

Zur Kontrolle... folgender PSI-Werte sollte für die Konstruktion errechnet werden

$L^{2D} = 1,19 \text{ W/mK}$  (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)

Die Werte  $U_i$  der beteiligten Bauteile werden mit  $R_{si} / R_{se}$  (neu) berechnet

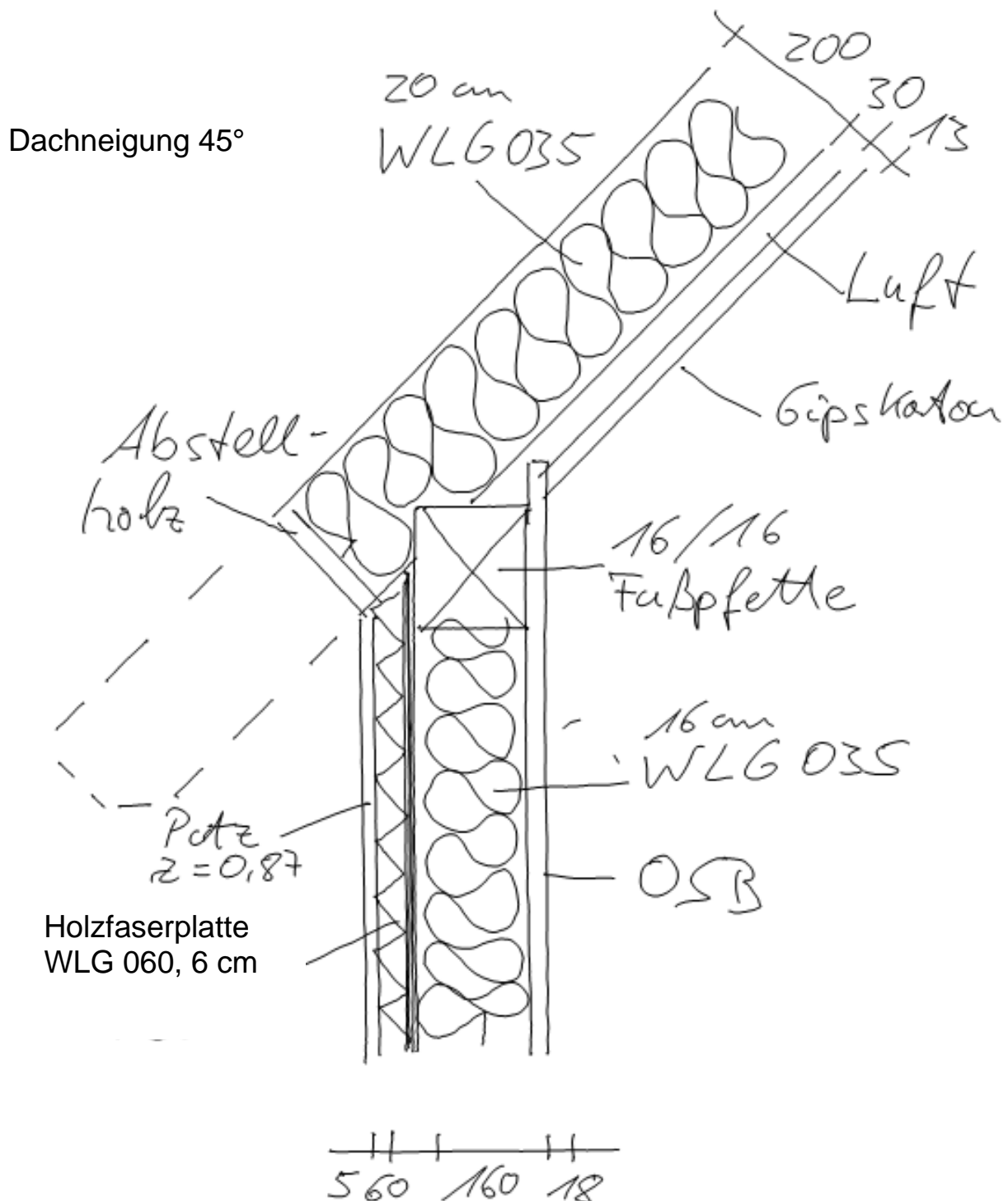
$\sum l_i * U_i = 0,895 * 0,306 + 0,995 * 0,306 = 0,58$  (Leitwert ohne WB-Einfluss)

$\psi = L^{2D} - \sum l_i * U_i = 0,61 \text{ W/mK}$

## 1.8 Traufanschluss (schräger Anschluss)

### Aufgabenstellung

Berechnen Sie den Wärmebrückenverlustkoeffizient für einen Traufanschluss. Als Grundlage dient Ihnen die nachfolgende Skizze. Da es sich hierbei um einen schrägen Anschluss handelt und dieser im gerichteten (rechtwinkligen) Netz nicht konstruiert werden kann, nutzen Sie das Näherungsverfahren von Feist (Passivhausinstitut).



► **Anleitung Schritt für Schritt:**

Wechseln Sie in das Bauteilformular mittels „Bauteile“ in der linken Menüführung und legen Sie sich ein neues Bauteil über das Icon „neues Bauteil“ in der oberen Menüleiste mit dem Namen „Außenwand-Holzbau“ an. Geben Sie den Schichtaufbau über den Baustoffassistenten wie gezeigt ein (**alternativ können Sie den Baustoffassistenten mit F6 öffnen**). Dampfsperren und andere Abdichtungen lassen wir der Einfachheit halber bereits außen vor. Da in der PSI-Wert-Berechnung nur von den Gefach-U-Werten ausgegangen wird (die Regel-Holzquerschnitte eines zusammengesetzten Bauteils und deren Wärmebrückeneinflüsse sind bereits im Gesamt-U-Wert enthalten), reicht es aus, dass wir lediglich das Gefach konstruieren.

In der folgenden Wärmebrückenberechnung werden wir mit einem 5 mm-Netz rechnen und passen daher unsere Konstruktion wie folgt an.

| Querschnitt  |           |                           |      |             |                           |
|--|-----------|---------------------------|------|-------------|---------------------------|
| von innen  | s<br>[mm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |      | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>                                    |           |                           |      |             | 0,130                     |
| 01 OSB-Platten                                     | 20,0      | 650                       | 13,0 | 0,130       | 0,154                     |
| 02 Mineralwolle MW 035, II                         | 160,0     | 30                        | 4,8  | 0,035       | 4,571                     |
| 03 Holzfaserplatten 060 DIN 68750                  | 60,0      | 300                       | 18,0 | 0,060       | 1,000                     |
| 04 Außenputz                                       | 5,0       | 1800                      | 9,0  | 0,870       | 0,006                     |
| R <sub>se</sub>                                    |           |                           |      |             | 0,040                     |
| d = 245,0      G = 44,8      R <sub>T</sub> = 5,90 |           |                           |      |             |                           |

Nach der konstruierten Außenwand erstellen Sie nun die Dachkonstruktion mit dem Namen „Dachschräge“ wie zuvor.

| Querschnitt  |           |                           |      |             |                           |
|--|-----------|---------------------------|------|-------------|---------------------------|
| von innen  | s<br>[mm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |      | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>                                    |           |                           |      |             | 0,100                     |
| 01 Gipskartonplatten nach DIN 18180                | 15,0      | 800                       | 12,0 | 0,250       | 0,060                     |
| 02 Luftschicht ruhend                              | 30,0      | 1                         | 0,0  | -           | 0,160                     |
| 03 Mineralwolle MW 035, II                         | 200,0     | 30                        | 6,0  | 0,035       | 5,714                     |
| R <sub>se</sub>                                    |           |                           |      |             | 0,040                     |
| d = 245,0      G = 18,0      R <sub>T</sub> = 6,07 |           |                           |      |             |                           |

Nachdem Sie beide Bauteile konstruiert haben, erstellen Sie sich eine Kopie des Bauteiles „Dachschräge“. Gehen Sie in die über „Bauteile“ in der oberen Menüleiste in die Bauteilübersicht, wählen Sie das Bauteil aus und wählen das Symbol Kopie an. Als Namen geben Sie „Traufe-rechtwinklig“ ein.

Gemäß Feist wird nun **der PSI-Wert eines schrägen Anschlusses aus zwei Wärmebrückenberechnungen gemittelt**. Hierfür benötigen wir unseren Anschluss einmal in rechtwinkliger Ausführung und einmal als linearen Anschluss (gerader Anschluss zweier Bauteile).

Wir beginnen mit dem rechtwinkligen Anschluss:

► Wechseln Sie in das Grafikfenster, indem Sie auf die Grafik im rechten oberen Bildschirmbereich oder in der linken Menüführung auf „Wärmebrücken“ klicken. Über den Bildschalter „Einstellungen“ in der oberen Menüleiste, können Sie sich die Bezeichnungen und ggf. die Maßkette deaktivieren.

Richten Sie nun die Größe Ihres Bauteils über den Schieberegler ein

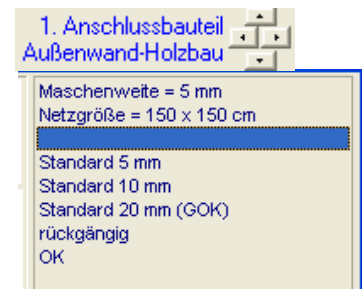


Über „Wärmebrücke“ in der oberen Menüleiste öffnet sich das Fenster zum Konstruieren von Wärmebrücken. Hier wählen Sie in den Berechnungsmodellen „Anschluss mit 2 Bauteilen“ an.



Danach wählen Sie als 1. Anschlussbauteil die „Außenwand-Holzbau“.

