

ZUERST LESEN!

Der vorliegende Wärmebrückenkatalog ist das Ergebnis einer Auftragsarbeit, welche – aus eigenem Anstoss – für den unentgeltlichen Zugang via Internet an dieser Stelle produktneutral „aufbereitet“ wurde. Ein alleiniges Veröffentlichungsrecht seitens des Auftraggebers wurde weder vereinbart noch (bis dato) geltend gemacht.

Grundlage der Dokumentation bildet – für ausgesuchte und standardisierte Konstruktions - details – die Bestimmung laut MuKE n 2008, wonach bestehende Aussenhüllen – Elemente nach energetischer Nachbesserung einen U – Wert von maximal $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ aufweisen dürfen. Unklar hierbei ist, ob mit diesem Grenzwert allfällige lineare Wärmebrücken kompensiert sein müssen – oder ob sich diese „Bauteilvorschrift“ auf den ungestörten Konstruktionsquerschnitt bezieht. Zur Erinnerung: Für Neubauten werden diesbezüglich wahlweise zwei verschiedene Grenzwerte ($0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ resp. $0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$) vorgegeben. Diese Differenzierung fehlt im Falle von Renovationen.

Siehe hierzu auch: <[Von der Krux mit den MuKE n - Vorschriften bei Renovationen.doc](#)>.

Unbestritten hingegen ist der gleichzeitig einzuhaltende, nach „Neubau“ resp. „Umbau / Sanierung“ differenzierte Grenzwert des zulässigen Heizwärmebedarfs laut MuKE n 2008.

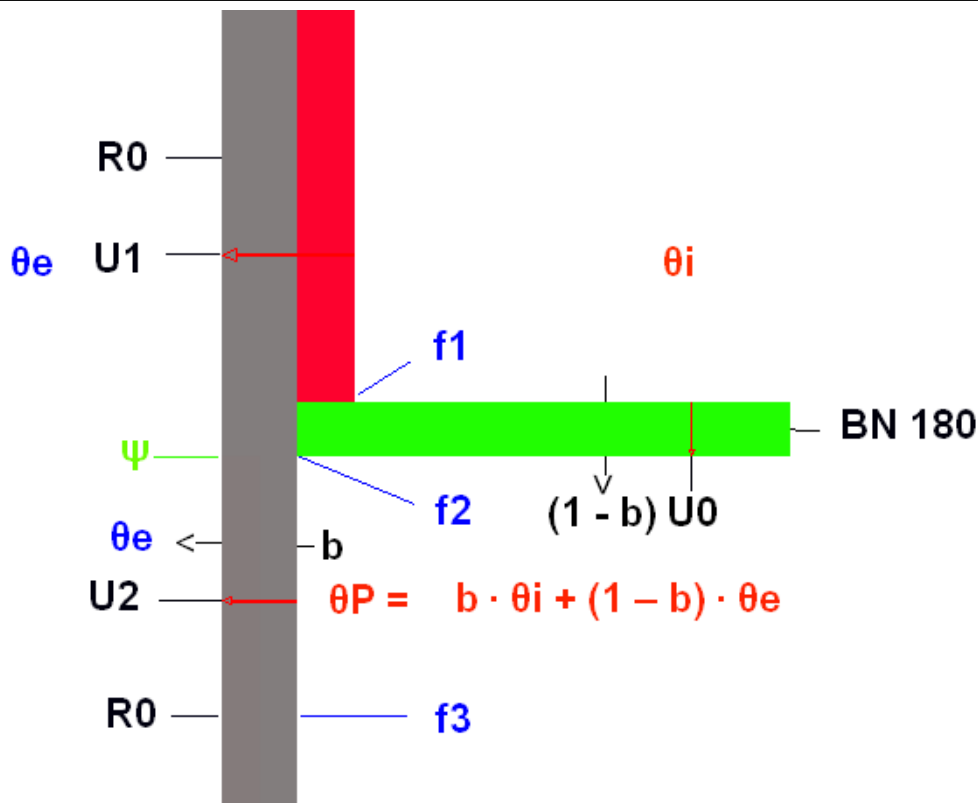
Die vorliegende Dokumentation erfasst beide Eventualitäten. Der Hauptteil des Inhalts legt die Dämmstärken so fest, dass die ausgewiesenen linearen Wärmebrückenverluste ($\psi \text{ [W/m}^2\text{K]}$ für ein „globales“ $U_{\text{soll}} = 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ kompensiert werden. Daneben sind spezielle Tabellen aufgeführt, welche stattdessen mit geringeren Dämmstärken „nur“ den ungestörten U – Wert $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ anstreben und die hieraus entstehenden „anderen“ ψ – Werte $[\text{W/m}^2\text{K}]$ nachweisen.

Schliesslich sind alle zusammengestellten Detailkonstruktionen und Modifikationen übertragbar auf Anwendungen im erdberührten Unterterrain – Bereich. Nebst der erforderlichen Dämmstärke (basierend auf einem Lambdawert $\sim 0.040 \text{ W/mK}$) und dem herrschenden ψ – Wert $[\text{W/m}^2\text{K}]$ wird auch hier der aus der Konstruktion resultierende Temperaturfaktor ($f [-]$) angegeben. Aus diesem kann anhand zweier dargestellter Diagramme die je nach anzunehmender Innen – und Aussentemperatur gerade noch zulässige Raumlufffeuchte abgelesen werden, welche die gefürchtete Schimmelpilzbildung an unterkühlten Innenflächen ausschliesst.

Siehe dazu auch: <[WAERMEBRUECKEN - Raumlufffeuchte ohne Schimmelpilzbildung.zip](#)>

OEKOPRIORITY® – WÄRMEBRÜCKENKATALOG

ZUR RAUMSEITIGEN SANIERUNG DER GEBÄUDEHÜLLE
MIT GESETZLICHEM U – WERT $\leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (MuKE n 2008)



INHALT:

BEMESSUNG DER DÄMMSTÄRKE UNTER EINBEZUG VON ψ :

7 Abschnitte mit 21 Betrachtungen für Anwendungen gegen Aussenluft
oder im Unterterrainbereich

1 Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Mindestdämmung nach MuKE n

NACHWEIS DER ZULÄSSIGEN RAUM - LUFTFEUCHTE GEGEN SCHIMMELPILZ:

2 Diagramme für je $3 \times 5 + 4$ Klimapaare in der Bandbreite $0.45 \leq f \leq 0.95$

Problemstellung und Zielsetzung:

Die energetische Sanierung des Baubestandes stellt eine grosse, technische wie finanzielle Herausforderung dar. Aus verschiedenen Gründen kommt hierbei oft nur eine so genannte Innendämmung der Gebäudehülle in Betracht, sei es aus architektonischen, denkmalpflegerischen oder aus finanziellen Gründen (partielle oder etappenweise Sanierung). Der Gesetzgeber (MuKE n) unterscheidet bei seiner Grenzwert – Festlegung entsprechend dem aktuell geforderten $U \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ für das sanierte opake Bauteil dabei nicht, ob dieses durch eine aussenseitige oder innenseitige Dämmung nachgebessert wird. Die Innendämmung weist aber bei unsachgemässer Bemessung allgemein bekannte bauphysikalische Risiken auf, die es bei der Planung zu kontrollieren gilt:

→ Gegen flächige Durchfeuchtung des innen - gedämmten Querschnitts als Folge von natürlichen Diffusionsvorgängen muss die Dämmung selber ausreichend dampfdicht sein oder mit separater raumseitiger Dampfsperre versehen werden. Naturgemäss ist die innen - liegende Dämmung der Aussenhülle zudem an vielen Stellen von Querwänden und Decken durchstossen, so dass sich hier neben den geometrischen auch unvermeidliche konstruktive Wärmebrücken bilden. Daraus wiederum ergeben sich zwei weitere Besonderheiten, die es zu beachten gilt:

→ Da der Gesetzgeber bei Umbauten und Renovationen (derzeit) keine Einrechnung der Wärmebrücken in den geforderten U – Wert $\leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ für opake Einzelbauteile verlangt, weisen identisch flächen – gedämmte Konstruktionen mit Innendämmung zwangsläufig eine merklich schlechtere „energetische Qualität“ auf als aussen - gedämmte Konstruktionen. Siehe dazu weiteres unter <Konzept und Inhalt>.

→ Wegen der gegenüber dem flächigen Wärmefluss erhöhten Wärmeableitung via Wärmebrücke, erfahren die angrenzenden Bauteilflächen (namentlich die raumseitigen Oberflächen in Ecken und Gehrungen) eine merkliche Auskühlung mit daraus erhöhter Gefahr von Schimmelpilzbildung. Ein gewisses Dilemma ist dabei unübersehbar: Mit zunehmender Innen – Dämmstärke erhöht sich auch der relative Wärmebrückenverlust, welcher seinerseits über die gewählte Dämmstärke für ein „globales“ $U \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ kompensiert werden soll(te). Damit aber reduziert sich die innere Oberflächentemperatur an kritischen Stellen unter Umständen weiter, womit sich das Schwitzwasser – oder Schimmelpilzrisiko (bei unveränderter relativer Raumluftfeuchte) zusätzlich erhöht.

Die zwei letztgenannten Teilprobleme (Einfluss der Wärmebrücke auf den U_{soil} – Wert sowie auf die zulässige Raumluft - feuchte) stellen sich im Prinzip unabhängig von der Wahl des Dämmstoffs. Mit den vorliegenden Unterlagen wird das Ziel verfolgt, dem Planer von Innendämmungen eine praktische Arbeitshilfe in die Hand zu geben, welche unabhängig des vorgesehenen Dämmstoffs genutzt werden kann. (Allfällige Lambdawert - Umrechnung und / oder Diffusionsberechnung vorbehalten). Konzept und Bearbeitung erfolgten für den Schweizer Markt durch die Firma Cellular Glass Engineering AG als Auftragsarbeit. Die vorliegende produktneutrale Fassung basiert auf einem Lambdawert von $\sim 0.040 \text{ W/m}^2\text{K}$ für den Dämmstoff. Als Grundlage für die Berechnungen diente das Wärmebrückenprogramm ZUB – ARGOS 5.0 PRO, entwickelt und vertrieben von der Universität Kassel / BRD.

Konzept und Inhalt:

Die Thematik wird in zwei Schritten angegangen:

1) Es werden in sieben einheitlich strukturierten Abschnitten die notwendigen Dämmstärken für die häufigsten Wärmebrücken – Typen dargestellt, und zwar so, dass der behördlich geforderte Wert $U_{\text{soil}} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ **auch mit Einschluss der ebenfalls mitgeteilten Linearverluste (ψ) eingehalten ist. Nur mit dieser „Globalbetrachtung“ ist – zwecks Entscheidungsfindung über die Systemwahl – ein Vergleich bezüglich „energetischer Gleichwertigkeit“ mit einer (konkurrierenden) Aussendämmung möglich.**

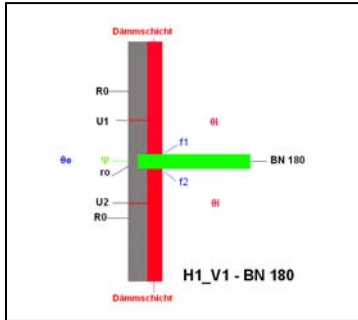
Am unteren Ende jeder Resultattabelle sind ergänzend aber auch jene Dämmstärken angegeben, welche zur flächigen **U – Wert – Einhaltung $\leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ohne Wärmebrückenwirkung** ausreichen. Dabei liegt der Dämmstoffbemessung (dicken - gerundet) stets ein Lambdawert entsprechend ca. $0.040 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu Grunde. Gelangt ein Dämmstoff mit stark abweichendem Lambdawert zum Einsatz, so kann die erforderliche Stärke (mit gleicher Wärmebrückenwirkung und identischem Temperaturfaktor) durch einfache Umrechnung „von Hand“ bestimmt werden. Für jene Fälle, wo sich die Konstruktion im Unterterrain – Bereich befindet, sind die dank Erdrück – Mitwirkung (EN ISO 13370) reduzierten Dämmstärken ebenfalls (ausser für die MuKE n – Mindestdämmungen) tabelliert. Die Verwendbarkeit und Betrachtungsweise der einzelnen Details ist im entsprechenden Abschnitt t jeweils näher beschrieben.

2) Im ersten Bemessungsschritt werden auch die dimensionslosen Temperaturfaktoren (f) berechnet, womit die je nach Gefälle zwischen Innentemperatur und Aussentemperatur herrschende Oberflächentemperatur bestimmt ist. Ausgehend von diesen tabellierten f - Werten kann in einem zweiten Schritt anhand eines **allgemein gültigen Nachweis - Diagramms** für die gegebene Konstruktion die zulässige Raumluftfeuchte gegen Schimmelpilzbildung abgelesen werden. Bei der Berechnung dieser f – Werte mittels des erwähnten Wärmebrücken – Programms wurde für die Einflussgrösse (R_{si}) prinzipiell der in Norm SIA 180 <Wärmeschutz im Hochbau> angegebene, ungünstigere Wert $0.35 \text{ m}^2\text{K/W}$ (für Ecken im bodennahen Bereich) verwendet. Wird lediglich die „gesetzliche Flächendämmung“ realisiert, so können die zugehörigen Werte f und ψ' dem **<Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Minimaldämmung (MuKE n 2008)>** entnommen werden.

