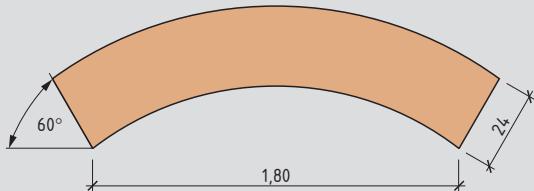


Aufgaben

29. Ein Segmentbogen mit der Spannweite von 1,80 m ist mit DF-Steinen auszuführen. Die Bogenneigung an den Widerlagern soll 60° betragen.

Berechnen Sie

- die Länge der Bogenlaibung,
- die Schichtenzahl,
- die Fugendicke an der Laibung.



30. Über einem offenen Durchgang mit einer lichten Weite von 1,51 m soll ein Segmentbogen gemauert werden. Da das anschließende Mauerwerk 8 mm dicke Fugen hat, soll diese Fugendicke auch beim Segmentbogen im Mittel etwa eingehalten werden. Daher sollen die Mörtelfugen an der Bogenlaibung etwa 5 mm betragen. Mauerwerk und Bogen werden in Klinkern im Format DF ausgeführt.

Berechnen Sie

- die Anzahl der Steine,
- die Dicke der Mörtelfugen am Bogenrücken und an der Bogenlaibung.

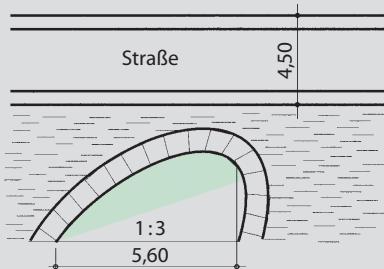
31. Der obere Abschluss eines Durchganges mit einer Öffnungsweite von 2,01 m soll als 2-Stein(NF)-dicker Segmentbogen ausgebildet werden. Zwischen den Bogenschichten ist eine 15 mm dicke Mörtelfuge. Der Bogen hat eine Stichhöhe von 28 cm und einen zugehörigen Mittelpunktswinkel von $\alpha = 62^\circ$.

Ermitteln Sie

- die Anzahl der Steine der beiden Bogenschichten,
- die Fugenbreiten.

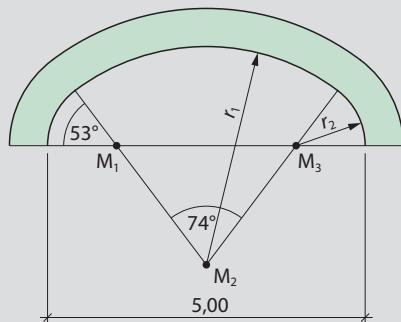
32. An einer Brücke ist ein einhäftiger Bogen in Natursteinen zu mauern. An der Bogenlaibung haben die Steine eine Dicke von 30 cm; die Schichtdicke beträgt 40 cm. Die Brücke hat eine Breite von 4,50 m.

- Wie viel m^3 Steine sind zu vermauern?
- Wie viel m^2 Natursteinmauerwerk sind an Bogenlaibung und Stirnflächen zu verfügen?



33. Das Gewölbe eines Weinkellers ist von seiner Grundkonstruktion her ein Korrbogen. Das Gewölbe ist 49 cm (2 Steine) dick. Es werden Klinkersteine NF verwendet. Die Radien betragen $r_1 = 3,10 \text{ m}$, $r_2 = 1,55 \text{ m}$.

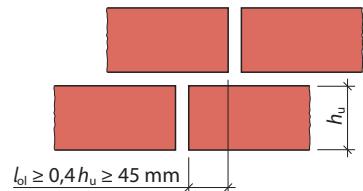
- Ermitteln Sie den Steinbedarf für zwei Schichten.
- Wie viele Steine werden für das 6,30 m lange Gewölbe benötigt?
- Berechnen Sie die Fugendicke der beiden Gewölbeschichten.



21.7 Berechnung nach DIN EN 1996-3

Das vereinfachte Verfahren darf angewendet werden, wenn

- die Gebäudehöhe nicht mehr als 20 m beträgt (als Gebäudehöhe bei geneigten Dächern gilt das Mittel zwischen First- und Traufhöhe),
- die Stützweiten maximal 6,00 m betragen (bei zweiachsig gespannten Decken ist für l_f die kürzere der beiden Spannweiten einzusetzen),
- Begrenzung der charakteristischen Nutzlast einschließlich Zuschlag für nichttragende innere Trennwände auf $q_k \leq 5,0 \text{ kN/m}^2$,
- das Überbindemaß $l_{ol} \geq \begin{cases} 0,4 \cdot h_u \\ 45 \text{ mm} \end{cases}$
- die Deckenauflagertiefe $a \geq \begin{cases} 0,5 t \\ 100 \text{ mm} \end{cases}$
- die Werte der unten stehenden Tabelle eingehalten werden.