Weiterhin stellen Sie sich Ihr Berechnungsnetz wie folgt ein:

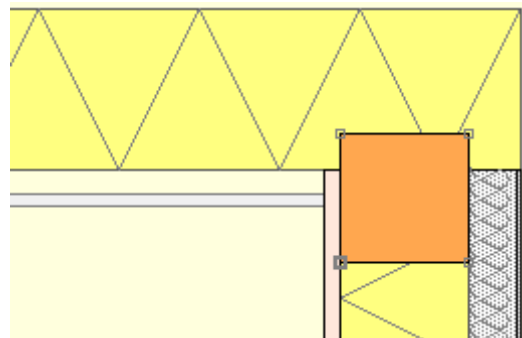


Ihr Netz (Maschenweite) sollte immer genügend groß gewählt werden, damit später die Isothermen in den Schnittkanten wieder ungestört parallel verlaufen. Durch die Normung wird ein Mindestabstand (gemessen von der Innenecke) vorgegeben. Früher gab es den Richtwert von einem Meter, heute soll **von einer 3-4-fachen Bauteildicke** ausgegangen werden.

Außerdem ist darauf zu achten, dass die Konstruktionsschritte in mm mit der Maschenweite übereinstimmen. Sie sollten sich also bereits beim Konstruieren der Bauteile Gedanken über Ihr späteres Berechnungsnetz machen.

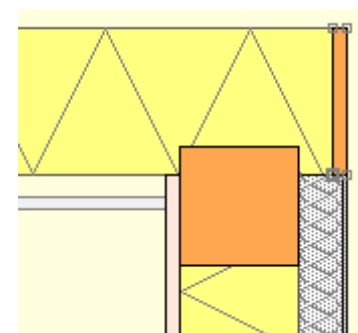
Über den Bildschalter „neue Ergänzungsbauteile“  komplettieren Sie nun die Konstruktion.

Fügen Sie ein Holzteil mit den Abmessungen 16cm / 16cm ein und positionieren sie es wie in der Abbildung dargestellt. Dabei ragt die Pfette ca. 4cm in die Dachkonstruktion.




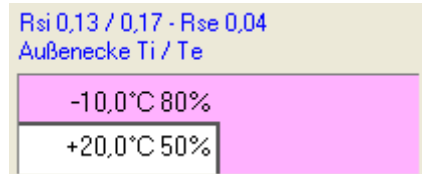
→ **Tipp:** Falls Sie die 4cm Verschiebung nicht genau einstellen können, verschieben Sie das Ergänzungsbauteil mit Hilfe der Pfeiltasten in 5mm-Schritten nach oben.

Als Abstellbrett fügen Sie bitte ein Holzteil mit der Größe 2cm / 20cm ein und positionieren dieses.



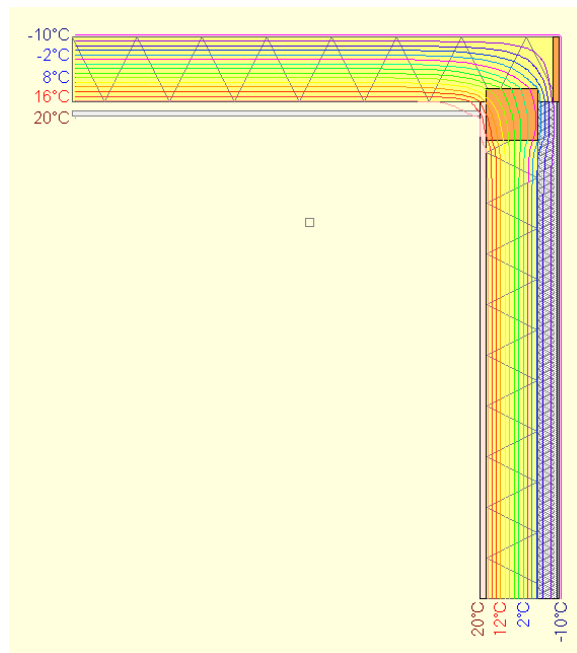
→ **Tipp:** Sie können das Ergänzungsbauteil auch kopieren und modifizieren.

► Wechseln Sie nun über  in den Dialog „Wärmebrücke berechnen“. Es soll die Berechnung des PSI-Wertes erfolgen. In den Randbedingungen wählen Sie daher „für PSI-Werte“ aus. Klicken Sie hierzu auf den blauen Schriftzug der Temperaturrandbedingungen. Zunächst stellen sich die Temperaturen nun nach Norm auf  $-10^{\circ}\text{C}$  außen und  $20^{\circ}\text{C}$  innen, die Übergangswiderstände auf  $R_{si} 0,13$  und  $R_{se} 0,04$  ein.




Über „berechnen“ starten Sie die Isothermenberechnung. In der Auswahl der einfachen oder beschleunigten Iteration wählen Sie „beschleunigte Iteration“ aus. Die Berechnung der Isothermenverläufe beginnt nun und wird gemäß dem Abbruchkriterium der Normung (ist voreingestellt) automatisch enden. Nach Ende der Berechnung speichern Sie sich die Isothermenberechnung ab, beantworten Sie daher die Abfrage mit „Ja“.

Durch Anwählen der Symbole richten Sie sich die Darstellung der Isothermen, Wärmeströme oder der Ecktemperaturen ein.



## Zur PSI-Wert-Berechnung

Über den Schalter  erreichen Sie die PSI-Wert-Berechnung. Für den PSI-Wert wird nun der zweidimensionale thermische Leitwert benötigt. Der thermische Leitwert kann auf der Bauteiloberfläche abgegriffen werden... entweder außen (L2D,e) oder innen (L2D,i).

Es gilt eine feste Regel: Das, was an Energie rein geht, kommt auch wieder raus. L2D,e sollte also mit einer gewissen Genauigkeit genauso groß sein wie L2D,i.

In diesem Fall wählen Sie sich den ungünstigeren Leitwert, L2D,e aus und lassen sich den PSI-Wert berechnen. Den druckbaren Nachweis der Berechnung des PSI-Wertes finden nun im Bauteilformular.

### Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi$

Empfohlene Übergangswiderstände für Wärmestromberechnungen  
 $R_{si} = 0.13$ ,  $R_{se} = 0.04$  (EN ISO 10211-1, 6.1.2)

aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 21.10.2009  
Gebäudekante mit  $R_{si} = 0,13 \sim R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

$L^{2D} = 0,52 \text{ W/mK}$  (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)  
Die Werte  $U_i$  der beteiligten Bauteile werden mit  $R_{si} / R_{se}$  (neu) berechnet  
 $\Sigma I_i * U_i = 1,495 * 0,164 + 1,735 * 0,169 = 0,54$  (Leitwert ohne WB-Einfluß)

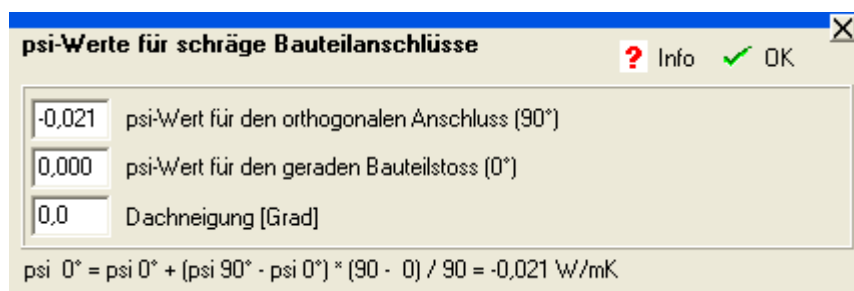
$$\psi = L^{2D} - \Sigma I_i * U_i = -0,02 \text{ W/mK}$$

Auswahlmenü 166

xxx

verwendeter  $\psi$ -Wert = -0,02 W/mK

Öffnen Sie nun das Auswahlmenü 166, indem Sie mit Ihrer linken Maustaste auf die magenta-farbenen XXX klicken. Wählen Sie nun „schräge Anschlüsse“, danach „berechnen“ an. Es öffnet sich folgender Dialog.



**psi-Werte für schräge Bauteilanschlüsse** Info OK

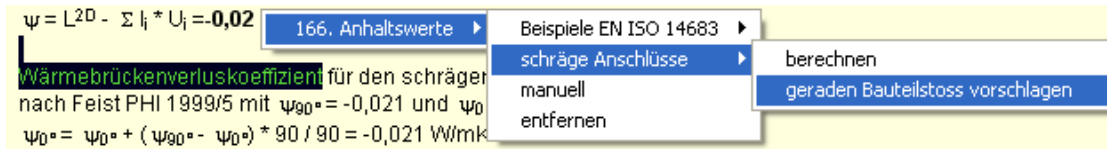
|        |   |
|--------|---|
| -0,021 | psi-Wert für den orthogonalen Anschluss (90°) |
| 0,000  | psi-Wert für den geraden Bauteilstoß (0°)     |
| 0,0    | Dachneigung [Grad]                            |

$\psi_{0^\circ} = \psi_{0^\circ} + (\psi_{90^\circ} - \psi_{0^\circ}) * (90 - 0) / 90 = -0,021 \text{ W/mK}$

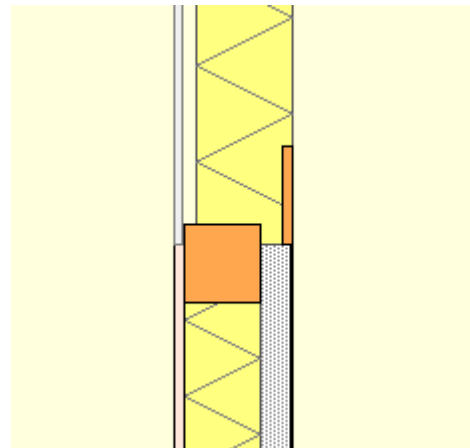
Wie Sie im Dialog sehen können, wurde der erste berechnete PSI-Wert bereits in die Eingabe übertragen. Um zum Ergebnis zu gelangen, fehlt noch der PSI-Wert für den geraden Bauteilstoß und die Dachneigung.