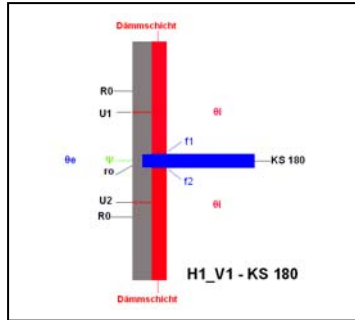
Übersicht:

Symmetrischer Horizontalschnitt durch Aussenwand, oder Vertikalschnitt durch Dachdecke oder durch Boden; gegen Aussenluft oder gegen Erdrreich

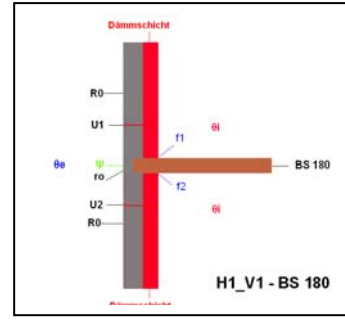
Querwand in Beton



Querwand in KS

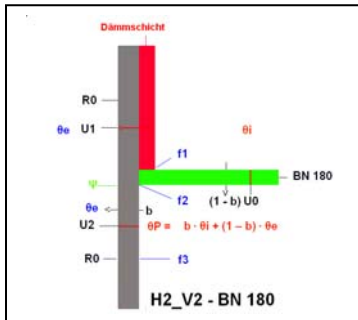


Querwand in BS

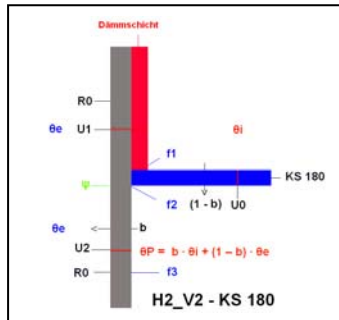


Asymmetrischer Horizontalschnitt durch Aussenwand mit angrenzendem Pufferraum, oder entsprechender Vertikalschnitt durch Dachdecke oder durch Boden; gegen Aussenluft oder gegen Erdrreich

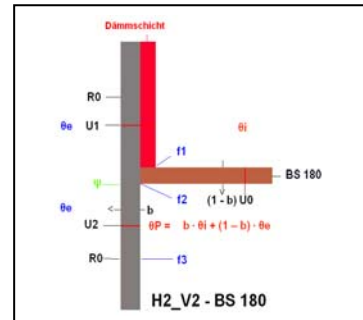
Querwand in Beton



Querwand in KS

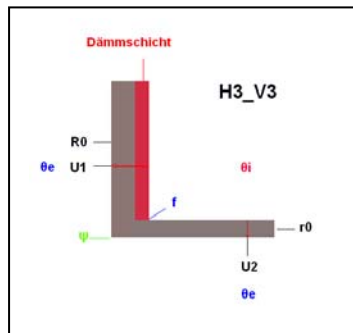


Querwand in BS



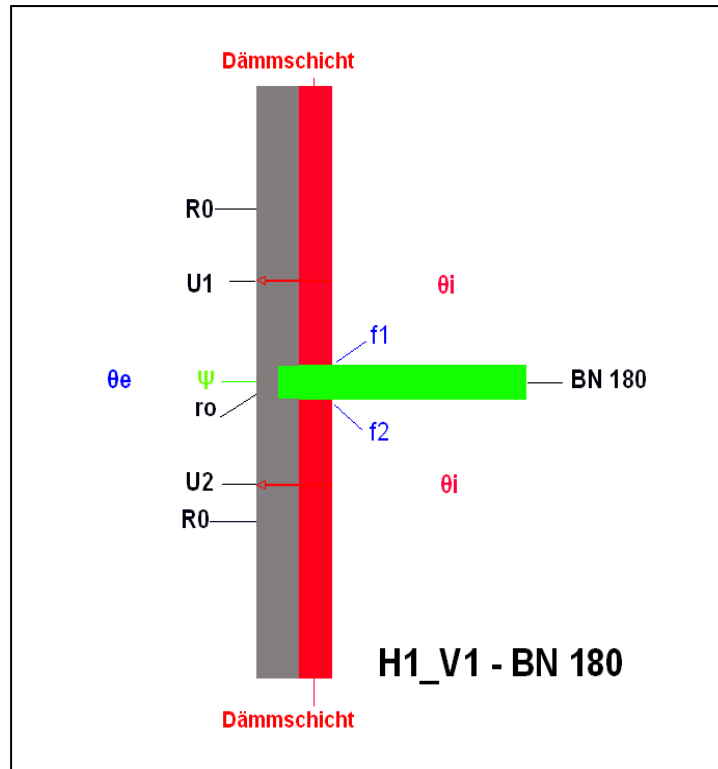
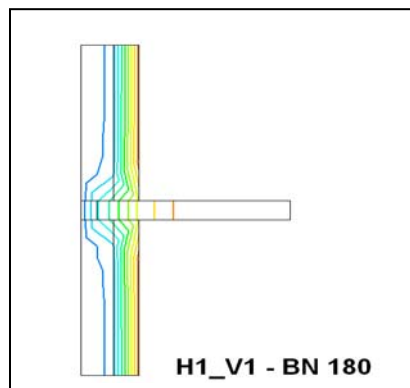
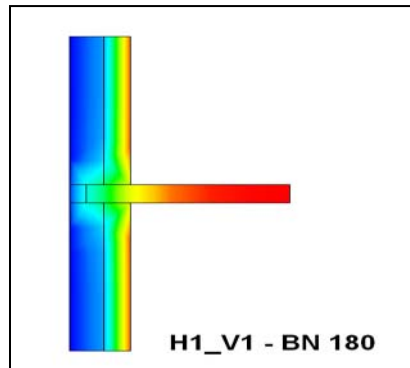
Horizontalschnitt durch Gebäudeecke mit einseitig gedämmter Aussenfläche, oder entsprechender Vertikalschnitt durch Dachecke oder durch Bodenübergang; gegen Aussenluft oder gegen Erdrreich.

Teilfläche (R_0) variabel, gedämmt
Teilfläche (r_0) variabel, ungedämmt



WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ABSCHNITT H1_V1 – BN 180



Interpretation Schemaschnitt H1_V1 – BN 180

(H1): Horizontalschnitt durch Aussenwand mit Wärmedurchlasswiderstand (R_0) und ergänzender Innendämmung (d_{wD}) sowie eingebundener Querwand $d = 180$ mm aus Beton (BN), mit verbleibender Überdeckung zur Aussentemperatur entsprechend des variablen Wärmedurchlasswiderstandes (r_0). Befindet sich der Horizontalschnitt im Unterterrain – Bereich (symmetrischer Kellerausbau), so ist der Wärmedurchlasswiderstand (R_0) der Rohbaukonstruktion (ohne die zu bemessende Dämmschicht) um den Beitrag des Erdreichs nach EN ISO 13370 erhöht. Der Temperatur – Korrekturfaktor beträgt dabei unverändert $b = 1.0$! Der Einfluss des Erdreichs führt – in Abhängigkeit der Einbindungstiefe – für gleiche Zielvorgabe zu reduzierten Dämmdicken. Diese sind auf der dritten Seite dieses Abschnitts in entsprechenden Vergleichstabellen aufgeführt.

(V1): Wird der Horizontalschnitt (H1) um 90° im Uhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er einen Vertikalschnitt durch die Dachdecke mit symmetrisch angeordneter raumseitiger Deckendämmung. Im Normalfall ist hier für die Ablesung in der Resultattabelle die Zeile mit der Verhältniszahl (r_0 / R_0) = 1.0 massgebend. Die eingebundene Querwand nach Schemaschnitt stellt dabei die tragende Zwischenwand aus 180 mm Beton (BN) dar.

Wird der Horizontalschnitt (H1) um 90° im Gegenuhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er als Vertikalschnitt eine Boden - konstruktion (über oder unter Terrain) mit symmetrisch angeordneter Innendämmung (d_{wD}) zwischen Trennwand $d = 180$ mm (BN). Stellt der Querschnitt eine Fundamentplatte dar, so gilt bezüglich reduzierter Dämmdicken auch hier das oben Gesagte. Der Nutzbelag als raumseitige Abdeckung der Bodendämmung (d_{wD}) ist in der Bemessung dabei generell vernachlässigt.

Resultattabelle H1_V1 – BN 180

$r_0 / R_0 [-]$	$R_0 [m^2K/W]$				Bez. [Dim.]
	0.75	1.00	1.25	1.50	
1.00	240 0.328 0.148 0.771	210 0.281 0.159 0.793	180 0.239 0.172 0.812	150 0.201 0.188 0.829	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
0.75	260 0.339 0.138 0.769	220 0.295 0.153 0.785	180 0.238 0.172 0.775	150 0.207 0.187 0.775	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
0.50	270 0.359 0.133 0.761	230 0.320 0.147 0.774	200 0.284 0.159 0.791	170 0.250 0.172 0.811	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
0.25	280 0.398 0.129 0.742	260 0.351 0.138 0.758	240 0.336 0.138 0.771	200 0.313 0.153 0.784	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
0.00	350 0.470 0.106 0.740	330 0.469 0.106 0.740	320 0.459 0.106 0.741	320 0.445 0.106 0.743	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
MuKE 2008	130	120	110	100	d_{wd} [mm]

Interpretation der Ergebnisse

Die Dämmstärken sind aus der Bedingung bestimmt: $[(U_1 \cdot L + \psi) / L] \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Als relevante Länge (L) gilt hier das Mass 3.18 m. Beim Wärmebrücken – Zuschlag (ψ) auf den Querschnittswert (U_1) handelt es sich stets um die aussenmassbezogene Zuschlagsgrösse. Bei Einrechnung von (ψ) in eine andere relevante Länge ($L' \neq 3.18 \text{ m}$) ist die erforderliche Dämmstärke d' bestimmt als: $d' = 40 \cdot \{0.25 - (\psi / L')\}^{-1} - (R_0 + 0.17)$ [mm].

Am Fuss der Tabelle sind zudem jene Dämmstärken ($d_{min.}$) aufgeführt, die sich aus den Vorschriften des Gesetzgebers ergeben. Für diesen Fall können die zugehörigen Werte f' und ψ' dem **< Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Minimaldämmung (MuKE 2008)>** entnommen werden.

Aus Symmetriegründen ist hier $U_1 \equiv U_2$ sowie $f_1 \equiv f_2$. R_0 ist der Wärmedurchlasswiderstand einer bestehenden (beliebigen) Rohbaukonstruktion; er ist individuell am vorhandenen Objekt zu ermitteln.

r_0 stellt den (reduzierten) Wärmedurchlasswiderstand der Rohbaukonstruktion im Bereich der eingebundenen Querwand (\rightarrow Wärmebrücke), hier Beton $d = 180 \text{ mm}$ dar. Ist $r_0 \equiv R_0$ und die Verhältniszahl somit 1.0, so liegt keine Einbindung vor. Ist $r_0 = 0$, wird damit die vollständige Durchstossung von R_0 durch die Wärmebrücke (\rightarrow hier die Betonwand) erfasst. Die reale Einbindung (Verhältniszahl) ist jeweils am konkreten Objekt abzuschätzen.

Vergleichstabelle <Boden gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

r ₀ / R ₀	Sohle t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
1.00	0.50	160	130	110	80
	3.00	140	110	80	70
0.75	0.50	180	140	110	80
	3.00	160	120	70	60
0.50	0.50	190	160	120	110
	3.00	160	140	90	80
0.25	0.50	200	190	180	140
	3.00	170	160	150	120
0.00	0.50	270	250	230	230
	3.00	240	220	200	200

H1_V1 – BN 180

Vergleichstabelle <Wand gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

r ₀ / R ₀	Wandfuss t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
1.00	0.50	190	160	140	110
	3.00	130	100	80	60
0.75	0.50	210	170	140	110
	3.00	140	110	80	60
0.50	0.50	210	180	140	130
	3.00	140	130	80	70
0.25	0.50	220	210	200	130
	3.00	140	140	130	100
0.00	0.50	240	230	210	210
	3.00	200	180	170	170

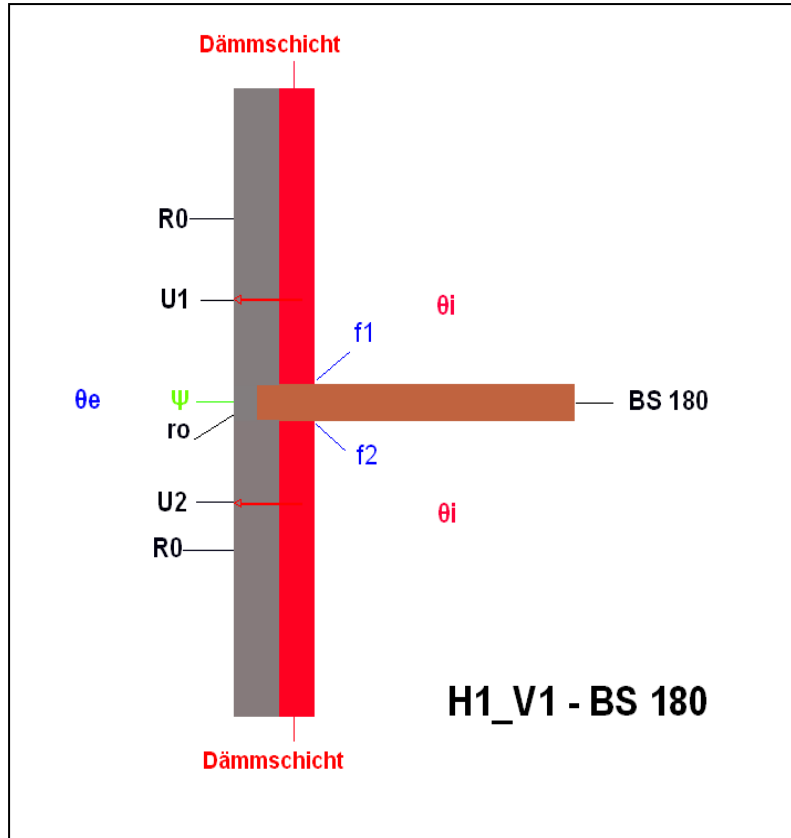
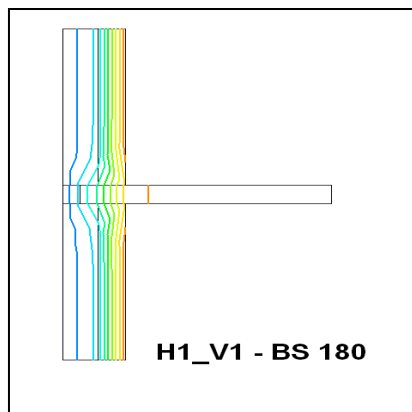
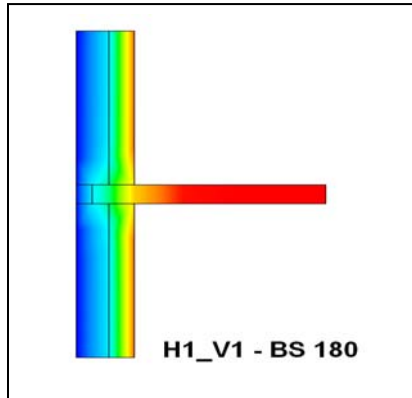
H1_V1 – BN 180

Interpretation der <Vergleichstabellen gegen Erdreich>

Grenzt das auf der Titelseite abgebildete Bauteil (- Detail) nicht an Aussenluft mit θ_e [°C] sondern ans Erdreich, so werden für gleiche Gesamtwirkung: $\rightarrow U_{\text{soll}} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ geringere Dämmstärken benötigt. Die reduzierten, wiederum auf Liefermasse gerechneten Grössen [mm] sind für verschiedene Einbindungstiefen t [m] in den obigen Vergleichstabellen < Boden gegen Erdreich> bzw. < Wand gegen Erdreich > aufgeführt. Dämmstärke (40) bedeutet, dass die benötigte Dämmstärke das kleinste Liefermass = 40 mm unterschreitet. Bei Einhaltung der hier tabellierten Dämmstärken gegen Erdreich sind somit auch dieselben f – Werte wie „gegen Aussenluft“ zu erwarten. Grundlage der Berechnungen: EN ISO 13370, mit $\lambda_{\text{Erdreich}} = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, Bodenfläche $12.0 \times 17.0 = 204 \text{ m}^2$.

WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ABSCHNITT H1_V1 – BS 180



Interpretation Schemaschnitt H1_V1 – BS 180

(H1): Horizontalschnitt durch Aussenwand mit Wärmedurchlasswiderstand (R_0) und ergänzender Innendämmung (d_{wD}) sowie eingebundener Querwand $d = 180$ mm aus Backstein (BS), mit verbleibender Überdeckung zur Aussentemperatur entsprechend des variablen Wärmedurchlasswiderstandes (r_0). Befindet sich der Horizontalschnitt im Unterterrain – Bereich (symmetrischer Kellerausbau), so ist der Wärmedurchlasswiderstand (R_0) der Rohbaukonstruktion (ohne die zu bemessende Dämmschicht) um den Beitrag des Erdreichs nach EN ISO 13370 erhöht. Der Temperatur – Korrekturfaktor beträgt dabei unverändert $b = 1.0!$ Der Einfluss des Erdreichs führt – in Abhängigkeit der Einbindungstiefe – für gleiche Zielvorgabe zu reduzierten Dämmdicken. Diese sind auf der dritten Seite dieses Abschnitts in entsprechenden Vergleichstabellen aufgeführt.

(V1): Wird der Horizontalschnitt (H1) um 90° im Uhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er einen Vertikalschnitt durch die Dachdecke mit symmetrisch angeordneter raumseitiger Deckendämmung. Im Normalfall ist hier für die Ablesung in der Resultattabelle die Zeile mit der Verhältniszahl (r_0 / R_0) = 1.0 massgebend. Die eingebundene Querwand nach Schemaschnitt stellt dabei die tragende Zwischenwand aus 180 mm Backstein (BS) dar.

Wird der Horizontalschnitt (H1) um 90° im Gegenuhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er als Vertikalschnitt eine Boden – konstruktion (über oder unter Terrain) mit symmetrisch angeordneter Innendämmung (d_{wD}) zwischen Trennwand $d = 180$ mm (BS). Stellt der Querschnitt eine Fundamentplatte dar, so gilt bezüglich reduzierter Dämmstärken auch hier das oben Gesagte. Der Nutzbelag als raumseitige Abdeckung der Bodendämmung (d_{wD}) ist in der Bemessung dabei generell vernachlässigt.

Resultattabelle H1_V1 – BS 180

$r_0 / R_0 [-]$	$R_0 [m^2K/W]$				Bez. [Dim.]
	0.75	1.00	1.25	1.50	
1.00	160 0.139 0.207 0.797	150 0.122 0.207 0.811	130 0.106 0.218 0.820	120 0.092 0.218 0.823	$d_{WD} [mm]$ $\Psi [W/mK]$ $U_1 = U_2 [W/m^2K]$ $f_1 = f_2 [-]$
0.75	170 0.142 0.197 0.797	150 0.127 0.207 0.806	140 0.114 0.207 0.818	120 0.100 0.218 0.818	$d_{WD} [mm]$ $\Psi [W/mK]$ $U_1 = U_2 [W/m^2K]$ $f_1 = f_2 [-]$
0.50	170 0.149 0.197 0.793	150 0.136 0.207 0.800	140 0.124 0.207 0.810	130 0.113 0.207 0.819	$d_{WD} [mm]$ $\Psi [W/mK]$ $U_1 = U_2 [W/m^2K]$ $f_1 = f_2 [-]$
0.25	170 0.161 0.197 0.784	160 0.152 0.197 0.795	150 0.143 0.197 0.800	130 0.136 0.207 0.802	$d_{WD} [mm]$ $\Psi [W/mK]$ $U_1 = U_2 [W/m^2K]$ $f_1 = f_2 [-]$
0.00	180 0.197 0.188 0.795	170 0.192 0.188 0.800	160 0.189 0.188 0.803	150 0.187 0.188 0.804	$d_{WD} [mm]$ $\Psi [W/mK]$ $U_1 = U_2 [W/m^2K]$ $f_1 = f_2 [-]$
MuKE 2008	130	120	110	100	$d_{WD} [mm]$

Interpretation der Ergebnisse

Die Dämmstärken sind aus der Bedingung bestimmt: $[(U_1 \cdot L + \psi) / L] \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Als relevante Länge (L) gilt hier das Mass 3.18 m. Beim Wärmebrücken – Zuschlag (ψ) auf den Querschnittswert (U_1) handelt es sich stets um die aussenmassbezogene Zuschlagsgrösse. Bei Einrechnung von (ψ) in eine andere relevante Länge ($L' \neq 3.18 \text{ m}$) ist die erforderliche Dämmstärke d' bestimmt als: $d' = 40 \cdot \{[0.25 - (\psi / L')]\}^{-1} - (R_0 + 0.17) [mm]$.

Am Fuss der Tabelle sind zudem jene Dämmstärken ($d_{min.}$) aufgeführt, die sich aus den Vorschriften des Gesetzgebers ergeben. Für diesen Fall können die zugehörigen Werte f und ψ' dem **< Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Minimaldämmung (MuKE 2008)>** entnommen werden.

Aus Symmetriegründen ist hier $U_1 \equiv U_2$ sowie $f_1 \equiv f_2$. R_0 ist der Wärmedurchlasswiderstand einer bestehenden (beliebigen) Rohbaukonstruktion; er ist individuell am vorhandenen Objekt zu ermitteln.

r_0 stellt den (reduzierten) Wärmedurchlasswiderstand der Rohbaukonstruktion im Bereich der eingebundenen Querwand (\rightarrow Wärmebrücke), hier Backstein $d = 180 \text{ mm}$ dar. Ist $r_0 \equiv R_0$ und die Verhältniszahl somit 1.0, so liegt keine Einbindung vor. Ist $r_0 = 0$, wird damit die vollständige Durchstossung von R_0 durch die Wärmebrücke (\rightarrow hier die Backsteinwand) erfasst. Die reale Einbindung (Verhältniszahl) ist jeweils am konkreten Objekt abzuschätzen.

Vergleichstabelle <Boden gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

r ₀ / R ₀	Sohle t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
1.00	0.50 3.00	90 70	80 50	70 (40)	50 (40)
0.75	0.50 3.00	90 80	80 50	70 40	50 (40)
0.50	0.50 3.00	90 80	80 50	70 40	50 (40)
0.25	0.50 3.00	90 80	80 60	70 40	50 40
0.00	0.50 3.00	100 90	80 70	80 70	60 40

H1_V1 – BS 180

Vergleichstabelle <Wand gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

r ₀ / R ₀	Wandfuss t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
1.00	0.50 3.00	130 80	110 70	100 50	90 40
0.75	0.50 3.00	140 80	120 70	100 60	90 40
0.50	0.50 3.00	140 80	120 70	100 60	100 50
0.25	0.50 3.00	140 90	130 70	110 60	100 50
0.00	0.50 3.00	140 90	130 70	110 60	100 50

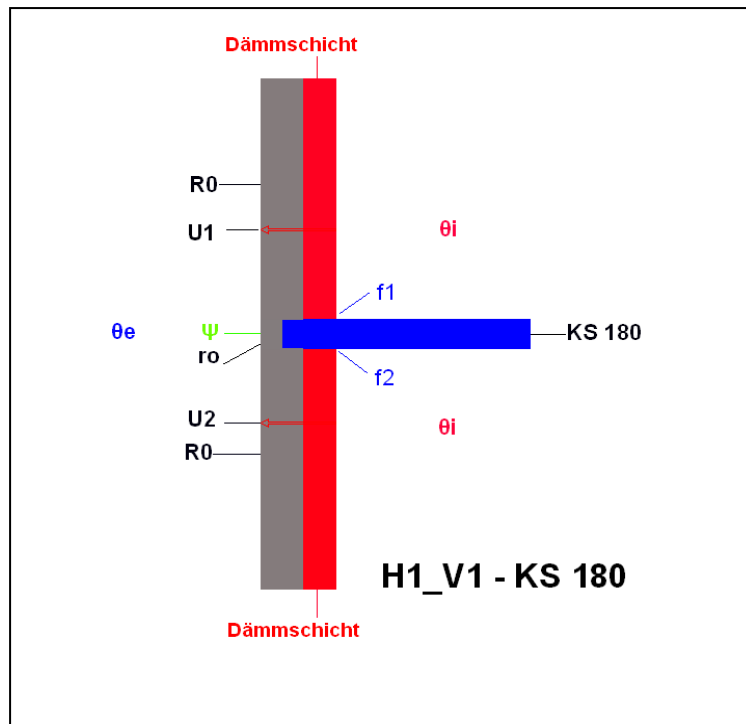
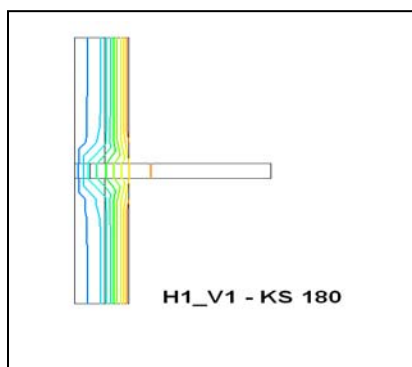
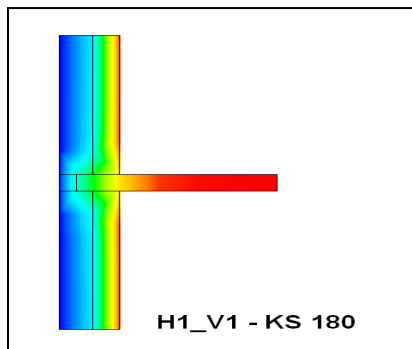
H1_V1 – BS 180

Interpretation der <Vergleichstabellen gegen Erdreich>

Grenzt das auf der Titelseite abgebildete Bauteil (- Detail) nicht an Aussenluft mit θ_e [°C] sondern ans Erdreich, so werden für gleiche Gesamtwirkung: $\rightarrow U_{\text{Soll}} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ geringere Dämmstärken benötigt. Die reduzierten, wiederum auf Liefermasse gerechneten Grössen [mm] sind für verschiedene Einbindungstiefen t [m] in den obigen Vergleichstabellen < Boden gegen Erdreich> bzw. < Wand gegen Erdreich > aufgeführt. Dämmstärke (40) bedeutet, dass die benötigte Dämmstärke das kleinste Liefermass = 40 mm unterschreitet. Bei Einhaltung der hier tabellierten Dämmstärken gegen Erdreich sind somit auch dieselben f – Werte wie „gegen Aussenluft“ zu erwarten. Grundlage der Berechnungen: EN ISO 13370, mit $\lambda_{\text{Erdreich}} = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, Bodenfläche $12.0 \times 17.0 = 204 \text{ m}^2$.

WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ABSCHNITT H1_V1 – KS 180



Interpretation Schemaschnitt H1_V1 – KS 180

(H1): Horizontalschnitt durch Aussenwand mit Wärmedurchlasswiderstand (R_0) und ergänzender Innendämmung (d_{wD}) sowie eingebundener Querwand $d = 180$ mm aus Kalksandstein (KS), mit verbleibender Überdeckung zur Aussentemperatur entsprechend des variablen Wärmedurchlasswiderstandes (r_0). Befindet sich der Horizontalschnitt im Unterterrain – Bereich (symmetrischer Kellerausbau), so ist der Wärmedurchlasswiderstand (R_0) der Rohbaukonstruktion (ohne die zu bemessende Dämmschicht) um den Beitrag des Erdreichs nach EN ISO 13370 erhöht. Der Temperatur – Korrekturfaktor beträgt dabei unverändert $b = 1.0!$ Der Einfluss des Erdreichs führt – in Abhängigkeit der Einbindungs – tiefe – für gleiche Zielvorgabe zu reduzierten Dämmdicken. Diese sind auf der dritten Seite dieses Abschnitts in entsprechenden Vergleichstabellen aufgeführt.

(V1): Wird der Horizontalschnitt (H1) um 90° im Uhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er einen Vertikalschnitt durch die Dachdecke mit symmetrisch angeordneter raumseitiger Deckendämmung. Im Normalfall ist hier für die Ablesung in der Resultattabelle die Zeile mit der Verhältniszahl (r_0 / R_0) = 1.0 massgebend. Die eingebundene Querwand nach Schemaschnitt stellt dabei die tragende Zwischenwand aus 180 mm Kalksandstein (KS) dar.