Beim vereinfachten Verfahren für Rezeptmauerwerk (RM) müssen nicht nachgewiesen werden:

- Knotenmomente von Wänden, die als Innenauflager von durchlaufenden Decken dienen.
- Windkräfte auf tragende Wände, da sie im Sicherheitsabstand bzw. durch konstruktive Maßnahmen berücksichtigt sind.
- Aussteifung,
 - wenn Geschossdecken gleichzeitig steife Scheiben oder ausreichend steife Ringbalken sind,
 - wenn in Längs- und Querrichtung des Gebäudes eine ausreichende Anzahl aussteifender Wände vorhanden ist.

Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens

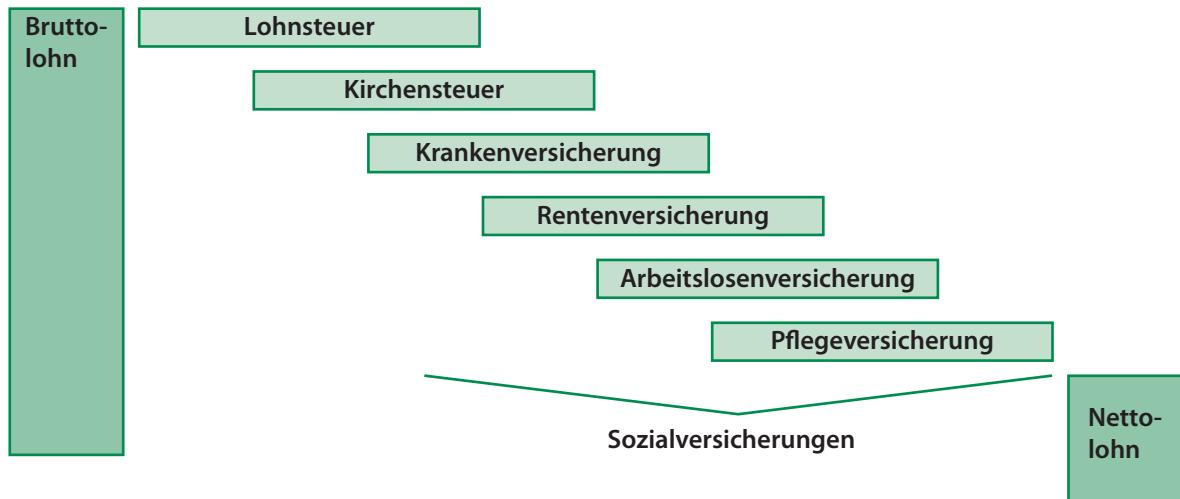
Bauteil	Wanddicke t (mm)	max. zulässige Wandhöhe (allgemein) h (m)
tragende Innenwände	≥ 115	2,75
	≥ 240	keine Angabe
tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	$\geq 115^{1), 2)}$	2,75
	$\geq 150^3)$	$2,75^{2)}$
	≥ 175	2,75
	≥ 200	2,75
	≥ 240	$12 \cdot t$
	≥ 300	$12 \cdot t$

¹⁾ Als einschalige Außenwand nur bei eingeschossigen Garagen und vergleichbaren Bauwerken, die nicht zum dauernden Aufenthalt von Menschen vorgesehen sind. Als Tragschale zweischaliger Außenwände und bei zweischaligen Haustrennwänden bis höchstens zwei Vollgeschosse zuzüglich ausgebautes Dachgeschoss; aussteifende Querwände im Abstand $b \leq 4,50 \text{ m}$ bzw. Randabstand von einer Öffnung $b' \leq 2,0 \text{ m}$.

²⁾ Charakteristische Nutzlast einschließlich Zuschlag für nichttragende innere Trennwände $q_k \leq 3,0 \text{ kN/m}^2$.

³⁾ Bei charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeiten $f_k < 1,8 \text{ kN/m}^2$ gilt zusätzliche Fußnote 1).

Lohnabrechnung



Lohnsteuer: Satz je nach Höhe der Lohnsumme, der Steuerklasse und sonstigen Steuerermäßigungen.

Kirchensteuer: Je nach Bundesland 8 ... 9 % aus dem Lohnsteuerbetrag.