**Gerader Bauteilstoß**

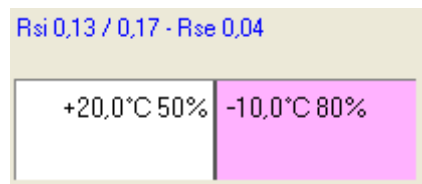
Um zum geraden Bauteilstoß zu gelangen, schließen Sie das Menü mit einem Klick auf OK. Klicken Sie danach auf den Schriftzug „Wärmebrückenverlustkoeffizient“ und öffnen so nochmals das Auswahlmnü 166. Hier wählen Sie den „geraden Bauteilstoß vorschlagen“ aus.




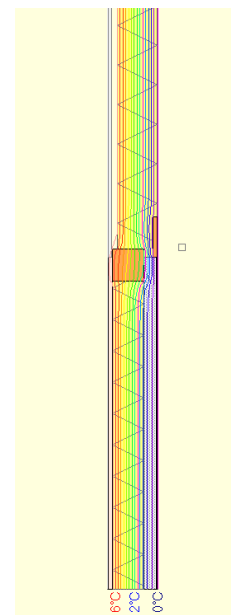
Es wird automatisch eine Bauteilkopie angelegt und die Wärmebrücke in einem linearen Stoß angezeigt. Wechseln Sie erneut in das Grafikfenster und passen Sie die Konstruktion Ihrer Wärmebrücke an indem Sie die beiden Anschlussbauteile und die Ergänzungsbauteile entsprechend verschieben. Erreichen können Sie das durch Festhalten und Verschieben per Maus oder durch Betätigen der entsprechenden Richtungs-Pfeiltasten der Bauteile, nachdem Sie in das „Wärmebrücken konstruieren“ Fenster gewechselt sind. Der Anschluss sollte nun wie rechts abgebildet aussehen.




Wechseln Sie nun über  in den Dialog „Wärmebrücke berechnen“. Es soll die Berechnung des PSI-Wertes erfolgen. In den Randbedingungen wählen Sie daher „für PSI-Werte“ aus. Klicken Sie hierzu auf den blauen Schriftzug der Temperaturrandbedingungen. Zunächst stellen sich die Temperaturen nun nach Norm auf -10°C außen und 20°C innen, die Übergangswiderstände auf Rsi 0,13 und Rse 0,04 ein.



Über  **berechnen** starten Sie die Isothermenberechnung. In der Auswahl der einfachen oder beschleunigten Iteration wählen Sie „beschleunigte Iteration“ aus. Die Berechnung der Isothermenverläufe beginnt nun und wird gemäß dem Abbruchkriterium der Normung (ist voreingestellt) automatisch enden. Nach Ende der Berechnung speichern Sie sich die Isothermenberechnung ab, beantworten Sie daher die Abfrage mit „Ja“.



## Zur PSI-Wert-Berechnung

Über den Schalter  erreichen Sie die PSI-Wert-Berechnung. Für den PSI-Wert wird nun der zweidimensionale thermische Leitwert benötigt. Der thermische Leitwert kann auf der Bauteiloberfläche abgegriffen werden... entweder außen (L2D,e) oder innen (L2D,i).

Es gilt eine feste Regel: Das, was an Energie rein geht, kommt auch wieder raus. L2D,e sollte also mit einer gewissen Genauigkeit genauso groß sein wie L2D,i.

In diesem Fall wählen Sie sich den ungünstigeren Leitwert aus und lassen sich den PSI-Wert berechnen. Den druckbaren Nachweis der Berechnung des PSI-Wertes finden nun im Bauteilformular.

### Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\psi$

Empfohlene Übergangswiderstände für Wärmestromberechnungen  
 $R_{si} = 0,13$ ,  $R_{se} = 0,04$  (EN ISO 10211-1, 6.1.2)

aus der DÄMMWERK-Berechnung vom 21.10.2009  
Sturz / Brüstung mit  $R_{si} = 0,13 \sim R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \sim T_i = 20,0^\circ\text{C} \sim T_a = -10,0^\circ\text{C}$

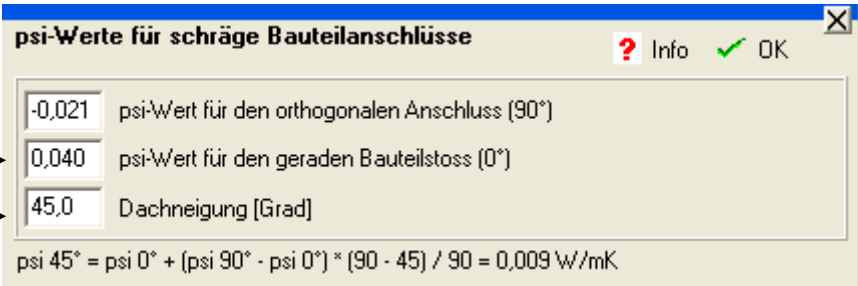
$L2D = 0,58 \text{ W/mK}$  (2D-Leitwert nach der Isothermenberechnung)  
Die Werte  $U_i$  der beteiligten Bauteile werden mit  $R_{si} / R_{se}$  (neu) berechnet  
 $\sum l_i * U_i = 1,560 * 0,164 + 1,670 * 0,169 = 0,54$  (Leitwert ohne WB-Einfluß)

$\psi = L2D - \sum l_i * U_i = 0,04 \text{ W/mK}$

→ Wärmebrückenverlustkoeffizient für den schrägen Anschluss  
nach Feist PHI 1999/5 mit  $\psi_{90^\circ} = -0,021$  und  $\psi_{0^\circ} = 0,000 \text{ W/mK}$   
 $\psi_{90^\circ} = \psi_{0^\circ} + (\psi_{90^\circ} - \psi_{0^\circ}) * 90 / 90 = -0,021 \text{ W/mK}$   
verwendeter  $\psi$  - Wert =  $0,04 \text{ W/mK}$

Um den passenden PSI-Wert unseres schrägen Traufanschlusses zu ermitteln, wechseln Sie über die Bauteilübersicht, Ikon „Bauteile“ in der oberen Menüleiste zurück in den rechtwinkligen Anschluss.

Öffnen Sie erneut das Auswahlménü 166, indem Sie mit Ihrer linken Maustaste auf den magentafarbenen Schriftzug „Wärmebrückenverlustkoeffizient“ klicken. Wählen Sie nun „schräge Anschlüsse“, danach „berechnen“ an. Im folgenden Dialog berechnen Sie nun den wahren PSI-Wert unseres schrägen Traufanschlusses. Geben Sie bitte die passenden PSI-Werte ein und vervollständigen Sie die Eingabe mit der Dachneigung.



psi-Werte für schräge Bauteilanschlüsse

-0,021 psi-Wert für den orthogonalen Anschluss (90°)

0,040 psi-Wert für den geraden Bauteilstoß (0°)

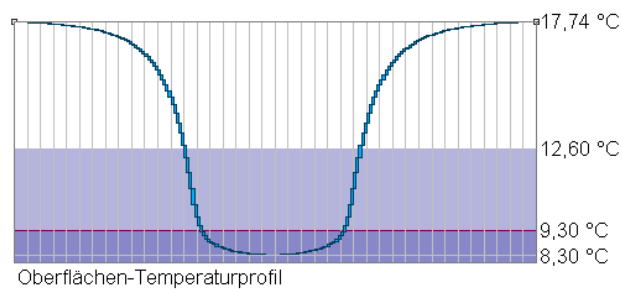
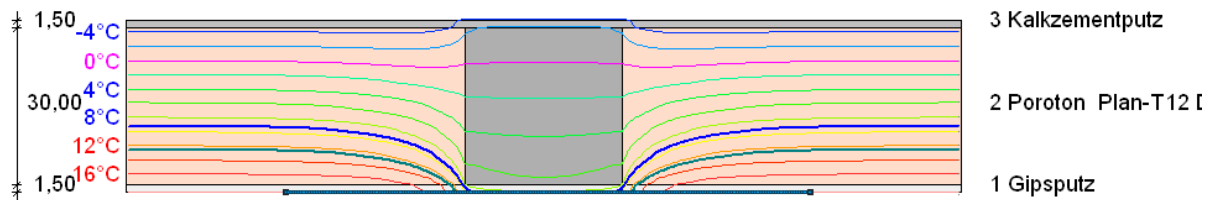
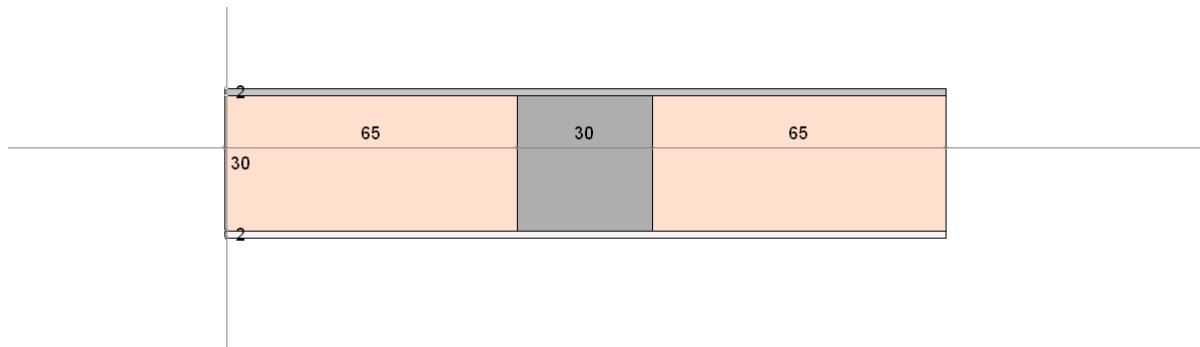
45,0 Dachneigung [Grad]

$\psi_{45^\circ} = \psi_{0^\circ} + (\psi_{90^\circ} - \psi_{0^\circ}) * (90 - 45) / 90 = 0,009 \text{ W/mK}$

Der gemittelte PSI-Wert unseres schrägen Anschlusses wird nun angezeigt, er beträgt  $0,009 \text{ W/mK}$ .