Wird der Horizontalschnitt (H1) um 90° im Gegenuhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er als Vertikalschnitt eine Boden – konstruktion (über oder unter Terrain) mit symmetrisch angeordneter Innendämmung (d_{wD}) zwischen Trennwand $d = 180$ mm (KS). Stellt der Querschnitt eine Fundamentplatte dar, so gilt bezüglich reduzierter Dämmstärken auch hier das oben Gesagte. Der Nutzbelag als raumseitige Abdeckung der Bodendämmung (d_{wD}) ist in der Bemessung generell vernachlässigt.

Resultattabelle H1_V1 – KS 180

$r_0 / R_0 [-]$	$R_0 [m^2K/W]$				Bez. [Dim.]
	0.75	1.00	1.25	1.50	
1.00	190 0.226 0.180 0.778	170 0.197 0.188 0.795	150 0.172 0.197 0.810	130 0.148 0.207 0.824	d_{wD} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
0.75	200 0.224 0.172 0.783	180 0.200 0.180 0.792	160 0.184 0.188 0.805	140 0.161 0.197 0.818	d_{wD} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
0.50	200 0.245 0.172 0.768	180 0.246 0.180 0.782	170 0.201 0.180 0.797	150 0.181 0.188 0.808	d_{wD} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
0.25	210 0.266 0.165 0.757	190 0.249 0.172 0.766	180 0.235 0.172 0.778	160 0.221 0.179 0.786	d_{wD} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
0.00	240 0.309 0.148 0.765	220 0.307 0.153 0.765	210 0.304 0.153 0.766	200 0.303 0.153 0.767	d_{wD} [mm] Ψ [W/mK] $U_1 = U_2$ [W/m ² K] $f_1 = f_2 [-]$
MuKE n 2008	130	120	110	100	d_{wD} [mm]

Interpretation der Ergebnisse

Die Dämmstärken sind aus der Bedingung bestimmt: $[(U_1 \cdot L + \psi) / L] \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Als relevante Länge (L) gilt hier das Mass 3.18 m. Beim Wärmebrücken – Zuschlag (ψ) auf den Querschnittswert (U_1) handelt es sich stets um die aussenmassbezogene Zuschlagsgrösse. Bei Einrechnung von (ψ) in eine andere relevante Länge ($L' \neq 3.18 \text{ m}$) ist die erforderliche Dämmstärke d' bestimmt als: $d' = 40 \cdot \{[0.25 - (\psi / L')]\}^{-1} - (R_0 + 0.17)$ [mm].

Am Fuss der Tabelle sind zudem jene Dämmstärken (d_{min}) aufgeführt, die sich aus den Vorschriften des Gesetzgebers ergeben. Für diesen Fall können die zugehörigen Werte f' und ψ' dem < **Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Minimaldämmung (MuKE n 2008)**> entnommen werden.

Aus Symmetriegründen ist hier $U_1 \equiv U_2$ sowie $f_1 \equiv f_2$. R_0 ist der Wärmedurchlasswiderstand einer bestehenden (beliebigen) Rohbaukonstruktion; er ist individuell am vorhandenen Objekt zu ermitteln.

r_0 stellt den (reduzierten) Wärmedurchlasswiderstand der Rohbaukonstruktion im Bereich der eingebundenen Querwand (\rightarrow Wärmebrücke), hier Kalksandstein $d = 180 \text{ mm}$ dar. Ist $r_0 \equiv R_0$ und die Verhältniszahl somit 1.0, so liegt keine Einbindung vor. Ist $r_0 = 0$, wird damit die vollständige Durchstossung von R_0 durch die Wärmebrücke (\rightarrow hier die KS - Wand) erfasst. Die reale Einbindung (Verhältniszahl) ist jeweils am konkreten Objekt abzuschätzen.

Vergleichstabelle <Boden gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

r ₀ / R ₀	Sohle t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
1.00	0.50 3.00	120 90	110 70	90 (60)	70 50
0.75	0.50 3.00	130 100	120 80	90 60	70 40
0.50	0.50 3.00	130 100	120 80	110 70	80 40
0.25	0.50 3.00	140 110	120 90	110 70	90 (40)
0.00	0.50 3.00	160 150	150 130	140 110	140 100

H1_V1 – KS 180

Vergleichstabelle <Wand gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

r ₀ / R ₀	Wandfuss t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
1.00	0.50 3.00	150 90	130 70	110 50	90 40
0.75	0.50 3.00	150 110	130 100	120 90	100 70
0.50	0.50 3.00	150 110	130 100	120 90	110 70
0.25	0.50 3.00	160 120	150 110	130 100	120 80
0.00	0.50 3.00	190 120	170 110	160 100	140 80

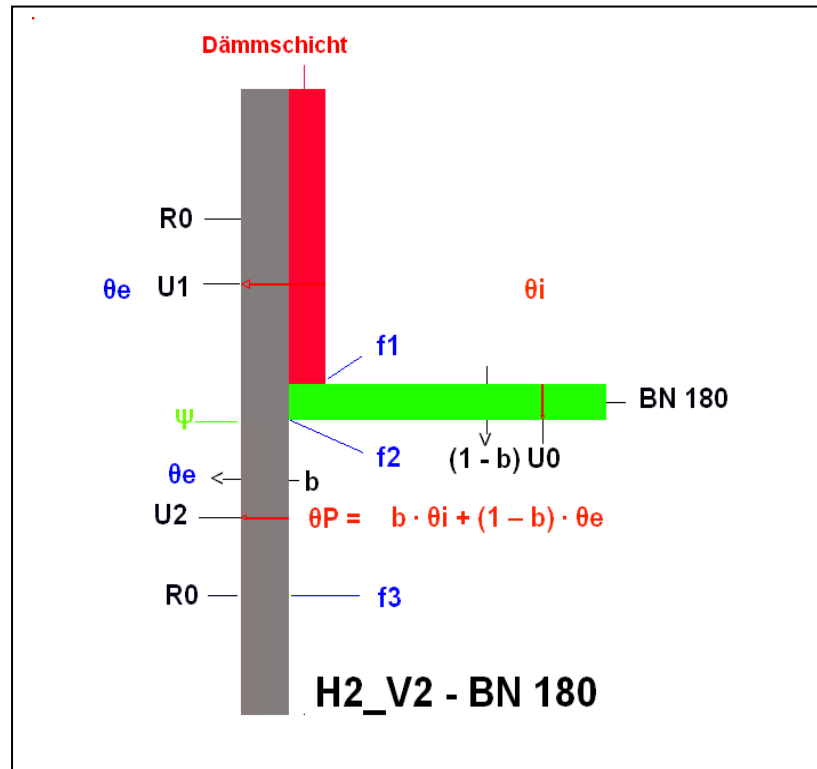
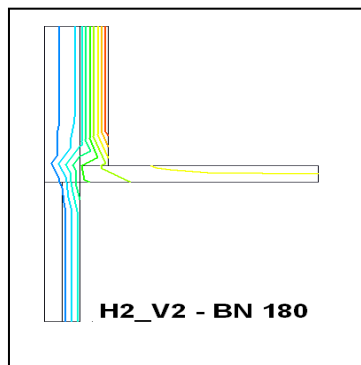
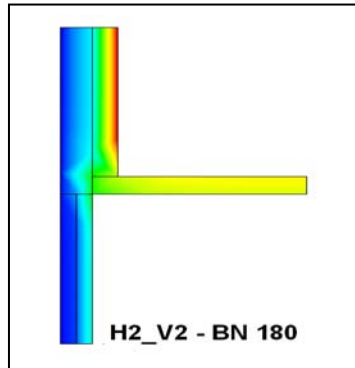
H1_V1 – KS 180

Interpretation der <Vergleichstabellen gegen Erdreich>

Grenzt das auf der Titelseite abgebildete Bauteil (- Detail) nicht an Aussenluft mit θ_e [°C] sondern ans Erdreich, so werden für gleiche Gesamtwirkung: $\rightarrow U_{\text{soil}} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ geringere Dämmstärken benötigt. Die reduzierten, wiederum auf Liefermasse gerechneten Grössen [mm] sind für verschiedene Einbindungstiefen t [m] in den obigen Vergleichs - tabellen <Boden gegen Erdreich> bzw. <Wand gegen Erdreich> aufgeführt. Dämmstärke (40) bedeutet, dass die benötigte Dämmstärke das kleinste Liefermass = 40 mm unterschreitet. Bei Einhaltung der hier tabellierten Dämmstärken gegen Erdreich sind somit auch dieselben f - Werte wie „gegen Aussenluft“ zu erwarten. Grundlage der Berechnungen: EN ISO 13370, mit $\lambda_{\text{Erdreich}} = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, Bodenfläche $12.0 \times 17.0 = 204 \text{ m}^2$.

WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ABSCHNITT H2_V2 – BN 180



Interpretation Schemaschnitt H2_V2 – BN 180

(H2): Horizontalschnitt durch Aussenwand mit Wärmedurchlasswiderstand (R_0), an welche eine Querwand $d = 180$ mm aus Beton (BN) angrenzt. Raumseitige Dämmung (d_{wD}) nur gegen R_0 zum hier geforderten Wert $U_{soil} \leq 0.25$ W/m²K. Der ungedämmte Nachbarraum weist eine variierte Puffertemperatur θ_P [°C] auf, welche als $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1 - b) \cdot \theta_e]$ über den Temperatur – Korrekturfaktor (b) zwischen Pufferraum und Aussenluft definiert ist. Eine Dämmung dieses Pufferraums sei nicht möglich. Befindet sich der Horizontalschnitt im Unterterrain – Bereich (einseitiger Kellerausbau), so ist der Wärmedurchlasswiderstand (R_0) der Rohbaukonstruktion (d. h. ohne die zu bemessende Dämmschicht) um den Beitrag des Erdreichs nach EN ISO 13370 erhöht. Der Temperatur – Korrekturfaktor (b) verändert sich als Folge des Erdreichs dabei nicht! Der Einfluss des Erdreichs führt – in Abhängigkeit der Einbindungstiefe – für gleiche Zielvorgabe zu reduzierten Dämmdicken. Diese sind auf der dritten Seite dieses Abschnitts in entsprechenden Vergleichstabellen aufgeführt.

(V2): Wird der Horizontalschnitt (H2) um 90° im Uhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er einen Vertikalschnitt durch die Dachdecke mit einseitig (unterhalb R_0) angeordneter raumseitiger Deckendämmung. Der (links) angrenzende Pufferraum mit variiertem θ_P [°C] bleibt ungedämmt. Die anstossende Querwand im Horizontalschnitt stellt nun die tragende und ungedämmte Zwischenwand aus 180 mm Beton (BN) gegen den Pufferraum dar.

Wird der Horizontalschnitt (H2) um 90° im Gegenuhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er als Vertikalschnitt eine Bodenkonstruktion (über oder unter Terrain) mit einseitig angeordneter Innendämmung (d_{wD}), angrenzend an die Trennwand $d = 180$ mm (BN). Der (rechts) angrenzende Pufferraum mit variiertem θ_P [°C] bleibt ungedämmt. Stellt der Querschnitt eine Fundamentplatte dar, so gilt bezüglich reduzierter Dämmstärken auch hier das oben Gesagte. Der Nutzbelag als raumseitige Abdeckung der Bodendämmung (d_{wD}) ist in der Bemessung dabei generell vernachlässigt.

Resultattabelle H2_V2 – BN 180

Pufferraum mit : $\theta P = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	R_0 [m ² K/W]				Bez. [Dim.]
	0.75	1.00	1.25	1.50	
b = 1.0	500 0.293 0.076 1.086 2.778 0.941 0.731 0.693	290 0.213 0.121 0.855 2.778 0.915 0.789 0.748	210 0.160 0.153 0.704 2.778 0.913 0.831 0.786	160 0.120 0.179 0.599 2.778 0.913 0.860 0.815	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.80	320 0.225 0.125 1.086 2.778 0.806 0.771 0.693	240 0.181 0.142 0.855 2.778 0.805 0.838 0.748	190 0.138 0.165 0.704 2.778 0.810 0.887 0.786	150 0.104 0.188 0.599 2.778 0.816 0.918 0.815	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.60	240 0.172 0.148 1.086 2.778 0.691 0.854 0.693	200 0.142 0.165 0.855 2.778 0.708 0.932 0.748	160 0.105 0.188 0.704 2.778 0.713 0.983 0.786	140 0.080 0.197 0.599 2.778 0.723 1.021 0.815	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.40	200 0.127 0.172 1.086 2.778 0.601 1.026 0.693	180 0.107 0.180 0.855 2.778 0.615 1.116 0.748	140 0.076 0.207 0.704 2.778 0.622 1.186 0.786	130 0.058 0.207 0.599 2.778 0.645 1.246 0.815	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
MuKE n 2008	130	120	110	100	d_{min} [mm]

Interpretation der Ergebnisse

Die Dämmstärken sind aus der Bedingung bestimmt: $[(U_1 \cdot L + \psi) / L] \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Als relevante Länge (L) gilt hier das Mass 1.68 m. Beim Wärmebrücken – Zuschlag (ψ) auf den Querschnittswert (U₁) handelt es sich stets um die aussenmassbezogene Zuschlagsgrösse. Bei Einrechnung von (ψ) in eine andere relevante Länge (L' \neq 1.68 m) ist die erforderliche Dämmstärke d' bestimmt als: $d' = 40 \cdot \{0.25 - (\psi / L')\}^{-1} - (R_0 + 0.17)$ [mm].

Am Fuss der Tabelle sind zudem jene Dämmstärken (d_{min}) aufgeführt, die sich aus den Vorschriften des Gesetzgebers ergeben. Für diesen Fall können die zugehörigen Werte f' und ψ' dem **< Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Minimaldämmung (MuKE n 2008) >** entnommen werden.