Krankenversicherung: 14,6%; davon AG und AN jeweils die Hälfte (ggf. noch Zusatzbeitrag, durchschnittlich 1,3%)

Rentenversicherung: 18,6%; davon AG und AN jeweils die Hälfte

Arbeitslosenversicherung: 2,4%; davon AG und AN jeweils die Hälfte

Pflegeversicherung: 3,05%; davon AG und AN jeweils die Hälfte (außer Sachsen; Zuschlag von 0,35 % für Kinderlose ab 23 Jahren)

(Stand: 1.1.2022)

Arbeitet ein Arbeitnehmer (AN) über die tarifliche Arbeitszeit (Mehrarbeit) oder nachts, an Sonntagen oder Feiertagen, so erhält er zu seinem Grundlohn einen Zuschlag.

Als gesetzliche Höchstzuschlagsätze, die steuerfrei und auch sozialversicherungsfrei sind, gelten Zuschläge für:

Nachtarbeit	25 %
Sonntagsarbeit	50 %
Feiertagsarbeit	125 %
Arbeit an den Weihnachtsfeiertagen	150 %

Zuschläge für Mehrarbeit (Überstunden) von 25 % sind dagegen steuer- und sozialversicherungspflichtig.

Beispiel

Stundenlohn 16,80 €

Sonntagsarbeit

Grundlohn	16,80 € steuer- und sozialversicherungspflichtig
Zuschlag 50 %	8,40 € steuer- und sozialversicherungsfrei
Stundenlohn	25,20 €

Mehrarbeit

Grundlohn	16,80 € steuer- und sozialversicherungspflichtig
Zuschlag 25 %	4,20 € steuer- und sozialversicherungspflichtig
Stundenlohn	21,00 €

8. Wärmestromdichte q

Die Wärmestromdichte drückt aus, wie viel Watt pro m^2 Gebäudefläche bei dem zugrunde gelegten Temperaturunterschied tatsächlich zwischen der Raumluft und der Außenluft hindurchgehen. Der Wert ist für die Energiebilanz der Gebäude von Bedeutung.

$$q = U(\vartheta_i - \vartheta_e)$$

Einheit: $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$ $\text{K} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

Beispiel 1

- a) Ermitteln Sie den Wärmedurchgangskoeffizienten U der Wand.
 b) Zeichnen Sie den Temperaturverlauf in der Wand für den Winter, wenn mit einer maximalen Außentemperatur von -5°C und einer Raumtemperatur von 20°C (Randbedingungen nach DIN 4108) zu rechnen ist.

$$\text{a)} R = \frac{0,010 \text{ m}}{0,25 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,035 \text{ m}}{0,031 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,24 \text{ m}}{0,26 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,020 \text{ m}}{1,0 \frac{\text{W}}{\text{mK}}}$$

$$R = 0,040 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + 1,129 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + 0,923 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + 0,020 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} = 2,112 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} = 0,13 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + 2,112 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} = 2,282 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,282 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}} = 0,438 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$\text{b)} q = 0,438 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \cdot (20^\circ\text{C} - (-5^\circ\text{C})) = 10,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_2 = 20^\circ\text{C} - 0,13 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \cdot 10,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 18,6^\circ\text{C}$$

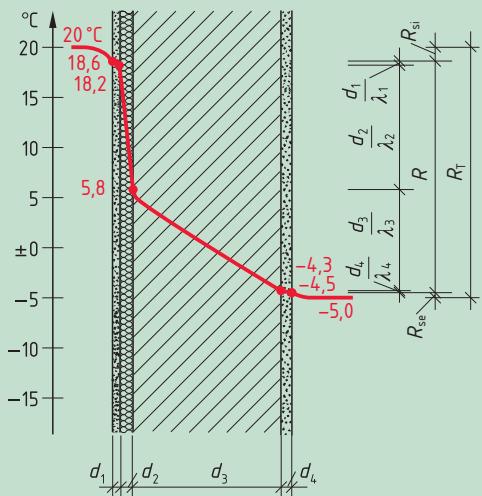
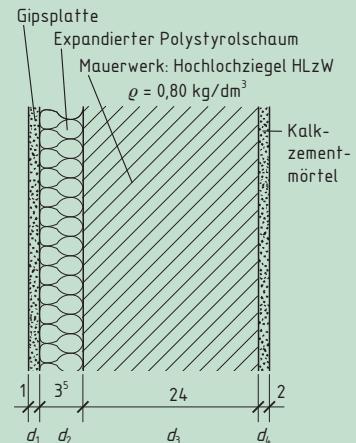
$$\vartheta_3 = 18,6^\circ\text{C} - 0,04 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \cdot 10,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 18,2^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_4 = 18,2^\circ\text{C} - 1,129 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \cdot 10,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 5,8^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_5 = 5,8^\circ\text{C} - 0,923 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \cdot 10,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = -4,3^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_6 = -4,3^\circ\text{C} - 0,020 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \cdot 10,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = -4,5^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_7 = -4,5^\circ\text{C} - 0,040 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \cdot 10,95 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = -4,9^\circ\text{C} \sim 5,0^\circ\text{C}$$