Wärmebrückenverlustkoeffizient für den schrägen Anschluss  
nach Feist PHI 1999/5 mit  $\psi_{90^\circ} = -0,021$  und  $\psi_{0^\circ} = 0,040 \text{ W/mK}$   
 $\psi_{45^\circ} = \psi_{0^\circ} + (\psi_{90^\circ} - \psi_{0^\circ}) * 45 / 90 = 0,009 \text{ W/mK}$

## 1.9 Konstruktion und Isothermenberechnung für eine Wand mit Betonstütze



Die Taupunkttemperatur der Raumluft beträgt 9,3°C (20,0°C · 50%)

80% relative Luftfeuchte werden bei einer Abkühlung der Raumluft auf 12,6°C erreicht

$R_{si} / R_{se} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$      $t_{gi} / t_{ge} = 20,0 / -5,0 \text{ °C}$

### Außenwand A4

#### Querschnitt

| von innen  | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | λ <sub>R</sub><br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--|-----------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>                                  |           |                           |                          | 0,13                      |
| 01 Gipsputz                                      | 1,500     | 1200                      | 0,350                    | 0,04                      |
| 02 Poroton Plan-T12 DM                           | 30,000    | 650                       | 0,120                    | 2,50                      |
| 03 Kalkzementputz                                | 1,500     | 1800                      | 0,870                    | 0,02                      |
| R <sub>se</sub>                                  |           |                           |                          | 0,04                      |
| d = 33,000    G = 240,0    R <sub>T</sub> = 2,73 |           |                           |                          |                           |

## Aufgabenstellung

Konstruieren Sie die dargestellte Situation „Betonstütze in monolithischer Außenwand“. Geben Sie dazu zunächst eine Außenwand mit oben angegebenem Aufbau ein, mit der Bauteilbezeichnung „Außenwand A4“. Verwenden Sie ein Konstruktions- und Berechnungsnetz mit 5 mm Maschenweite und einer horizontalen Ausdehnung von 160 cm. Die Betonstütze ist 30 x 30 cm groß. Positionieren Sie die Stütze in der Mitte des Konstruktionsnetzes. Bringen Sie das Netz dazu zur Anzeige. Der Dämmstreifen (WLG 035) an der Innenseite ist 30 \* 5 cm groß.

Führen Sie die Isothermenberechnung durch und stellen Sie das Oberflächen-Temperaturprofil wie gezeigt dar. Bewerten Sie das Oberflächen-Temperaturprofil.

### ► Anleitung Schritt für Schritt:

Öffnen Sie im Berechnungsblatt „Bauteil“ die Bauteilübersicht und laden Sie das Bauteil „Außenwand“. Speichern Sie das Bauteil unter dem Namen „Außenwand-mit-Betonstütze“ ab. Ändern Sie die Bezeichnung im Bauteilformular.

Richten Sie das Konstruktions- und Berechnungsnetz ein, indem Sie das Grafikenfenster öffnen und den Schalter „Wärmebrücke konstruieren“ anklicken. Der Bauteilquerschnitt muss für die Berechnung gedreht werden. Klicken Sie anschließend auf die blaue Schrift „10 er Netz ...“ und Stellen Sie über den Schalter „5 mm“ für die Einflussbreite 160 cm und für die Einflusshöhe ab OK Bauteil 60 cm ein. Die Eingaben werden mit „OK“ bestätigt. Mit dem Schiebepalken „Maßstab“ stellen Sie die Querschnittsbreite so ein, dass das Bauteil unter dem Konstruktions-/ Berechnungsnetz liegt.

Die Betonstütze wird als Ergänzungsbauteil konstruiert, betätigen Sie dazu den Schalter „neues Ergänzungsbauteil erzeugen“ in der Menüwahl „2. Baustoffe“ wählen Sie „2. Beton → 2.1 Beton DIN EN 206 → Normalbeton 2400“. Nachdem Sie das neue Einbauteil Beton (30 x 30 cm) dimensioniert haben, verschieben Sie es mit der Maus in die Mitte der Querschnittsdarstellung, Ansatzpunkt ist Oberkante Gipsputz.

Führen Sie die Isothermenberechnung durch. Schließen Sie das Fenster „Wärmebrücke konstruieren“ und klicken Sie auf den Bildschalter „Isothermen“ für die Randbedingungen stellen Sie für das Schimmelpilzkriterium ein Rsi 0,25 und Außentemperatur -5°C. Die Berechnung wird über den Schalter „berechnen“ neu gestartet.

Die Grafik des Oberflächen-Temperaturprofils erzeugen Sie über den Bildschalter „Oberflächen-Temperaturprofil“ im Isothermenfenster, unten rechts, Schalter mit Kurvengrafik. Markieren Sie zunächst mit der Maus den Startpunkt für das Oberflächenprofil, einen Punkt der inneren Bauteiloberfläche links von der Stütze (Markierung muss rot sein). Klicken Sie nochmal auf „Oberflächen-Temperaturprofil“ und geben nun Sie nun die folgenden Einstellungen ein:

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Länge (Abwicklung)                | = 100cm |
| Ordinatenhöhe                     | = 20    |
| Abszisse                          | = 10    |
| niedrigste Temperatur             | = 8     |
| Abstand vertikale Längsmarkierung | = 5     |

Falls die Querschnittsgrafik vom Fenster „Isothermen berechnen“ zu sehr verdeckt wird, kann dieses verschoben werden. Klicken Sie mit der Maus an den oberen dunkelblauen Rahmen und ziehen Sie das Fenster in die gewünschte Position. Die Querschnittsgrafik und das Diagramm des Oberflächen-Temperaturprofils können ebenfalls mit der Maus entsprechend positioniert werden.

## Vertiefung

Überprüfen Sie, wie sich die Oberflächentemperatur ändert wenn, wir eine Sichtbetonstütze mit Versatz konstruiert wird. Bauen Sie zusätzlich einen Mineralfaserdämmstreifen an der Innenseite ein und berechnen die Oberflächentemperatur erneut.

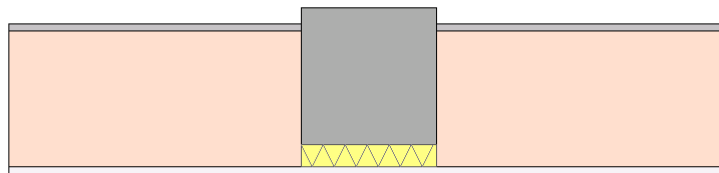
### ► Anleitung Vertiefung Schritt für Schritt:

Speichern Sie das Bauteil zweimal, vergeben Sie als zweiten Namen „Außenwand B2V“.

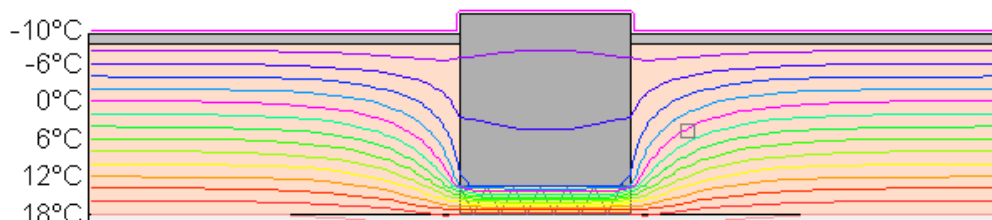
Den Stützenversatz realisieren Sie, indem Sie die Position der Stütze über die Wippschalter „y-Position“ um 10 Netzmaschen (5 mm Netz) nach oben verschieben.

Für den eingebauten Dämmstreifen verwenden Sie einen Dämmstoff der WLG 035 (z.B. Mineralfaser), dimensionieren (30 x 5 cm) und positionieren ihn wie in der Aufgabenstellung (Grafik) gezeigt.

Führen Sie nun eine weitere Isothermenberechnung durch. Erzeugen Sie für diese Berechnung das Oberflächen-Temperaturprofil wie oben beschrieben.



### Berechnung von längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten



Randbedingungen  
Rsi 0,13 / 0,17 - Rse 0,04

-10,0°C 80%  
+20,0°C 50%

Berechnung wurde geladen

Wärmebrücke berechnen  
°C neu

darstellen  
Hinweise ohne

ψ 0,144 fRsi

thermischer Leitwert + Wärmebrückenverlustkoeffizient  
-----  
0,724 W/mK = L2D,e  
0,580 W/mK = li\*Ui = 1,585\*0,366  
... -> psi = 0,724 - 0,580 = 0,144 W/mK  
... siehe "Bauteil - Wärmebrückenverlustkoeffizient"

## Aufgabenstellung

Berechnen Sie für die verwendete Außenwand mit Beton-Stütze den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten. Ändern Sie die Maschenweite des Konstruktionsnetzes von 5 auf 10mm und rechnen Sie erneut. Sie sollten in der ersten Berechnung einen psi-Wert von 0,144 W/mK, mit 10 mm – Maschenweite einen Wert von 0,164 W/mK ermitteln.

Betrachten Sie die Notierung des psi-Wertes im Berechnungsblatt Bauteil. Welchen Differenzwert stellt der psi-Wert dar? Spielt es eine Rolle, mit welcher Außentemperatur gerechnet wird? Ändern Sie die Außenlufttemperatur auf - 5°C / 80% und rechnen Sie erneut.