Die asymmetrische Innendämmung – d. h. keine Dämmung des angrenzenden Pufferraums mit variierter Raumtemperatur $\theta P = [b \cdot \theta_i + (1 - b) \cdot \theta_e]$ – ergibt in Abhängigkeit von R₀ und b stark schwankende Ergebnisse. Der Temperaturfaktor f₂ – hier bezogen auf $\theta P!$ – steigt mit abnehmendem Temperatur – Korrekturfaktor (b) an und liegt stets über dem Faktor f₃ für die ebene Aussenhülle des Pufferraums. Im Extremfall liegt die Oberflächentemperatur bei f₂ über die Puffertemperatur θP .

Bezüglich der Resultattabelle (Zeile mit b =) sind dabei zwei Fälle zu unterscheiden:

Fall 1: Wenn angenommen wird, dass sich die Temperatur des Pufferraums am Objekt „passiv“ nach seinen anteilmässigen Wärmedurchgangswiderständen einpendelt, so gilt: $b = [1 + (U_2 / U_0)]^{-1}$. In der Zeile mit dem entsprechenden b werden dann die Resultate abgelesen, die sich aus der zugeordneten Puffertemperatur $\theta P = [b \cdot \theta_i + (1 - b) \cdot \theta_e]$ mit diesem (b) ergeben haben.

Fall 2: Eine Puffertemperatur (θP) wird „aktiv“ gesteuert, bzw. ist – unabhängig von U₀ und U₂ – einzuhalten. In diesem Fall ist jene Resultatzeile zu konsultieren, welche dem Wert $b = [(\theta_e + \theta P) / (\theta_i + \theta_e)]$ am nächsten kommt.

Im Weiteren werden die Ergebnisse auch von der Wärmeleitfähigkeit der anstossenden Trennwand (= Wärmebrücke → hier 180 mm Beton mit $\lambda \sim 1.80 \text{ W/mK}$) beeinflusst.

Pufferraum mit : $\theta_P = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	Sohle t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m^2K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
b = 1.0	0.50 3.00	420 400	210 190	120 100	80 50
b = 0.8	0.50 3.00	200 180	150 130	140 120	60 (40)
b = 0.6	0.50 3.00	150 130	110 90	70 50	50 (40)
b = 0.4	0.50 3.00	110 90	90 70	60 40	40 (40)

H2_V2 – BN 180

Vergleichstabelle <Wand gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

Pufferraum mit : $\theta_P = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	Wandfuss t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m^2K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
b = 1.0	0.50 3.00	430 290	230 160	160 100	120 60
b = 0.8	0.50 3.00	230 160	190 120	140 90	110 50
b = 0.6	0.50 3.00	180 130	150 100	120 60	100 50
b = 0.4	0.50 3.00	170 100	160 80	160 50	150 40

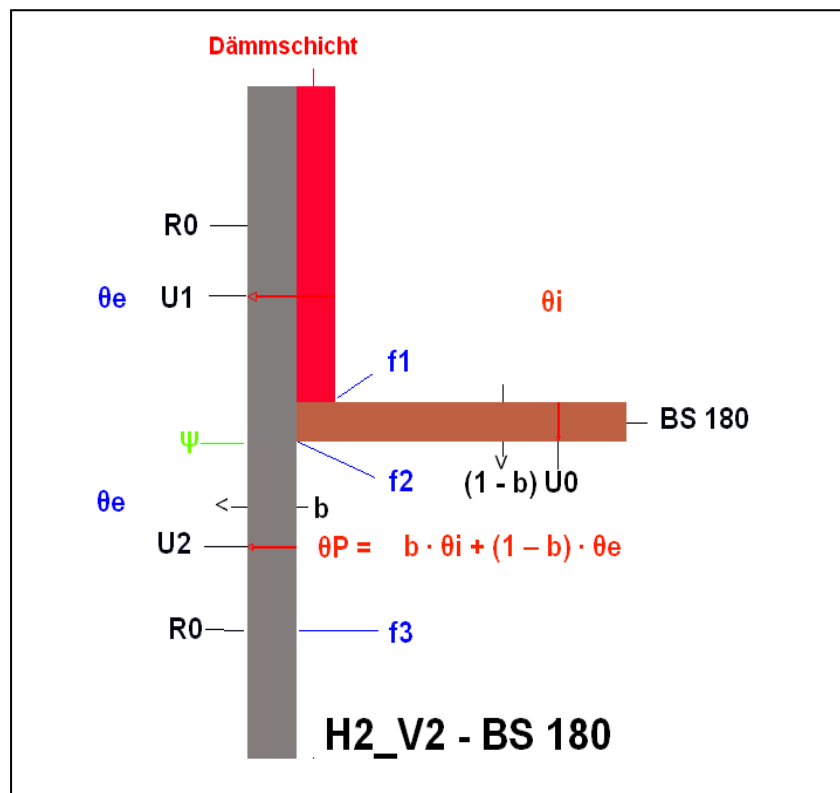
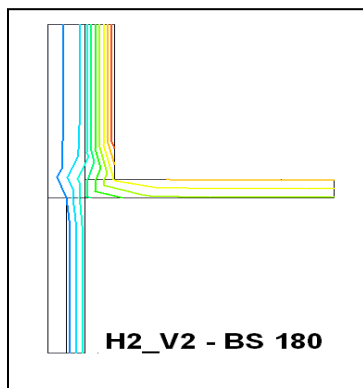
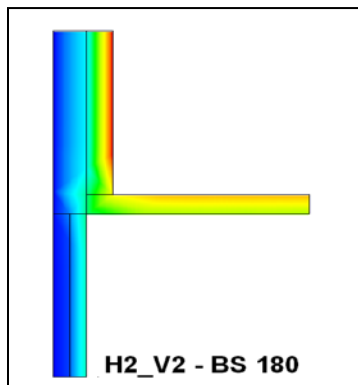
H2_V2 – BN 180

Interpretation der <Vergleichstabellen gegen Erdreich>

Grenzt das auf der Titelseite abgebildete Bauteil (- Detail) nicht an Aussenluft mit θ_e [$^{\circ}C$] sondern ans Erdreich, so werden für gleiche Gesamtwirkung: $\rightarrow U_{soll} \leq 0.25 W/m^2K$ geringere Dämmstärken benötigt als die auf Seite 2 tabellierten Werte. Die reduzierten, wiederum auf Liefermasse gerechneten Grössen [mm] sind je nach angrenzender Pufferraum – Temperatur θ_P , entsprechend $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1 - b) \cdot \theta_e]$, und für verschiedene Einbindungstiefen t [m] in den Vergleichstabellen < Boden gegen Erdreich> bzw. < Wand gegen Erdreich > aufgeführt. Dämmstärke (40) bedeutet, dass die benötigte Dämmstärke das kleinste Liefermass = 40 mm unterschreitet. Bei Einhaltung der hier tabellierten Dämmstärken gegen Erdreich sind daher dieselben f – Werte wie „gegen Aussenluft“ zu erwarten. Grundlage der Berechnungen: EN ISO 13370, mit $\lambda_{Erdreich} = 2.0 W/m^{\circ}K$, Bodenfläche $12.0 \times 17.0 = 204 m^2$.

WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ABSCHNITT H2_V2 – BS 180



Interpretation Schemaschnitt H2_V2 – BS 180

(H2): Horizontalschnitt durch Aussenwand mit Wärmedurchlasswiderstand (R_0), an welche eine Querwand $d = 180$ mm aus Backstein (BS) angrenzt. Raumseitige Dämmung (d_{WD}) nur gegen R_0 zum hier geforderten Wert $U_{soll} \leq 0.25$ W/m^2K . Der ungedämmte Nachbarraum weist eine variierte Puffertemperatur θ_P [$^{\circ}C$] auf, welche als $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1 - b) \cdot \theta_e]$ über den Temperatur – Korrekturfaktor (b) zwischen Pufferraum und Aussenluft definiert ist. Eine Dämmung dieses Pufferraums sei nicht möglich. Befindet sich der Horizontalschnitt im Unterterrain – Bereich (einseitiger Kellerausbau), so ist der Wärmedurchlasswiderstand (R_0) der Rohbaukonstruktion (d. h. ohne die zu bemessende Dämmschicht) um den Beitrag des Erdreichs nach EN ISO 13370 erhöht. Der Temperatur – Korrekturfaktor (b) verändert sich als Folge des Erdreichs dabei nicht! Der Einfluss des Erdreichs führt – in Abhängigkeit der Einbindungstiefe – für gleiche Zielvorgabe zu reduzierten Dämmdicken. Diese sind auf der dritten Seite dieses Abschnitts in entsprechenden Vergleichstabellen aufgeführt.

(V2): Wird der Horizontalschnitt (H2) um 90° im Uhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er einen Vertikalschnitt durch die Dachdecke mit einseitig (unterhalb R_0) angeordneter raumseitiger Deckendämmung. Der (links) angrenzende Pufferraum mit variiertem θ_P [$^{\circ}C$] bleibt ungedämmt. Die anstossende Querwand im Horizontalschnitt stellt nun die tragende und ungedämmte Zwischenwand aus 180 mm Backstein (BS) gegen den Pufferraum dar.

Wird der Horizontalschnitt (H2) um 90° im Gegenuhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er als Vertikalschnitt eine Bodenkonstruktion (über oder unter Terrain) mit einseitig angeordneter Innendämmung (d_{WD}), angrenzend an die Trennwand $d = 180$ mm (BS). Der (rechts) angrenzende Pufferraum mit variiertem θ_P [$^{\circ}C$] bleibt ungedämmt. Stellt der Querschnitt eine Fundamentplatte dar, so gilt bezüglich reduzierter Dämmstärken auch hier das oben Gesagte. Der Nutz – belag als raumseitige Abdeckung der Bodendämmung (d_{WD}) ist in der Bemessung dabei generell vernachlässigt.

Resultattabelle H2_V2 – BS 180

Pufferraum mit : $\theta_P = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	R_0 [m ² K/W]				Bez. [Dim.]
	0.75	1.00	1.25	1.50	
b = 1.0	280 0.203 0.129 1.086 1.515 0.924 0.669 0.693	210 0.154 0.159 0.855 1.515 0.911 0.732 0.748	170 0.117 0.180 0.704 1.515 0.903 0.777 0.786	150 0.092 0.188 0.599 1.515 0.901 0.809 0.815	d_{WD} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.80	240 0.174 0.148 1.086 1.515 0.844 0.706 0.693	180 0.127 0.180 0.855 1.515 0.845 0.772 0.748	150 0.097 0.197 0.704 1.515 0.845 0.818 0.787	130 0.075 0.207 0.599 1.515 0.846 0.854 0.815	d_{WD} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.60	210 0.128 0.166 1.086 1.515 0.763 0.725 0.693	170 0.094 0.188 0.855 1.515 0.763 0.813 0.748	140 0.071 0.207 0.704 1.515 0.778 0.881 0.786	120 0.053 0.218 0.599 1.515 0.766 0.924 0.815	d_{WD} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.4	180 0.089 0.188 1.086 1.515 0.690 0.805 0.697	150 0.064 0.207 0.855 1.515 0.717 0.947 0.748	130 0.047 0.218 0.704 1.515 0.721 0.981 0.786	110 0.032 0.230 0.599 1.515 0.701 1.016 0.815	d_{WD} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
MuKE n 2008	130	120	110	100	d_{min} [mm]

Interpretation der Ergebnisse

Die Dämmstärken sind aus der Bedingung bestimmt: $[(U_1 \cdot L + \psi) / L] \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Als relevante Länge (L) gilt hier das Mass 1.68 m. Beim Wärmebrücken – Zuschlag (ψ) auf den Querschnittswert (U₁) handelt es sich stets um die aussenmassbezogene Zuschlagsgrösse. Bei Einrechnung von (ψ) in eine andere relevante Länge (L' \neq 1.68 m) ist die erforderliche Dämmstärke d' bestimmt als: $d' = 40 \cdot \{[0.25 - (\psi / L')]^{-1} - (R_0 + 0.17)\}$ [mm].

Am Fuss der Tabelle sind zudem jene Dämmstärken (d_{min}) aufgeführt, die sich aus den Vorschriften des Gesetzgebers ergeben. Für diesen Fall können die zugehörigen Werte f' und ψ' dem **< Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Minimaldämmung (MuKE n 2008) >** entnommen werden.

Die asymmetrische Innendämmung – d.h. keine Dämmung des angrenzenden Pufferraums mit variierter Raumtemperatur $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e]$ – ergibt in Abhängigkeit von R₀ und b stark schwankende Ergebnisse. Der Temperaturfaktor f₂ – hier bezogen auf $\theta_P!$ – steigt mit abnehmendem Temperatur – Korrekturfaktor (b) an und liegt stets über dem Faktor f₃ für die ebene Aussenhülle des Pufferraums. Im Extremfall liegt die Oberflächentemperatur bei f₂ über die Puffertemperatur θ_P .

Bezüglich der Resultattabelle (Zeile mit b =) sind dabei zwei Fälle zu unterscheiden:

Fall 1: Wenn angenommen wird, dass sich die Temperatur des Pufferraums am Objekt „passiv“ nach seinen anteilmässigen Wärmedurchgangswiderständen einpendelt, so gilt: $b = [1 + (U_2 / U_0)]^{-1}$. In der Zeile mit dem entsprechenden b werden dann die Resultate abgelesen, die sich aus der zugeordneten Puffertemperatur $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e]$ mit diesem (b) ergeben haben.

Fall 2: Eine Puffertemperatur (θ_P) wird „aktiv“ gesteuert, bzw. ist – unabhängig von U₀ und U₂ – einzuhalten. In diesem Fall ist jene Resultatzeile zu konsultieren, welche dem Wert $b = [(\theta_e + \theta_P) / (\theta_i + \theta_e)]$ am nächsten kommt.

Im Weiteren werden die Ergebnisse auch von der Wärmeleitfähigkeit der anstossenden Trennwand (= Wärmebrücke → hier 180 mm Backstein mit $\lambda \sim 0.45 \text{ W/mK}$) beeinflusst.