Beispiel 2

Berechnen Sie die Wärmestromdichte einer Wand, mit einem U -Wert von $0,62 \text{ W/m}^2 \text{K}$, einer Raumtemperatur von 20°C und einer Außenlufttemperatur von -12°C .

$$q = U(\vartheta_i - \vartheta_e) = 0,62 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \cdot (20^\circ\text{C} - (-12^\circ\text{C})) = 0,62 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \cdot 32 \text{ K} = 19,84 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

26.3 Wärmeschutznachweis nach dem Gebäudeenergiegesetz



- Berücksichtigt bauphysikalische Größen,
- verlangt die Einhaltung von Mindestwerten des Wärmedurchlasswiderstandes R von Bauteilen,
- schützt die Baustoffe und Bauteile vor Durchfeuchtung, zu großen thermischen Spannungen und vermeidet Korrosion, Fäulnis sowie Schimmelbildung.

- Fordert einen energiesparenden Wärmeschutz,
- verlangt die Einhaltung eines Jahres-Primärenergiebedarfs,
- schützt vor zu großen Umweltbelastungen durch die Reduzierung des Ausstoßes von
 - Kohlenstoffdioxid (CO_2),
 - Schwefeldioxid (SO_2) und
 - Stickoxid (NO_x).

Sowohl die Vorgaben der DIN 4108 als auch die Vorgaben dem GEG müssen eingehalten werden.

Der Nachweis nach dem GEG kann erfolgen nach dem:

Monatsbilanzverfahren (MB-Verfahren)	Bauteilverfahren (BT-Verfahren)
<p>Bei diesem Verfahren werden nicht nur die Wärmeverluste, sondern auch die Wärmegewinne monatlich erfasst und einander gegenübergestellt. Sind die Wärmeverluste größer als die Wärmegewinne, beginnt die Heizperiode. Die Größe der Verluste richtet sich nach dem Wärmedämmstandard, der technischen Ausgestaltung (z.B. Anlagentechnik) sowie dem geografischen Standort.</p> <p>Für Neubauten muss das MB-Verfahren angewandt werden.</p> <p>Beim MB-Verfahren können berücksichtigt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wintergärten, • transparente Wärmedämmung, • Energieinträge durch <ul style="list-style-type: none"> – Solarthermie, – Wärmepumpen, • Wärmebrücken, • maschinelle Lüftungssysteme mit und ohne Wärmerückgewinnung. 	<p>Bei diesem Verfahren reicht es für den energetischen Nachweis, den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) aller Bauteile, die an die Außenluft, an unbeheizte Räume oder an das Erdreich grenzen, zu bestimmen und sie mit den in Tabelle S. 283 ff. aufgeführten maximal zulässigen Werten zu vergleichen.</p> <p>Beim Bauteilverfahren finden keine Berücksichtigung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlagentechnik, • Lüftungswärmeverluste, • interne Wärmegewinne, • solare Wärmegewinne, • Standort und geografische Lage des Gebäudes, • Länge der Heizperiode, • alle sonstigen Tatbestände, die beim MB-Verfahren Berücksichtigung finden. <p>Nur die Bausubstanz geht in die Berechnung ein.</p> <p>Das BT-Verfahren darf nur für die Fälle einer energetischen Sanierung angewandt werden und nicht für Neubauten.</p>

Pauschale Temperatur-Korrekturfaktoren bei Anwendung des Monatsbilanzverfahrens nach DIN V 18599-2