## Vertiefung

Berechnen Sie die psi-Werte der Flachdachkonstruktion A2 und der Konstruktion Flachdachanschluss mit Attika aus Kapitel 1. Sie sollten etwa die folgenden Ergebnisse erhalten:

|  |                 |
|--|-----------------|
| Fenster mit Anschlag                     | $\psi = - 0,01$ |
| Fenster stumpf angeschlagen              | $\psi = 0,15$   |
| Anschluss Decke-Außenwand mit Kragplatte | $\psi = 0,40$   |
| Attikasituation                          | $\psi = 0,22$   |

Fensterlaibungen und Stürze sind wegen großer Längen und positiver psi-Werte die wichtigsten Wärmebrücken im Gebäude.

### ► Anleitung Vertiefung Schritt für Schritt:

Laden Sie das erzeugte Bauteil „Außenwand-mit-Betonstütze“. Ändern Sie die Putzstärke auf 2 cm. Überprüfen Sie das Berechnungs- / Konstruktionsnetz. Geben Sie für die Netzmaschenweite 10 mm, für die Einflussbreite horizontal 160 cm und vertikal 30 cm an. Unter Umständen müssen Sie die Einbauteile anders positionieren. Beenden Sie den Dialog. Wechseln Sie von „Wärmebrücke konstruieren“ in das Isothermen-Modul. Überprüfen Sie die Einstellungen (Rsi, Temperaturrandbedingungen etc.) und ändern Sie diese gegebenenfalls, wie in der Aufgabenstellung abgebildet. Starten Sie die Berechnung mittels rotem Bildschalter „neu“ (Iteration starten / fortsetzen). Wählen Sie im Dialogfeld den Schalter „beschleunigte Iteration“. Wenn die Berechnung beendet ist, speichern Sie den aktuellen Temperaturzustand. Betätigen Sie den Bildschalter „ $\psi$  psi“ (längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient). Im folgenden Dialogfenster können Sie den Berechnungsgang über verschiedene Möglichkeiten beeinflussen. Betätigen Sie den Schalter „L2D,e“ (außenbezogen). In der Bauteilgrafik wird jetzt die gerechnete Länge durch rote Punkte dargestellt. Im Informationsfenster wird das Ergebnis der Berechnung angezeigt.

Die genaue Berechnung lässt sich im Bauteilformular nachvollziehen, wenn mittels Bildschalter „Inhalt“ der psi-Wert aktiviert ist.

Für die Berechnung mit 5 mm-Maschen fertigen Sie eine Bauteilkopie an (speichern unter neuem Namen Außenwand B2a) und ändern das Berechnungsnetz im Fenster „Wärmebrücke“.

Ob eine Berechnung mit 5 mm Maschen notwendig ist, lässt sich anhand des psi-Wertes nicht erkennen. An den psi-Wert werden bisher keine Genauigkeitsanforderungen gestellt. Allerdings verlangt die EN ISO 10211-1, dass eine genauere Berechnung durchgeführt wird, wenn sich dadurch die kritische Oberflächentemperatur wesentlich ändert. Das EN-Kriterium bedeutet etwa, dass man an der kritischen Stelle einen Temperaturunterschied von mehr als 0.1 K berechnet. Die kritische Temperatur befindet sich unter der Stütze an der inneren Bauteiloberfläche. Sie lässt sich mit der

Beschriftung „ $T_{min} / T_{max}$ “ anzeigen. Mit 10 mm-Maschen berechnet man 17,07 °C und mit 5 mm Maschen 17,06 °C. Dieser Unterschied ist kleiner als 0,1 K, die genauere und länger dauernde Berechnung mit 5 mm-Maschen also nicht gefordert.

#### ► **Anleitung Vertiefung**

Laden Sie über die „Bauteilübersicht“ die Bauteile „Fensteranschluss 1B3“, „Fensteranschluss 2B3“, „Geschossdecke mit Balkonplatte“ und „Flachdach A2“, führen Sie die Isothermen- und psi-Wert-Berechnungen durch.

Der psi-Wert stellt die Differenz zwischen L2D-Wert und „ $U_i \cdot l_i$ “ dar. Der 2D-Leitwert in [W/mK] wird nach der Isothermenberechnung aus der äußeren Oberflächentemperatur zurückgerechnet.  $U_i$  sind die U-Werte der beteiligten Bauteile mit der jeweils berücksichtigten Länge. Die Temperaturrandbedingungen haben keinen Einfluss auf den psi-Wert. Der psi-Wert einer Wandkante des unteren Gebäudeabschlusses ist ebenso groß, wie der psi-Wert einer oben liegenden Wandkante, wenn die Konstruktion dieselbe ist. Der Wärmeverlust nach unten ist aber wegen der geringeren Temperaturdifferenz kleiner.

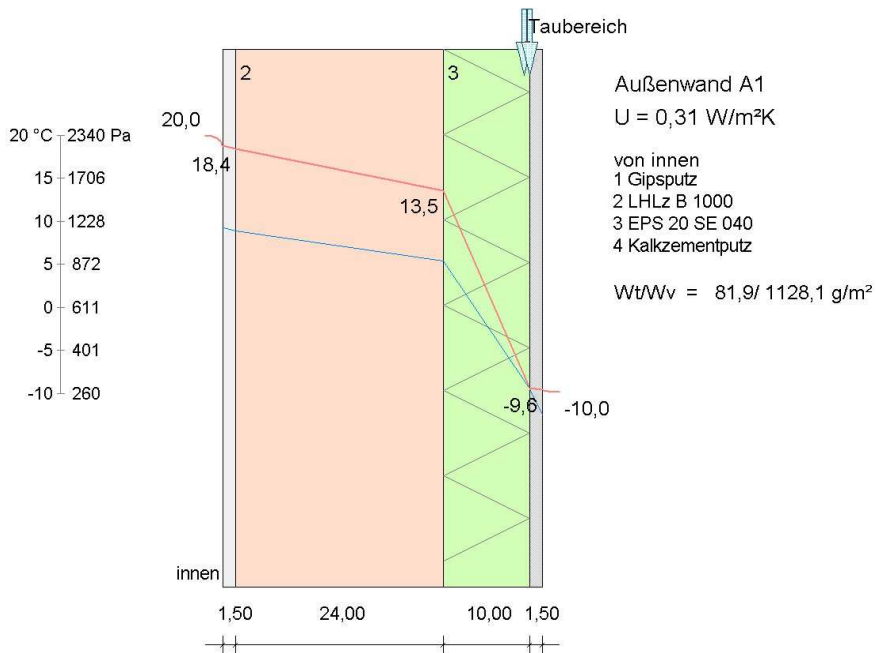
## 1.10 Schimmelpilzuntersuchung 3D (nicht mehr Bestandteil der DIN 4108-02 2003-07 )

Folgende Bauteile werden benötigt, Außenwand A1 und Flachdach A2. Geben Sie den Schichtaufbau wie unten gezeigt ein.

### Außenwand A1

#### Querschnitt

| von innen         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{Si}$          |           |                                |                                |                     | 0,13                      |
| 01 Gipsputz       | 1,500     | 1200                           | 18,0                           | 0,350               | 0,04                      |
| 02 LHLz B 1000    | 24,000    | 1000                           | 240,0                          | 0,450               | 0,53                      |
| 03 EPS 20 SE 040  | 10,000    | 20                             | 2,0                            | 0,040               | 2,50                      |
| 04 Kalkzementputz | 1,500     | 1800                           | 27,0                           | 0,870               | 0,02                      |
| $R_{Se}$          |           |                                |                                |                     | 0,04                      |
| $d = 37,000$      |           | $G = 287,0$                    |                                | $R_T = 3,26$        |                           |

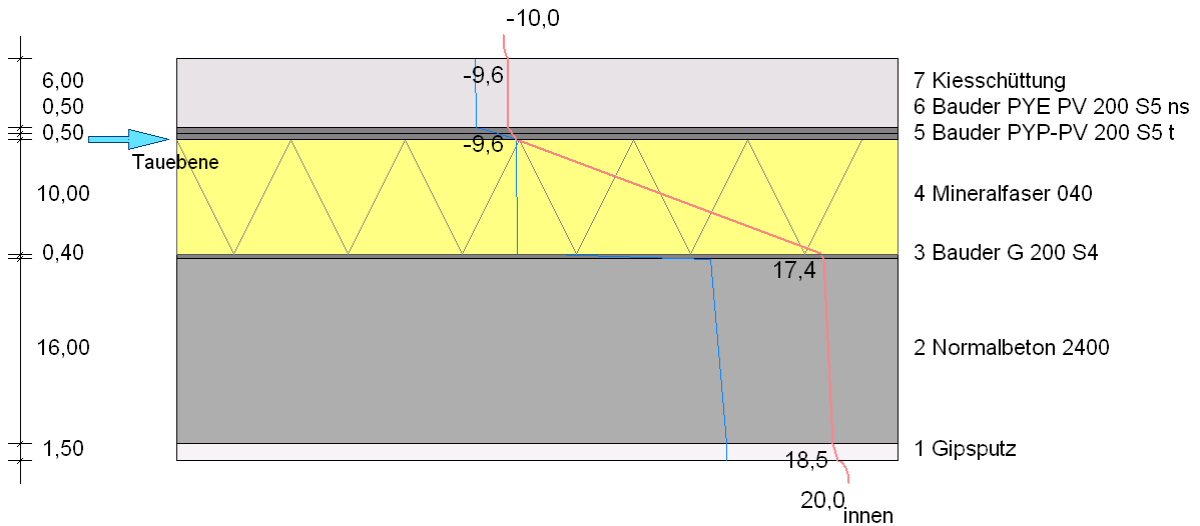


## Flachdach A2

### Querschnitt

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

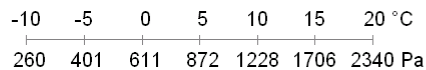
| von innen                              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                               |           |                                |                                |                     | 0,10                      |
| 01 Gipsputz                            | 1,500     | 1200                           | 18,0                           | 0,350               | 0,043                     |
| 02 Normalbeton 2400                    | 16,000    | 2400                           | 384,0                          | 2,100               | 0,076                     |
| 03 Bauder G 200 S4                     | 0,500     | 1350                           | 5,4                            | 0,170               | 0,024                     |
| 04 Mineralfaser 040                    | 10,000    | 20                             | 2,0                            | 0,040               | 2,500                     |
| 05 Bauder PYP-PV 200 S5 t              | 0,500     | 1150                           | 5,8                            | 0,170               | 0,029                     |
| 06 Bauder PYE PV 200 S5 ns             | 0,500     | 1250                           | 6,3                            | 0,170               | 0,029                     |
| 07 Kiesschüttung                       | 6,000     | 1800                           | 108,0                          | -                   | 0,001                     |
| $R_{se}$                               |           |                                |                                |                     | 0,04                      |
| d = 34,900      G = 529,4 $R_T = 2,84$ |           |                                |                                |                     |                           |