Vergleichstabelle <Boden gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

Pufferraum mit : $\theta_P = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	Sohle t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
b = 1.0	0.50	190	120	80	60
	3.00	170	100	60	40
b = 0.8	0.50	150	90	60	50
	3.00	130	70	40	40
b = 0.6	0.50	120	60	(40)	(40)
	3.00	100	40	(40)	(40)
b = 0.4	0.50	90	(40)	(40)	(40)
	3.00	70	(40)	(40)	(40)

H2_V2 – BS 180

Vergleichstabelle <Wand gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

Pufferraum mit : $\theta_P = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	Wandfuss t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
b = 1.0	0.50	250	160	130	110
	3.00	160	100	70	50
b = 0.8	0.50	190	130	110	90
	3.00	130	80	60	40
b = 0.6	0.50	160	100	90	70
	3.00	110	60	50	(40)
b = 0.4	0.50	140	80	60	40
	3.00	90	50	(40)	(40)

H2_V2 – BS 180

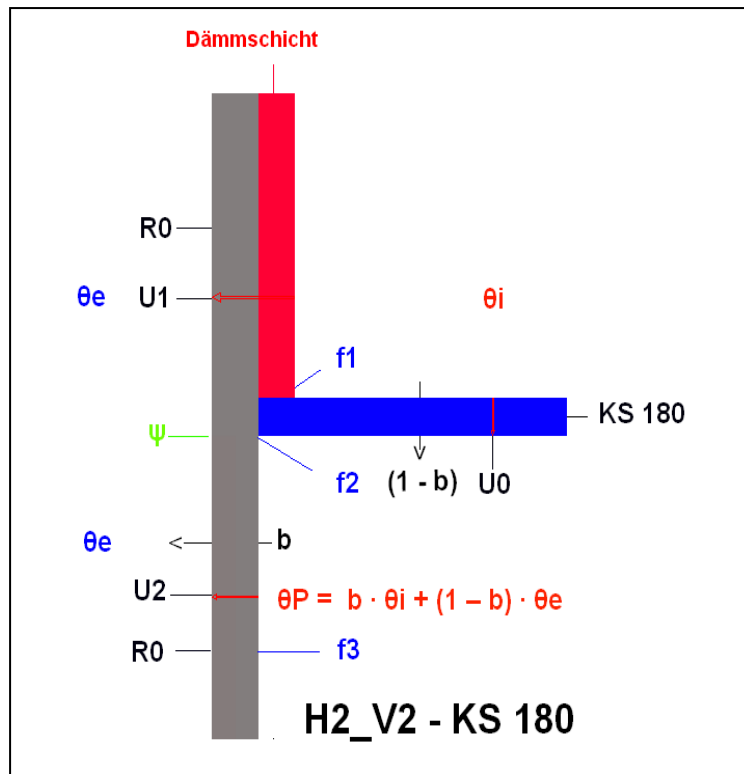
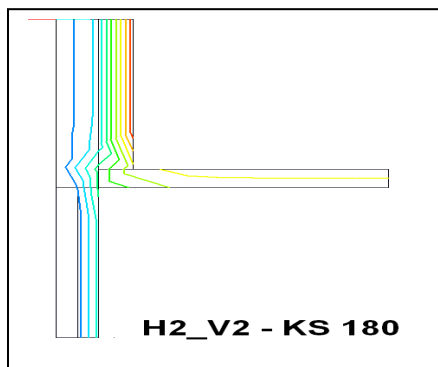
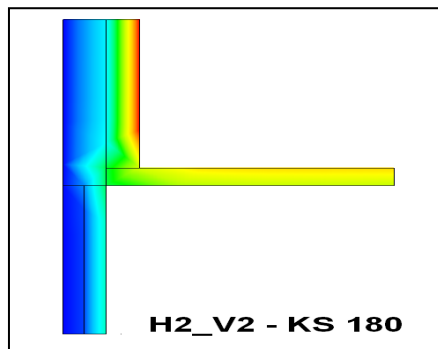
^

Interpretation der <Vergleichstabellen gegen Erdreich>

Grenzt das auf der Titelseite abgebildete Bauteil (- Detail) nicht an Aussenluft mit θ_e [°C] sondern ans Erdreich, so werden für gleiche Gesamtwirkung: $\rightarrow U_{\text{soil}} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ geringere Dämmstärken benötigt als die auf Seite 2 tabellierten Werte. Die reduzierten, wiederum auf Liefermasse gerechneten Grössen [mm] sind je nach angrenzender Pufferraum – Temperatur θ_P , entsprechend $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1 - b) \cdot \theta_e]$, und für verschiedene Einbindungstiefen t [m] in den Vergleichstabellen < Boden gegen Erdreich> bzw. < Wand gegen Erdreich > aufgeführt. Dämmstärke (40) bedeutet, dass die benötigte Dämmstärke das kleinste Liefermass = 40 mm unterschreitet. Bei Einhaltung der hier tabellierten Dämmstärken gegen Erdreich sind daher dieselben f – Werte wie „gegen Aussenluft“ zu erwarten. Grundlage der Berechnungen: EN ISO 13370, mit $\lambda_{\text{Erdreich}} = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, Bodenfläche $12.0 \times 17.0 = 204 \text{ m}^2$.

WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ABSCHNITT H2_V2 – KS 180



Interpretation Schemaschnitt H2_V2 – KS 180

(H2): Horizontalschnitt durch Aussenwand mit Wärmedurchlasswiderstand (R_0), an welche eine Querwand $d = 180$ mm aus Kalksandstein (KS) angrenzt. Raumseitige Dämmung (d_{WD}) nur gegen R_0 zum hier geforderten Wert $U_{soll} \leq 0.25$ W/m^2K . Der ungedämmte Nachbarraum weist eine variierte Puffertemperatur θ_P [$^{\circ}C$] auf, welche als $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e]$ über den Temperatur – Korrekturfaktor (b) zwischen Pufferraum und Aussenluft definiert ist. Eine Dämmung dieses Pufferraums sei nicht möglich. Befindet sich der Horizontalschnitt im Unterterrain – Bereich (einseitiger Kellerausbau), so ist der Wärmedurchlasswiderstand (R_0) der Rohbaukonstruktion (d. h. ohne die zu bemessende Dämmschicht) um den Beitrag des Erdreichs nach EN ISO 13370 erhöht. Der Temperatur – Korrekturfaktor (b) verändert sich als Folge des Erdreichs dabei nicht! Der Einfluss des Erdreichs führt – in Abhängigkeit der Einbindungstiefe – für gleiche Zielvorgabe zu reduzierten Dämmdicken. Diese sind auf der dritten Seite dieses Abschnitts in entsprechenden Vergleichstabellen aufgeführt.

(V2): Wird der Horizontalschnitt (H2) um 90° im Uhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er einen Vertikalschnitt durch die Dachdecke mit einseitig (unterhalb R_0) angeordneter raumseitiger Deckendämmung. Der (links) angrenzende Pufferraum mit variiertem θ_P [$^{\circ}C$] bleibt ungedämmt. Die anstossende Querwand im Horizontalschnitt stellt nun die tragende und ungedämmte Zwischenwand aus 180 mm Kalksandstein (KS) gegen den Pufferraum dar.

Wird der Horizontalschnitt (H2) um 90° im Gegenuhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er als Vertikalschnitt eine Boden – konstruktion (über oder unter Terrain) mit einseitig angeordneter Innendämmung (d_{WD}), angrenzend an die Trennwand $d = 180$ mm (KS). Der (rechts) angrenzende Pufferraum mit variiertem θ_P [$^{\circ}C$] bleibt ungedämmt. Stellt der Querschnitt eine Fundamentplatte dar, so gilt bezüglich reduzierter Dämmdicken auch hier das oben Gesagte. Der Nutzbelag als raumseitige Abdeckung der Bodendämmung (d_{WD}) ist in der Bemessung dabei generell vernachlässigt.

Resultattabelle H2_V2 – KS 180

Pufferraum mit : $\theta_P = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	R_0 [m ² K/W]				Bez. [Dim.]
	0.75	1.00	1.25	1.50	
b = 1.0	380 0.251 0.098 1.086 2.174 0.934 0.694 0.693	240 0.183 0.142 0.855 2.174 0.908 0.759 0.748	190 0.140 0.165 0.704 2.174 0.907 0.803 0.786	150 0.107 0.188 0.599 2.174 0.905 0.833 0.815	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.80	260 0.191 0.138 1.086 2.174 0.815 0.732 0.693	210 0.157 0.159 0.855 2.174 0.817 0.796 0.748	170 0.118 0.180 0.704 2.174 0.818 0.849 0.786	140 0.091 0.197 0.599 2.174 0.823 0.885 0.815	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.60	230 0.160 0.153 1.086 2.174 0.715 0.781 0.693	180 0.120 0.180 0.855 2.174 0.723 0.876 0.748	150 0.089 0.197 0.704 2.174 0.732 0.924 0.786	130 0.069 0.207 0.599 2.174 0.753 0.971 0.815	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
b = 0.4	190 0.119 0.180 1.086 2.174 0.635 0.906 0.693	160 0.085 0.197 0.855 2.174 0.642 1.006 0.748	140 0.063 0.207 0.704 2.174 0.652 1.074 0.786	120 0.044 0.218 0.599 2.174 0.657 1.166 0.815	d_{wd} [mm] Ψ [W/mK] U ₁ [W/m ² K] U ₂ [W/m ² K] U ₀ [W/m ² K] f ₁ [-] f ₂ [-] f ₃ [-]
MuKE 2008	130	120	110	100	d_{min} [mm]

Interpretation der Ergebnisse

Die Dämmstärken sind aus der Bedingung bestimmt: $[(U_1 \cdot L + \psi) / L] \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Als relevante Länge (L) gilt hier das Mass 1.68 m. Beim Wärmebrücken – Zuschlag (ψ) auf den Querschnittswert (U_1) handelt es sich stets um die aussenmassbezogene Zuschlagsgrösse. Bei Einrechnung von (ψ) in eine andere relevante Länge ($L' \neq 1.68 \text{ m}$) ist die erforderliche Dämmstärke d' bestimmt als: $d' = 40 \cdot \{ [0.25 - (\psi / L')]^{-1} - (R_0 + 0.17) \}$ [mm].

Am Fuss der Tabelle sind zudem jene Dämmstärken ($d_{min.}$) aufgeführt, die sich aus den Vorschriften des Gesetzgebers ergeben. Für diesen Fall können die zugehörigen Werte f' und ψ' dem **< Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Minimaldämmung (MuKE 2008) >** entnommen werden.

Die asymmetrische Innendämmung – d. h. keine Dämmung des angrenzenden Pufferraums mit variierter Raumtemperatur $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e]$ – ergibt in Abhängigkeit von R_0 und b stark schwankende Ergebnisse. Der Temperaturfaktor f_2 – hier bezogen auf $\theta_P!$ – steigt mit abnehmendem Temperatur – Korrekturfaktor (b) an und liegt stets über dem Faktor f_3 für die ebene Aussenhülle des Pufferraums. Im Extremfall liegt die Oberflächentemperatur bei f_2 über die Puffertemperatur θ_P .

Bezüglich der Resultattabelle (Zeile mit b = ...) sind dabei zwei Fälle zu unterscheiden:

Fall 1: Wenn angenommen wird, dass sich die Temperatur des Pufferraums am Objekt „passiv“ nach seinen anteilmässigen Wärmedurchgangswiderständen einpendelt, so gilt: $b = [1 + (U_2 / U_0)]^{-1}$. In der Zeile mit dem entsprechenden b werden dann die Resultate abgelesen, die sich aus der zugeordneten Puffertemperatur $\theta_P = [b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e]$ mit diesem (b) ergeben haben.

Fall 2: Eine Puffertemperatur (θ_P) wird „aktiv“ gesteuert, bzw. ist – unabhängig von U_0 und U_2 – einzuhalten. In diesem Fall ist jene Resultatzeile zu konsultieren, welche dem Wert $b = [(\theta_e + \theta_P) / (\theta_i + \theta_e)]$ am nächsten kommt.

Im Weiteren werden die Ergebnisse auch von der Wärmeleitfähigkeit der anstossenden Trennwand (= Wärmebrücke → hier 180 mm Kalksandstein mit $\lambda \sim 0.90 \text{ W/mK}$) beeinflusst.