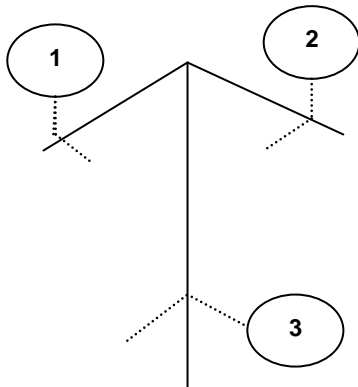
Flachdach A2

$U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

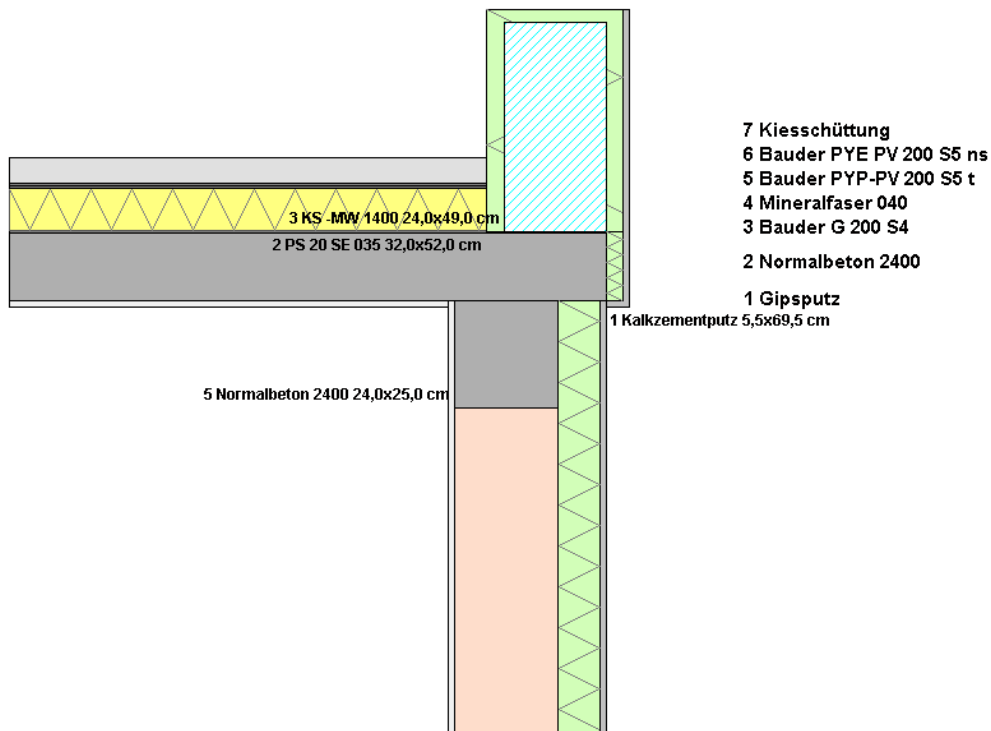
$Wt/Wv = 9,0 / 27,3 \text{ g/m}^2$



Für die 3D Untersuchung werden die folgenden drei Punkte betrachtet.



## 1.10.1 Konstruktion Flachdachanschluss mit Attika



Konstruieren Sie nun die Attikasituation unter Verwendung der Flachdachkonstruktion A2 und der Außenwand A1 als Anschluss mit zwei Bauteilen. Ringanker (24 x 25 cm), Aufmauerung (24 x 48 cm, KS-MW 1400), 4 cm Wärmedämmung EPS 035 und Kalkzementputz wird mit Einbauteilen dargestellt.

► Laden Sie die Flachdachkonstruktion „Flachdach A2“ und speichern diese unter dem Namen „Attika B4“. Wählen Sie im Wärmebrücken-Modul über das Klappenmenü einen Anschluss mit 2 Bauteilen. Das Anschlussbauteil ist die „Außenwand A1“. Bevor Sie die Einbauteile entsprechend der Vorgaben wählen (siehe oben), sollten Sie die Netzabmessungen überprüfen und gegebenenfalls ein 5 x er Netz mit den Abmessungen: horizontal 140 cm, ab OK Bauteil 100 cm einstellen.

### Vertiefung

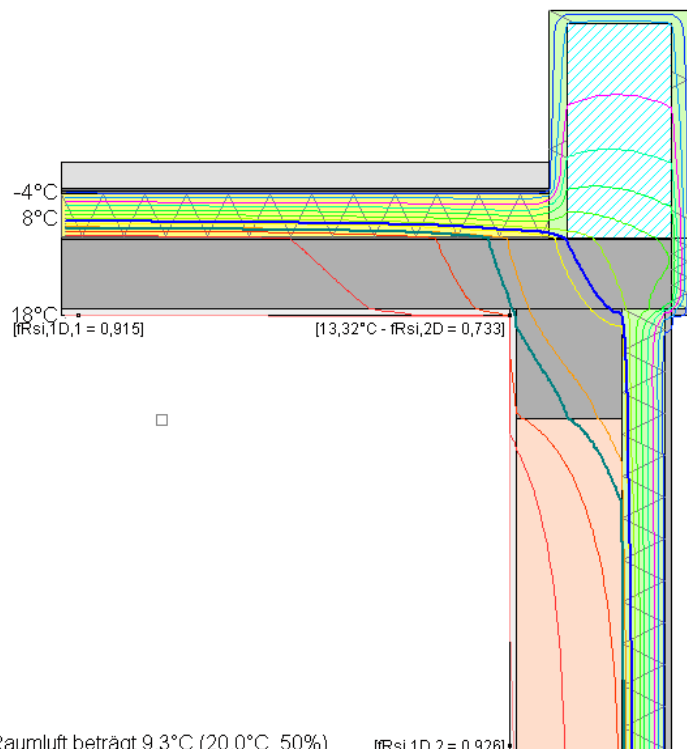
Testen Sie die Funktionen „Beschriftungen“ im Fenster „Wärmebrücke konstruieren“.

#### ► Anleitung Vertiefung

Mit dieser Funktion können Sie Einbauteile beschriften und deren Ausdehnung angeben. Der Bildschalter „Beschriftungen“ befindet sich im Fenster „Wärmebrücken konstruieren“, rechter oberer Bildschalter. Um ein Einbauteil zu beschriften, muss es vor Betätigen des Schalters „Beschriftungen“ markiert sein. Hierzu das entsprechende Einbauteil mit der Maus anklicken (die Eckpunkte sind markiert) und den Bildschalter „Beschriftungen“ betätigen. Im Dialogfeld erscheinen Schalter für verschiedene Beschriftungsoptionen. Betätigen Sie den Schalter „Einbauteil“, im erscheinenden Eingabedialog werden das Material und dessen Ausdehnung vorgeschlagen. Hier können Sie durch Löschen des Vorschlages, eine andere Beschriftung / Bezeichnung wählen. Sobald das Dialogfeld geschlossen wird, erscheint eine Rückfrage bezüglich der Positionierung der Beschriftung. Sie haben verschiedene Positionen zur Auswahl, um gegebenenfalls Überschneidungen zu vermeiden. Die Beschriftung löschen Sie, indem das Feld des Eingabedialoges leer bleibt (Text entfernen). Über die Schalter „Hauptquerschnitt“, „Hauptmaßlinie“ und „Anschlussbauteil“ können weitere Legenden in ähnlicher Weise zu- und abgeschaltet werden.

## 1.10.2 Schimmelpilzuntersuchung

Punkte **1** + **2**



Die Taupunkttemperatur der Raumluft beträgt 9,3°C (20,0°C 50%)  
 80% relative Luftfeuchte werden bei einer Abkühlung der Raumluft auf 12,6°C erreicht  
 $R_{si} / R_{se} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$   $\vartheta_i / \vartheta_e = 20,0 / -5,0 \text{ °C}$

### Vermeidung von Schimmelpilzbildung in Raumecken nach DIN 4108-2

2D-Betrachtung nach EN ISO 10211-2:2001

Randbedingungen für die Berechnung des Temperaturfaktors

$R_{si} = 0,25$   $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$   $\vartheta_i = 20 \text{ °C}$   $\vartheta_e = -5 \text{ °C}$   $\phi_i = 50\%$  (DIN 4108-2:2003, 6.2)

Schnittkante "[13,32°C -  $f_{Rsi,2D} = 0,733$ ]" (sh. Isothermenberechnung)

$\vartheta_{si(x,y)} = 13,32 \text{ °C}$  mit  $R_{si} = 0,25$   $R_{se} = 0,04$   $\vartheta_i = 20,00 \text{ °C}$   $\vartheta_e = -5,00 \text{ °C}$

Temperaturfaktor

$f_{Rsi,2D} = (\vartheta_{si} - \vartheta_e) / (\vartheta_i - \vartheta_e) = 0,73 \geq 0,70$  ausreichend nach DIN 4108-2

### Aufgabenstellung

Für eine Schimmelpilzuntersuchung an der Anschlusssituation Flachdachanschluss mit Attika (s. 1.1) müssen die Randbedingungen der Isothermenberechnung geändert werden. Welche Änderungen sind notwendig? Nehmen Sie die Änderungen vor und rechnen Sie neu. Bestimmen Sie den kritischen Punkt für die Schimmelpilzbetrachtung. Bringen Sie den gezeigten Nachweis „Vermeidung von Schimmelpilzbildung in Raumecken“ zur Anzeige und bewerten Sie das Ergebnis.

#### ► Anleitung Schritt für Schritt

Laden Sie den Dachrandanschluss „Attika“. Die Randbedingungen für die Schimmelpilzbetrachtung sind in DIN 4108-2:2001, 6.2 festgelegt. Hiernach ist für die Innentemperatur mit 20°C und 50% Luftfeuchtigkeit zu rechnen. Der innere Wärmeübergangswiderstand  $R_{si}$  ist mit  $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

anzusetzen. Man berücksichtigt damit unter anderem, dass Möbel, Vorhänge oder geometrische Umstände die Luftzirkulation behindern. Die Außentemperatur wird mit  $-5^{\circ}\text{C}$  angegeben, der äußere Wärmeübergangswiderstand mit  $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ . Ändern Sie diese Angaben bevor Sie eine neue Berechnung durchführen (blauer Schriftzug „...mit Rsi“ „für Schimmelpilz“ im Fenster „Isothermen“). Führen Sie die Isothermenberechnung durch. Der kritische Punkt für die Schimmelpilzbetrachtung ist die Raumecke. Der Punkt muss manuell markiert werden, da er nicht zweifelsfrei maschinell bestimmt werden kann. Setzen Sie eine Markierung für den Eckpunkt mit der Maus. Die Markierung kann mit den blauen Richtungspfeilen schrittweise verschoben werden (Feinjustage). Die Markierung wird für Randknoten rot, für Außen- und Innenknoten grau dargestellt. Betätigen Sie anschließend den Schalter „fRsi“ und wählen im Dialogfenster „fRsi,2D“. Die berechnete Oberflächentemperatur des markierten Eckpunktes und die Randbedingungen werden damit gesichert. Markieren Sie außerdem (für die spätere 3D-Betrachtung) einen Oberflächenpunkt im ungestörten Deckenbereich und notieren Sie die Werte mit „fRsi – fRsi,1D“.

Ungestörte Oberflächentemperaturen sollten Sie am Netzrand vorfinden, wo die Isothermen parallel zur Bauteiloberfläche verlaufen und dem stationären Temperaturverlauf entsprechen (wenn die Netzausdehnungen groß genug gewählt wurden).

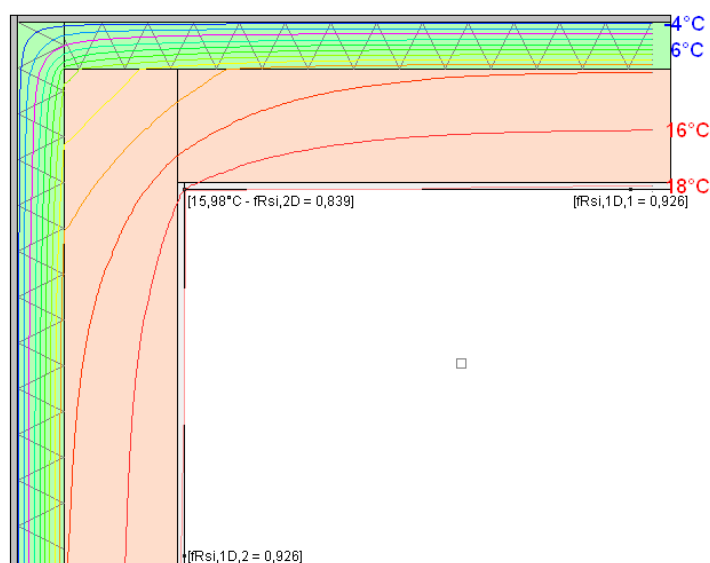
Schließen Sie das Grafikfenster und öffnen Sie das Berechnungsblatt Feuchteschutz. Über den Bildschalter „Inhalt“ markieren Sie „Schimmelpilzbildung 2D“ und schalten die übrigen Berechnungen zum Feuchteschutz ab. Die 2D-Betrachtung kann mit der zuvor markierten Ecktemperatur nachvollzogen werden.

### Vertiefung

Die kritischen Bereiche sind meistens die dreidimensionalen Raumecken. Die dort auftretende Oberflächentemperatur und der  $f_{\text{Rsi}}$ -Faktor können näherungsweise nach EN ISO 10211-2 ermittelt werden. Laden Sie dazu die Außenwandkonstruktion A1, fertigen Sie eine Bauteilkopie an, erzeugen Sie eine Wandkante und berechnen Sie dafür den  $f_{\text{Rsi}}$ -Faktor. Bringen Sie dann die zweidimensional gerechnete Wandkante mit der Attikasituation rechnerisch zum Schnitt und ermitteln Sie den  $f_{\text{Rsi}}$ -Faktor für die 3D-Ecke wie unten gezeigt.

Punkt

3



$$R_{\text{si}} / R_{\text{se}} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2/\text{K/W} \quad \vartheta_{\text{i}} / \vartheta_{\text{e}} = 20,0 / -5,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

### 3D-Betrachtung nach EN ISO 10211-2, Anhang B

Schnittpunkt zweidimensional berechneter, linienförmiger Wärmebrücken  
2D-Schnittkante "[15,98°C -  $f_{Rsi,2D} = 0,839$ ]" wird geschnitten  
mit "Attika", Kante [13,32°C -  $f_{Rsi,2D} = 0,733$ ]  
und "Attika", Kante [13,32°C -  $f_{Rsi,2D} = 0,733$ ]

mittlerer Temperaturfaktor der angrenzenden, homogenen Außenbauteile  
informativ: Temperaturfaktoren  $f_{Rsi,1D} = (R_t + R_{Se}) / (R_t + R_{Se} + R_{Si})$  in der Umgebung der Wärmebrücke:

0,926  
(Außenwanddecke), 0,916 (Attika), 0,926 (AußenwandA1)  
 $f_{Rsi,1D,Mittel} = (0,926 + 0,926 + 0,916) / 3 = 0,92$

xxx

Temperatur im Schnittpunkt

Temperaturfaktor  $f_{Rsi,3D} = 1 / (1 / f_{Rsi,2D,x} + 1 / f_{Rsi,2D,z} + 1 / f_{Rsi,2D,y} - 2 / f_{Rsi,1D}) = 0,57$

Die Temperatur im 3D-Schnittpunkt beträgt mindestens **9,3°C**

$f_{Rsi,3D} = 0,57 < 0,70$  nicht ausreichend

Bessere Werte werden mit einer dreidimensionalen Berechnung des Temperaturfeldes erzielt.

Wesentlichen Einfluss auf die Berechnung hat der Mittelwert der eindimensionalen Temperaturfaktoren der angrenzenden Bauteile, also der Außenwand auf zwei Seiten und von oben der Dachdecke. Markieren Sie geeignete Oberflächenpunkte  $f_{Rsi,1D}$  im ungestörten Bauteilbereich (Grafik). Die Berechnung des Mittelwertes wird angegeben und muss ggf. korrigiert werden. Dabei müssen die Außenbauteile in der korrekten, flächenanteiligen Gewichtung Berücksichtigung finden.

#### ► Anleitung Vertiefung

*Für die Betrachtung einer 3D-Ecke wird die Wandkante konstruiert und die Ecktemperatur zweidimensional berechnet. Laden Sie dazu das Bauteil „Außenwand A1“ und wählen im Fenster „Wärmebrücke konstruieren“ „Wandkante“. Denken Sie auch hier an die Randbedingungen (siehe oben). Stellen Sie ein 5 mm Berechnungsnetz ein, Einflussbreite horizontal 100 und ab OK Bauteil 80. Berechnen Sie das Temperaturfeld. Markieren und speichern Sie die Temperaturen für die kritische Wanddecke ( $f_{Rsi,2D}$ ) und zwei Oberflächenpunkte im ungestörten Bereich ( $f_{Rsi,1D}$ ), wie oben beschrieben.*