Vergleichstabelle <Boden gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

Pufferraum mit : $\theta_{p} = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	Sohle t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
b = 1.0	0.50	290	150	100	60
	3.00	270	130	80	40
b = 0.8	0.50	170	120	80	50
	3.00	150	100	60	(40)
b = 0.6	0.50	140	90	60	40
	3.00	120	70	40	(40)
b = 0.4	0.50	100	60	(40)	(40)
	3.00	80	40	(40)	(40)

H2_V2 – KS 180

Vergleichstabelle <Wand gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

Pufferraum mit : $\theta_{p} = b \cdot \theta_i + (1-b) \cdot \theta_e$	Wandfuss t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
b = 1.0	0.50	290	190	140	110
	3.00	220	120	90	60
b = 0.8	0.50	210	160	120	100
	3.00	140	90	70	50
b = 0.6	0.50	180	130	100	90
	3.00	120	70	50	40
b = 0.4	0.50	150	100	80	70
	3.00	90	40	(40)	(40)

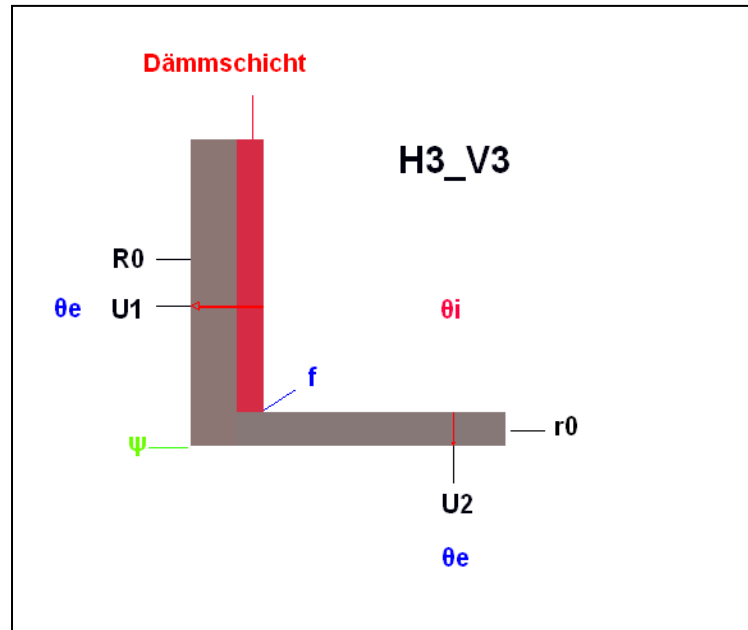
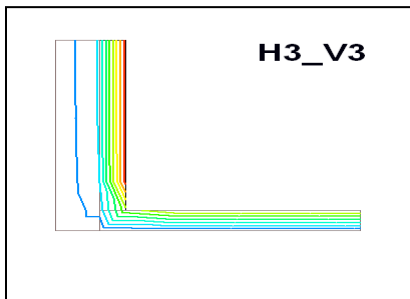
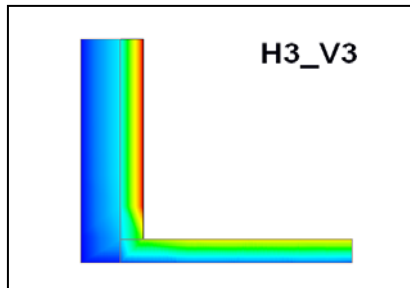
H2_V2 – KS 180

Interpretation der <Vergleichstabellen gegen Erdreich>

Grenzt das auf der Titelseite abgebildete Bauteil (- Detail) nicht an Aussenluft mit θ_e [°C] sondern ans Erdreich, so werden für gleiche Gesamtwirkung: $\rightarrow U_{\text{Soll}} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ geringere Dämmstärken benötigt als die auf Seite 2 tabellierten Werte. Die reduzierten, wiederum auf Liefermasse gerechneten Grössen [mm] sind je nach angrenzender Pufferraum – Temperatur θ_p , entsprechend $\theta_p = [b \cdot \theta_i + (1 - b) \cdot \theta_e]$, und für verschiedene Einbindungstiefen t [m] in den Vergleichstabellen < Boden gegen Erdreich> bzw. < Wand gegen Erdreich > aufgeführt. Dämmstärke (40) bedeutet, dass die benötigte Dämmstärke das kleinste Liefermass = 40 mm unterschreitet. Bei Einhaltung der hier tabellierten Dämmstärken gegen Erdreich sind daher dieselben f – Werte wie „gegen Aussenluft“ zu erwarten. Grundlage der Berechnungen: EN ISO 13370, mit $\lambda_{\text{Erdreich}} = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, Bodenfläche $12.0 \times 17.0 = 204 \text{ m}^2$.

WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ABSCHNITT H3_V3



Interpretation Schemaschnitt H3_V3

(H3): Horizontalschnitt durch Aussenwand – Ecke, welche durch die beiden Wärmedurchlasswiderstände (R_0) und (r_0) gebildet ist. Raumseitige Dämmung (d_{WD}) nur gegen R_0 zum hier geforderten Wert $U_{soll} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dämmung gegen (r_0) sei nicht möglich. Befindet sich der Horizontalschnitt im Unterterrain – Bereich (Perimeter mit einseitiger Innendämmung), so sind die Wärmedurchlasswiderstände (R_0) und (r_0) der Rohbaukonstruktion (d. h. ohne die zu bemessende Dämmschicht) um den Beitrag des Erdreichs nach EN ISO 13370 erhöht. Der Temperatur – Korrekturfaktor (b) beträgt so unverändert $b = 1.0!$ Der Einfluss des Erdreichs führt – in Abhängigkeit der Einbindungstiefe – für gleiche Zielvorgabe zu reduzierten Dämmdicken. Diese sind in entsprechenden Vergleichstabellen aufgeführt.

(V3): Wird der Horizontalschnitt (H3) um 90° im Uhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er einen Vertikalschnitt durch die Dachdecke mit raumseitig (unterhalb R_0) angeordneter Deckendämmung. Die hier aus (r_0) gebildete Aussenwand bleibt ungedämmt.

Wird der Horizontalschnitt (H3) um 90° im Gegenuhrzeigersinn gedreht, symbolisiert er als Vertikalschnitt eine Boden – konstruktion (über oder unter Terrain) mit Innendämmung (d_{WD}), angrenzend an die aufgehende, ungedämmte Aussenwand (r_0). Stellt der Querschnitt eine Fundamentplatte dar, so gilt bezüglich reduzierter Dämmdicken auch hier das oben Gesagte. Der Nutzbelag als raumseitige Abdeckung der Bodendämmung (d_{WD}) ist dabei in der Bemessung generell vernachlässigt.

Resultattabelle H3_V3

$r_0 / R_0 [-]$	$R_0 [m^2K/W]$				Bez. [Dim.]
	0.75	1.00	1.25	1.50	
3.50	130 - 0.004 0.244 0.360 0.841	120 - 0.008 0.244 0.272 0.869	110 - 0.015 0.244 0.220 0.887	90 - 0.020 0.256 0.180 0.893	d_{WB} [mm] Ψ [W/mK] U_1 [W/m ² K] U_2 [W/m ² K] f [-]
2.25	140 0.013 0.231 0.538 0.734	130 0.002 0.229 0.413 0.768	120 - 0.006 0.229 0.335 0.808	100 - 0.010 0.241 0.282 0.826	d_{WB} [mm] Ψ [W/mK] U_1 [W/m ² K] U_2 [W/m ² K] f [-]
1.00	160 0.051 0.207 1.087 0.621	140 0.037 0.217 0.855 0.645	130 0.027 0.217 0.704 0.688	110 0.015 0.228 0.599 0.721	d_{WB} [mm] Ψ [W/mK] U_1 [W/m ² K] U_2 [W/m ² K] f [-]
0.75	180 0.076 0.188 1.365 0.519	150 0.064 0.196 1.087 0.563	140 0.042 0.206 0.903 0.636	120 0.030 0.216 0.772 0.673	d_{WB} [mm] Ψ [W/mK] U_1 [W/m ² K] U_2 [W/m ² K] f [-]

Interpretation der Ergebnisse

Die Dämmstärken sind aus der Bedingung bestimmt: $[(U_1 \cdot L + \psi) / L] \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Als relevante Länge (L) gilt hier das Mass 1.68 m. Beim Wärmebrücken – Zuschlag (ψ) auf den Querschnittswert (U_1) handelt es sich stets um die aussenmassbezogene Zuschlagsgrösse. Bei Einrechnung von (ψ) in eine andere relevante Länge ($L' \neq 1.68 \text{ m}$) ist die erforderliche Dämmstärke d' bestimmt als: $d' = 40 \cdot \{[0.25 - (\psi / L')]\}^{-1} - (R_0 + 0.17)$ [mm].

Am Fuss der Tabelle sind zudem jene Dämmstärken ($d_{min.}$) aufgeführt, die sich aus den Vorschriften des Gesetzgebers ergeben. Für diesen Fall können die zugehörigen Werte f' und ψ' dem **<Ergänzungsblatt mit Werten f' und ψ' bei Minimaldämmung (MuKE 2008)>** entnommen werden.

Die asymmetrische Innendämmung der Aussenecke – d. h. keine Dämmung der zweiten Abschlussfläche mit Wärmedurchlasswiderstand r_0 (ausgedrückt als Verhältniszahl zu R_0) – führt zu stark schwankenden Ergebnissen. Mit sinkender Verhältniszahl (r_0 / R_0) und gleichzeitig abnehmendem Absolutwert (R_0) steigt der lineare Wärmebrückenverlust (ψ), und damit auch die erforderliche Dämmstärke zur Einhaltung von $U_{soil} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (der zu dämmenden Wand!) stark an. Ein hier ebenfalls tiefer f – Wert signalisiert die Gefährdung der Aussenecke bei zu hoher Raumlufffeuchte. Verwende zur Bestimmung der zulässigen Raumlufffeuchte das entsprechende Nachweis- Diagramm (ABSCHNITT DIAGRAMME). Die Wärmedurchlasswiderstände (R_0, r_0) stehen hier für beliebige, ein – oder mehrschichtige Wand –, Dach – oder Bodenkonstruktionen im „Ist – Zustand“.

Spezielle Hinweise betreffend (ψ):

Die aufgeführten (und eingerechneten) Zuschlagswerte (ψ) beziehen sich jeweils auf die gedämmte Teilfläche des abgebildeten Gesamtquerschnitts und sind bestimmt aus:

$\psi = [\text{Leitwert Gesamtquerschnitt}^{***} - 1.68 \cdot U_1 - (1.50 - d_{FOAMGLAS}) \cdot U_2]$. Danach muss stets eingehalten sein:

$[(1.68 \cdot U_1 + \psi) / 1.68] \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der hier nicht interessierende Zuschlagswert bezogen auf den Gesamtquerschnitt würde in der Regel negativ nach dem Ansatz: $\psi = [\text{Leitwert Gesamtquerschnitt}^{***} - 1.68 \cdot U_1 - 1.75 \cdot U_2]$.

***aus elektronischer Wärmebrückenberechnung; die Masse 1.68 m und 1.75 m sind die <relevanten Längen> aus der Berechnung.

Vergleichstabelle <Boden gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

r ₀ / R ₀	Sohle t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
3.50	0.50	60	50	(40)	(40)
	3.00	(40)	(40)	(40)	(40)
2.25	0.50	70	60	40	(40)
	3.00	40	(40)	(40)	(40)
1.00	0.50	90	70	50	40
	3.00	70	50	40	(40)
0.75	0.50	110	80	60	50
	3.00	90	60	40	(40)

H3_V3

Vergleichstabelle <Wand gegen Erdreich> : Reduzierte Dämmstärken [mm]

r ₀ / R ₀	Wandfuss t [m] unter Terrain	Durchlasswiderstand der (Rohbau -) Konstruktion [m ² K/W]			
		0.75	1.00	1.25	1.50
3.50	0.50	90	80	70	60
	3.00	50	40	(40)	(40)
2.25	0.50	100	90	80	60
	3.00	50	40	(40)	(40)
1.00	0.50	120	110	90	70
	3.00	70	60	40	(40)
0.75	0.50	130	120	100	80
	3.00	90	70	50	(40)

H3_V3

Interpretation der <Vergleichstabellen gegen Erdreich>

Grenzt das auf der Titelseite abgebildete Bauteil (- Detail) nicht an Aussenluft mit θ_e [°C] sondern ans Erdreich, so werden für gleiche Gesamtwirkung: $\rightarrow U_{\text{soil}} \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ geringere Dämmstärken benötigt als die auf Seite 2 tabellierten Werte. Die reduzierten, wiederum auf Liefermasse gerechneten Grössen [mm] sind für verschiedene Einbindungstiefen t [m] in den Vergleichstabellen < Boden gegen Erdreich> bzw. <Wand gegen Erdreich> aufgeführt. Dämmstärke (40) bedeutet, dass die benötigte Dämmstärke das kleinste Liefermass = 40 mm unterschreitet. Bei Einhaltung der hier tabellierten Dämmstärken gegen Erdreich sind daher dieselben f - Werte wie „gegen Aussenluft“ zu erwarten. Grundlage der Berechnungen: EN ISO 13370, mit $\lambda_{\text{Erdreich}} = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, Bodenfläche $12.0 \times 17.0 = 204 \text{ m}^2$.

WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ERGÄNZUNGSBLATT MIT WERTEN f' UND ψ' BEI MINIMALDÄMMUNG (MuKE n 2008)

Die folgenden Tabellen beziehen sich auf die verschiedenen Wärmebrücken - / Varianten unter Voraussetzung, dass lediglich die nach Gesetzgeber für Umbauten und Renovationen derzeit zulässige Flächendämmung $U \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ – d.h. ohne Einbezug der linearen Wärmebrückenverluste (ψ) – realisiert wird. Tabelliert sind demnach die Werte f' und ψ' , falls je nach Baubestand gemäss Fusszeile der „globalen Resultattabellen“ mit erforderlichen 130 mm, 120 mm, 110 mm oder 100 mm raumseitig „nachgedämmt“ wird.