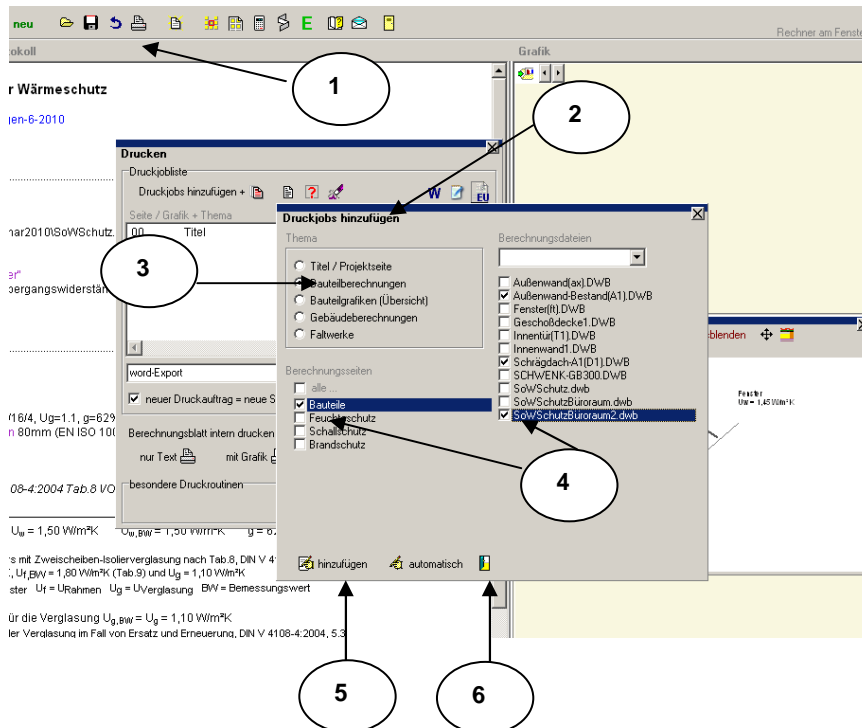
*Die beiden zweidimensional berechneten Wärmebrücken können nun räumlich geschnitten werden. Über eine Näherungsformel kann dann auf die Temperatur in der dreidimensionalen Ecke geschlossen werden. Hierzu wechseln Sie in das Berechnungsblatt Feuchteschutz, rufen das Auswahlmü „173. 3D-Raumecke“ auf und laden die zuvor berechnete Dachrandkonstruktion als zweite, linienförmige Wärmebrücke (2. Isothermenberechnung -> laden). Laut EN ISO 10211-2 werden obere Gebäudeecken aus drei linienförmigen Wärmebrücken berechnet. Die Dachkante muss also auch als 3. Isothermenberechnung (3. berechnete, linienförmige Wärmebrücke) ausgewählt werden (Auswahl 173). Der Mittelwert der Temperaturfaktoren der angrenzenden, homogenen Bauteile wird aus den markierten  $f_{Rsi,1D}$  berechnet. Die Formel ist angegeben und kann ggf. korrigiert werden. Im Regelfall sind drei homogene Bauteile, im betrachteten Fall auf zwei Seiten die Außenwand und von oben die Dachdecke, zu berücksichtigen. Nur die angrenzenden Außenbauteile beeinflussen den 3D-Temperaturfaktor. Aus dem Kehrwert der Summe (Kehrwerte ein- und zweidimensional berechneter Temperaturfaktoren) wird nun der gesuchte dreidimensionale Faktor  $f_{Rsi,3D}$  ermittelt. Er muss ebenfalls mindestens den Wert 0.7 erreichen. Die Ecktemperatur kann leicht zurückgerechnet werden.*

Die Näherungsberechnung aus DIN EN ISO 10211-2 ergibt einen Wert auf der sicheren Seite. Man erhält günstigere Werte, wenn man eine reelle dreidimensionale Berechnung durchführt. Diese Option ist in DÄMMWERK wegen zu großem Speicher- und Rechenaufwand und wegen Problemen bei der Ergebnisdarstellung zurzeit nicht vorgesehen.

## 2.0 Drucken

Um Ihre Nachweise und Berechnungen oder auch nur Teile davon auszudrucken, klicken Sie in der Funktionsleiste den Bildschalter "Drucken" (1) an. Das Fenster mit der Druckjobliste öffnet sich; hier können Sie die gewünschten Einstellungen vornehmen.

Gehen Sie zunächst auf "Druckjobs hinzufügen" (2), um Ihre Druckaufträge zu sammeln.

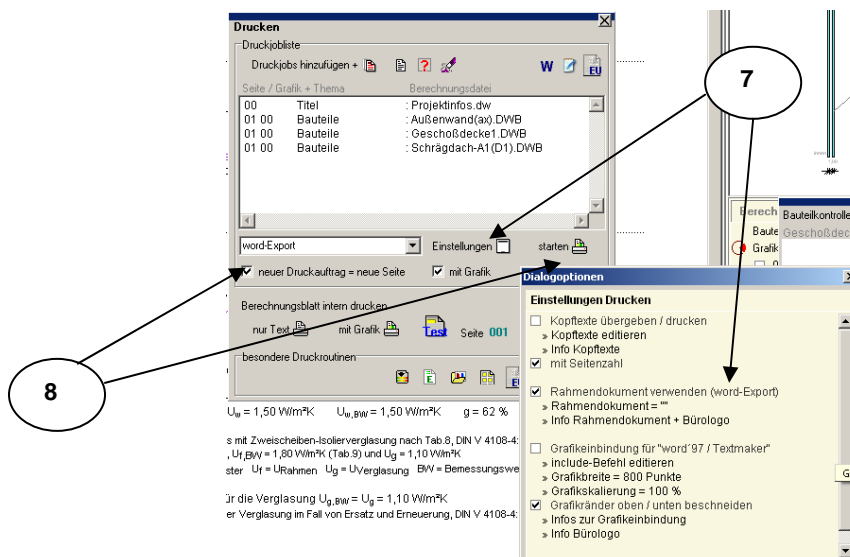


In dem aufgehenden Fenster wählen Sie, welche Berechnungen Sie ausdrucken möchten: welches Thema (3), die entsprechende Berechnungsseite und die gewünschten Teile derselben (4).

Danach gehen Sie auf > "hinzufügen" (5) > und daneben auf den Bildschalter "beenden" (6).

Weitere Hinweise zum Sammeln von Druckaufträgen finden Sie in der örtlichen Hilfe ("?").

☀ **Hinweis:** In den "Einstellungen" (7) können Sie unter anderem wählen, ob Sie ein Rahmendokument verwenden möchten (zur Erzeugung eines Rahmendokuments lesen Sie bitte "Info Rahmendokument + Bürologo") oder welche Größe Ihre Grafiken haben sollen (empfohlen werden "800 Punkte").



**! Bitte beachten:** Wenn Sie das erste Mal einen Druckauftrag starten, müssen Sie Dämmwerk mitteilen, mit welcher Software gedruckt werden soll. Klicken Sie zunächst in dem popup-Menü unter der Druckjobliste auf "word-export" (8). Sie stellen eine Verbindung mit Ihrer Textverarbeitungs-Software her, indem Sie auf "starten" klicken und im folgenden Dialog "suchen/ändern" ansteuern. Eine Art Explorer-Fenster öffnet sich, in dem Sie die entsprechende Datei suchen, anklicken und "öffnen" ( wenn Sie mit Microsoft Office arbeiten, ist das die Datei "Winword.exe"). Zurück im Druckfenster gehen Sie erneut auf "starten": jetzt sollte Ihre Textverarbeitung im Folgedialog erscheinen. Wenn Sie sie anklicken, werden die gewählten Berechnungen übergeben.

☀ **Hinweis:** Falls die angewählten Grafiken nicht in der Textverarbeitung zu sehen sind, drücken Sie bitte auf Ihrer Tastatur "Strg+A", also alles markieren, und dann "F9". Jetzt sollten die Grafiken zu sehen sein.

**! Bitte beachten:** Stellen Sie sicher, dass im Dämmwerk-Druckfenster unter "Einstellungen" die "Grafikverbindung für word97" nicht mit einem Häkchen versehen ist (es sei denn, Sie arbeiten mit Word 97), sonst werden die Grafiken nicht transportiert.

In der Dämmwerk-Hilfe finden Sie weitere Beschreibungen zu den Funktionen des Druckmenüs.

## **Word2010-Export mit DÄMMWERK**

Einige Office2010-Editionen funktionieren auch mit der Klick-und-Los-Technologie von Microsoft. Dabei werden die benötigten Dateien aus dem Internet gestreamt. [http://office.microsoft.com/de-de/products/was-ist-klick-und-los-](http://office.microsoft.com/de-de/products/was-ist-klick-und-los-HA101868855.aspx?queryid=00544d9ffa684f2099a5f48e07d69dc7&respos=0&CTT=1)

[HA101868855.aspx?queryid=00544d9ffa684f2099a5f48e07d69dc7&respos=0&CTT=1](http://office.microsoft.com/de-de/products/was-ist-klick-und-los-HA101868855.aspx?queryid=00544d9ffa684f2099a5f48e07d69dc7&respos=0&CTT=1)

Für diese Editionen ist ein Word-Export aus DÄMMWERK heraus noch nicht möglich.

Hier eine Anleitung, wie Sie Ihre Office2010-Edition vollständig auf Ihrem Rechner installieren, mit der der Word-Export funktioniert. Sie benötigen hierfür den Product-Key.

1. <https://www7.downloadoffice2010.microsoft.com/row/registerkey.aspx?ref=pkc>
2. Formular ausfüllen, ggf. Benutzer-ID erstellen, dann Download oder/und DVD bestellen.
3. Office klick-und-los deinstallieren, siehe <http://office.microsoft.com/de-de/starter-help/aktualisieren-reparieren-oder-deinstallieren-von-office-klick-und-los-HA010382089.aspx?queryid=c07d859c1a304591ad7c46eb242e3e62&respos=1&CTT=1>
4. Den Download oder von DVD installieren.
5. C:\Programme\Microsoft Office\Office14\WINWORD.EXE in DÄMMWERK als Pfad für die Textverarbeitung einstellen (Drucken->Word-Export->starten->suchen/ändern).

Weitere Hinweise und Anwendertipps finden Sie auf unserem Forum unter:

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

## **KERN ingenieurkonzepte**

Software für Architekten und Ingenieure

Hagelberger Straße 17  
10965 Berlin  
Fon 030-78956780  
Fax 030- 78956781

Internet      [www.Bauphysik-Software.de](http://www.Bauphysik-Software.de)  
eMail         [info@Bauphysik-Software.de](mailto:info@Bauphysik-Software.de)