Ergänzung zu Wärmebrücke H1_V1 – BN 180

r_0/R_0	Bezug an Stelle von...	$d_{\min} = 130 \text{ mm}$		$d_{\min} = 120 \text{ mm}$		$d_{\min} = 110 \text{ mm}$		$d_{\min} = 100 \text{ mm}$	
		$f' [-]$	$\psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\psi' [\text{W/mK}]$
1.00	f_1	0.746		0.779		0.803		0.830	
	f_2	0.746	0.337	0.779	0.272	0.803	0.221	0.830	0.183
0.75	f_1	0.736		0.769		0.793		0.821	
	f_2	0.736	0.357	0.769	0.292	0.793	0.241	0.821	0.201
0.50	f_1	0.721		0.752		0.776		0.803	
	f_2	0.721	0.390	0.752	0.326	0.776	0.279	0.803	0.245
0.25	f_1	0.689		0.716		0.738		0.765	
	f_2	0.689	0.457	0.716	0.401	0.738	0.356	0.765	0.320
0.00	f_1	0.647		0.652		0.655		0.656	
	f_2	0.647	0.593	0.652	0.582	0.655	0.581	0.656	0.583

Ergänzung zu Wärmebrücke H1_V1 – KS 180

r_0/R_0	Bezug an Stelle von...	$d_{\min} = 130 \text{ mm}$		$d_{\min} = 120 \text{ mm}$		$d_{\min} = 110 \text{ mm}$		$d_{\min} = 100 \text{ mm}$	
		$f' [-]$	$\psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\psi' [\text{W/mK}]$
1.00	f_1	0.758		0.776		0.798		0.816	
	f_2	0.758	0.231	0.776	0.195	0.798	0.164	0.816	0.138
0.75	f_1	0.751		0.769		0.790		0.808	
	f_2	0.751	0.242	0.769	0.207	0.790	0.177	0.808	0.152
0.50	f_1	0.740		0.756		0.776		0.793	
	f_2	0.740	0.260	0.756	0.227	0.776	0.199	0.793	0.175
0.25	f_1	0.720		0.735		0.748		0.762	
	f_2	0.720	0.294	0.735	0.268	0.748	0.245	0.762	0.224
0.00	f_1	0.713		0.714		0.715		0.716	
	f_2	0.713	0.351	0.714	0.346	0.715	0.342	0.716	0.338

Ergänzung zu Wärmebrücke H1_V1 – BS 180

r_0/R_0	Bezug an Stelle von...	$d_{\min} = 130 \text{ mm}$		$d_{\min} = 120 \text{ mm}$		$d_{\min} = 110 \text{ mm}$		$d_{\min} = 100 \text{ mm}$	
		$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$
1.00	f_1	0.785	0.141	0.791	0.119	0.808	0.103	0.821	0.089
	f_2	0.785		0.791		0.808		0.821	
0.75	f_1	0.781	0.147	0.786	0.126	0.805	0.111	0.815	0.097
	f_2	0.781		0.786		0.803		0.815	
0.50	f_1	0.776	0.155	0.778	0.137	0.793	0.123	0.804	0.110
	f_2	0.776		0.778		0.793		0.804	
0.25	f_1	0.763	0.171	0.763	0.156	0.775	0.146	0.783	0.137
	f_2	0.763		0.763		0.775		0.783	
0.00	f_1	0.729	0.206	0.730	0.198	0.731	0.194	0.732	0.193
	f_2	0.729		0.730		0.731		0.732	

Ergänzung zu Wärmebrücke H2_V2 – BN 180

b	Bezug an Stelle von...	$d_{\min} = 130 \text{ mm}$		$d_{\min} = 120 \text{ mm}$		$d_{\min} = 110 \text{ mm}$		$d_{\min} = 100 \text{ mm}$	
		$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$
1.00	f_1	0.845		0.869		0.888		0.902	
	f_2	0.764	0.237	0.915	0.171	0.948	0.129	0.872	0.099
	f_3	0.693		0.748		0.786		0.815	
0.80	f_1	0.761		0.781		0.800		0.813	
	f_2	0.818	0.219	0.879	0.155	0.917	0.115	0.944	0.087
	f_3	0.693		0.748		0.786		0.815	
0.60	f_1	0.677		0.694		0.711		0.724	
	f_2	0.902	0.182	0.983	0.125	1.029	0.091	1.063	0.068
	f_3	0.693		0.748		0.786		0.815	
0.40	f_1	0.593		0.608		0.623		0.636	
	f_2	1.090	0.145	1.193	0.096	1.254	0.068	1.552	0.048
	f_3	0.693		0.748		0.786		0.815	

Ergänzung zu Wärmebrücke H2_V2 – KS 180

b	Bezug an Stelle von...	$d_{\min} = 130 \text{ mm}$		$d_{\min} = 120 \text{ mm}$		$d_{\min} = 110 \text{ mm}$		$d_{\min} = 100 \text{ mm}$	
		$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$	$f' [-]$	$\Psi' [\text{W/mK}]$
1.00	f_1	0.828		0.859		0.876		0.889	
	f_2	0.728	0.203	0.780	0.153	0.817	0.116	0.845	0.090
	f_3	0.693		0.748		0.786		0.815	
0.80	f_1	0.758		0.784		0.801		0.813	
	f_2	0.782	0.185	0.836	0.137	0.877	0.103	0.907	0.078
	f_3	0.693		0.748		0.786		0.815	
0.60	f_1	0.686		0.709		0.724		0.736	
	f_2	0.855	0.149	0.916	0.108	0.964	0.080	1.002	0.060
	f_3	0.693		0.748		0.786		0.815	
0.40	f_1	0.613		0.633		0.647		0.658	
	f_2	1.000	0.113	1.076	0.800	1.139	0.572	1.189	0.041
	f_3	0.693		0.748		0.786		0.815	

Ergänzung zu Wärmebrücke H2_V2 – BS 180

b	Bezug an Stelle von...	d _{min} = 130 mm		d _{min} = 120 mm		d _{min} = 110 mm		d _{min} = 100 mm	
		f' [-]	Ψ'[W/mK]	f' [-]	Ψ'[W/mK]	f' [-]	Ψ'[W/mK]	f' [-]	Ψ'[W/mK]
1.00	f ₁	0.849	0.174	0.857	0.130	0.871	0.100	0.881	0.077
	f ₂	0.689		0.747		0.787		0.819	
	f ₃	0.693		0.748		0.786		0.816	
0.80	f ₁	0.804	0.156	0.802	0.115	0.815	0.087	0.825	0.066
	f ₂	0.731		0.794		0.837		0.870	
	f ₃	0.693		0.748		0.786		0.816	
0.60	f ₁	0.751	0.122	0.741	0.087	0.753	0.065	0.763	0.048
	f ₂	0.776		0.849		0.898		0.937	
	f ₃	0.693		0.748		0.786		0.816	
0.40	f ₁	0.697	0.088	0.680	0.060	0.691	0.043	0.701	0.030
	f ₂	0.865		0.960		1.021		1.071	
	f ₃	0.693		0.748		0.786		0.816	

Ergänzung zu Wärmebrücke H3_V3

r ₀ /R ₀	Bezug an Stelle von...	d _{min} = 130 mm		d _{min} = 120 mm		d _{min} = 110 mm		d _{min} = 100 mm	
		f' [-]	Ψ'[W/mK]	f' [-]	Ψ'[W/mK]	f' [-]	Ψ'[W/mK]	f' [-]	Ψ'[W/mK]
3.50	f	0.841	-0.004	0.869	-0.010	0.887	-0.015	0.900	-0.020
2.25	f	0.788	0.012	0.820	0.000	0.850	-0.006	0.867	-0.010
1.00	f	0.626	0.043	0.710	0.034	0.749	0.022	0.778	0.015
0.75	f	0.569	0.060	0.630	0.041	0.702	0.036	0.736	0.027

WÄRMEBRÜCKEN – NACHWEIS:

ABSCHNITT DIAGRAMME

Generelle Erläuterungen:

Wie schon andernorts erwähnt, wird hier der für Renovationen behördlicherseits verlangte Wert $U \leq 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ für opake Aussenbauteile in zwei Schritten abgesichert.

Erstens durch Ermittlung der je nach Bestand notwendigen Dämmstärke unter Mitberücksichtigung der konstruktiv bedingten Wärmebrücke. Hierzu dienen die sieben variierbaren Abschnitte H1_V1, H2_V2 und H3_V3 als Planungshilfe für die meisten gängigen Situationen.

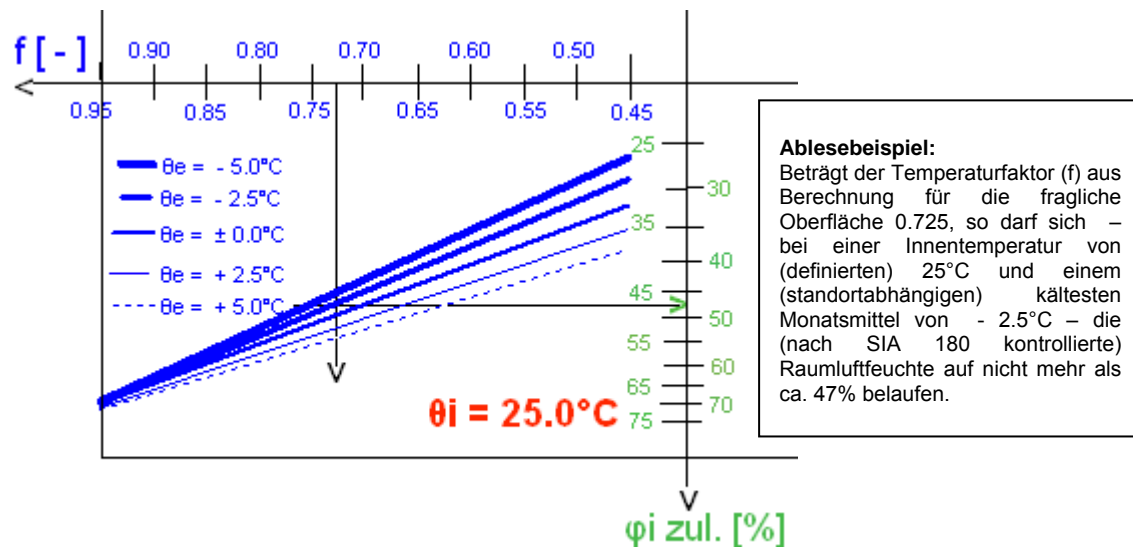
Zweitens ist für die so festgelegte Konstruktion / Bauteildämmung nachzuweisen, dass in den kritischen Ecken oder Grenzflächen als Folge von Temperatursenkung langfristig keine Schimmelpilzbildung (als der gegenüber „Vermeidung von Schwitzwasser“ härteren Bedingung) entsteht. Hierzu dienen die vorliegenden Nachweis – Diagramme, welche darüber Auskunft geben, wie hoch die Raumlufffeuchte je nach Temperaturvorgaben „innen – aussen“ sowie je nach ermitteltem Temperaturfaktor (f) ausfallen darf.

Diagramm – Grundlagen:

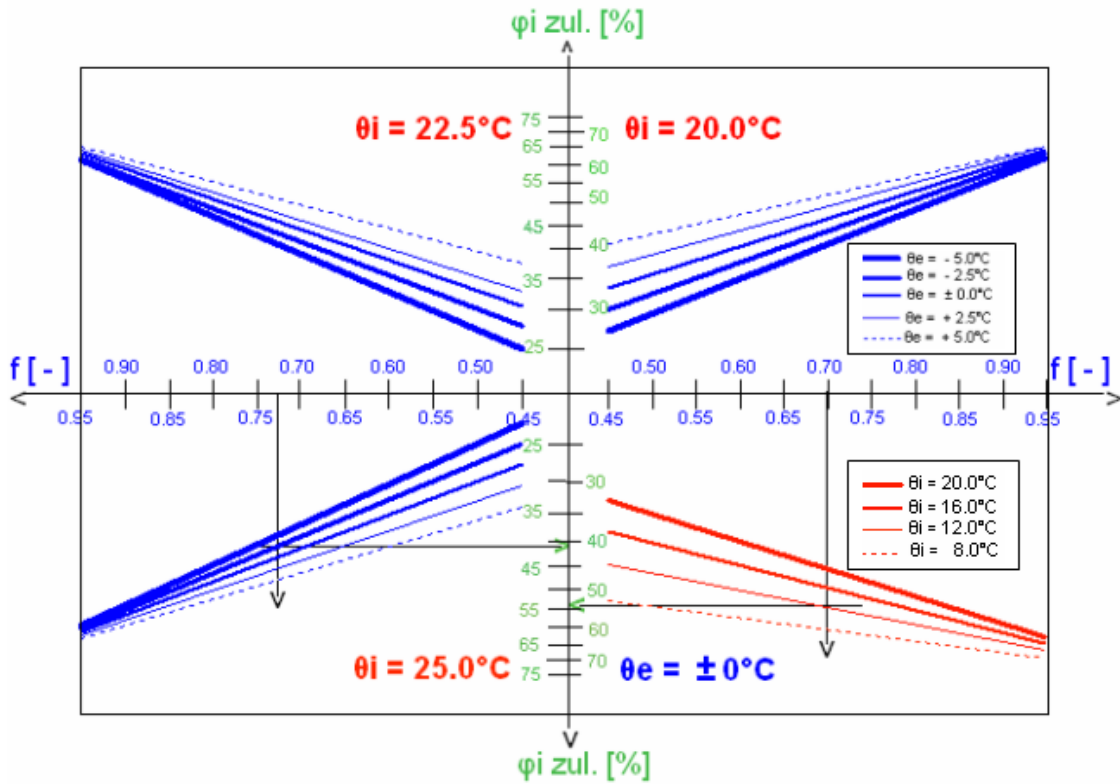
Massgebend ist die an der kritischen Oberfläche herrschende Temperatur – ausgedrückt durch den dimensionslosen Temperaturfaktor (f). Dieser Oberflächentemperatur ist ein entsprechender Sättigungs – Dampfdruck zugeordnet, welcher nur zu maximal 80% erreicht werden darf und so den Wert [Z = Zähler] ergibt. Andererseits ist der geplanten Raumlufftemperatur ebenfalls ein Sättigungs – Dampfdruck zugeordnet, welcher laut Norm SIA 180 mit einem zusätzlichen Sicherheitsfaktor zu behaften ist [N = Nenner]. Die zulässige Raumlufffeuchte (ϕ_i) ist demnach aus [Z/ N] bestimmt. Dabei ist zu unterscheiden, ob für die fraglichen Räume eine permanente Kontrolle der (zulässigen) Raumlufffeuchte vorgesehen wird oder nicht. Diese Unterscheidung nach Norm SIA 180 erklärt die hier vorliegenden zwei Nachweis – Diagramme.

Zwischen dem (variieren) Temperaturfaktor (f) mit dem daraus bestimmten Wert [Z], und der resultierenden zulässigen Raumlufffeuchte kann eine Exponentialfunktion der Form $\phi_i = A \cdot e^{(B \cdot f)}$ – mit je nach Temperaturbedingungen variierenden Konstanten A und B – hergeleitet werden. Die Diagramme konnten daher im gut lesbaren, halblogarithmischen Massstab mit geradem Kurvenverlauf erstellt werden.

Die Auswahl an möglichen Temperatur – Paarungen <innen – aussen> ist in den Darstellungen direkt ersichtlich. Ist der entsprechende Temperaturfaktor (f) bekannt, können die Diagramme auch für ebene Wandflächen oder geometrische Wärmebrücken, d.h. ganz allgemein verwendet werden.



ZULASSIGE RAUMLUFTFEUCHTEN φ_i FÜR RAUME OHNE KONTROLLE DER RAUMFEUCHTE (NORM SIA 180)



ZULASSIGE RAUMLUFTFEUCHTEN φ_i FÜR RAUME MIT KONTROLLE DER RAUMFEUCHTE (NORM SIA 180)