Wärmestrom nach außen über	Kennung	Temperatur-Korrekturfaktor F_x
Außenwand, Fenster/Dach	F_e/F_D	1,0/1,0
Oberste Geschoßdecke an unbeheiztem Dachraum/Abseiten-/Drempelwand	F_D/F_u	0,80/0,80
Wände und Decken zu unbeheizten/niedrig beheizten Räumen	F_u/F_{nb}	0,50/0,35
Wand/Fenster zu unbeheiztem Glasvorbau mit: Einfachverglasung/Zweischeibenverglasung/Wärmeschutzverglasung	F_u	0,80/0,70/0,50
Fußboden des beheizten Kellers	$F_{f,b}$	0,15 ... 0,70 ¹⁾
Wand des beheizten Kellers	$F_{w,b}$	0,35 ... 0,75 ¹⁾
Fußboden auf dem Erdreich ohne Randdämmung	$F_{f,b}$	0,15 ... 0,80 ¹⁾
Fußboden auf dem Erdreich mit Randdämmung ≥ 5 m breit, waagerecht ²⁾ /≥ 2 m tief, senkrecht ²⁾	$F_{f,b}$	0,10 ... 0,60 ¹⁾ / 0,15 ... 0,65 ¹⁾
Kellerdecke/Innenwand zum unbeheizten Keller: Mit Perimeterdämmung ³⁾ /ohne Perimeterdämmung	F_G	0,25 ... 0,80 ¹⁾ / 0,30 ... 0,85 ¹⁾
Aufgeständerter Fußboden	F_G	0,90

¹⁾ Zahlenwert abhängig vom Wärmedurchlasswiderstand und den Abmessungen des Bauteils.

²⁾ Bei ungedämmter Bodenplatte und einer Randdämmung bis 5 m unterhalb der Bodenplatte oder 2 m senkrecht am äußersten Rand der Bodenplatte mit $R > 2$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)/W

³⁾ Perimeterdämmung der Kellerwände mit $R \geq 1,5$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)/W

Beispiel

Eine Kellerdecke mit $U = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ hat eine Fläche von 80 m^2 . Berechnen Sie den Transmissionswärmeverlust H_T .

$$H_T = F_x \cdot U \cdot A = 0,6 \cdot 0,75 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 80 \text{ m}^2 = 0,45 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 80 \text{ m}^2 = 36 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Der Wärmetransport verringert sich um 40 %.

Dass das Bauteil rechnerisch nur mit einem U -Wert von $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ in die Berechnung eingeht, liegt daran, dass im Winter der Wärmestrom zu diesem Raum geringer ist als zur Außenluft.

Je größer der Temperaturunterschied zu beiden Seiten eines Bauteils ist, desto größer ist der Wärmestrom und damit der Wärmeenergieverlust. In Heizkörpernischen (HKN) ist die Wärmestromdichte höher als im übrigen Wandbereich, da zwischen HKN und Nischenwand eine höhere Temperatur herrscht als im übrigen Wandbereich.

Der Transmissionswärmeverlust der einzelnen Bauteile wird meist tabellarisch erfasst. Das hat den Vorteil, dass durch die Erfassung des Ist-Zustandes von H_T der Sanierungsbedarf erkennbar wird. Bei Bauteilen mit hohem U -Wert und großer Fläche kann am wirkungsvollsten saniert werden.

Spezifischer, auf die gesamte Wärme übertragende Fläche bezogener Transmissionswärmeverlust H'_T

Bezieht man die Summe des spezifischen Transmissionswärmeverlustes aller Bauteile auf die gesamte wärmeübertragende Fläche aller dieser Bauteile, so erhält man den spezifischen Transmissionswärmeverlust H'_T . Dies ist der wichtigste auf die Bausubstanz bezogene Kennwert. Er wird auch als mittlerer U -Wert des gesamten beheizten Gebäudes bezeichnet.

a) Außenwände

$$\text{Ist-Zustand: } R_{T, AW} = 0,13 \frac{m^2K}{W} + \frac{0,015 m}{0,70 \frac{W}{mK}} + \frac{0,24 m}{1,1 \frac{W}{mK}} + \frac{0,05 m}{0,06 \frac{W}{mK}} + \frac{0,115 m}{0,96 \frac{W}{mK}} + 0,04 \frac{m^2K}{W} = 1,36 \frac{m^2K}{W}$$

$$U_{AW} = \frac{1}{1,36 \frac{m^2K}{W}} = 0,735 \frac{W}{m^2K} > U_{\max} = 0,24 \frac{W}{m^2K}$$

Sanierung: Da das zweischalige Mauerwerk von außen nur schlecht zu dämmen ist, bzw. sich eine völlig andere Fassadengestaltung ergeben würde, ist eine Innendämmung mit Calciumsilicatplatten auf den bestehenden Innenputz vorgesehen.

Bestimmung der Dicke der Calciumsilicatplatten

$$\begin{aligned} \frac{1}{U} &= R_{T, AW} + \frac{d_{\text{Dämmung}}}{\lambda_{\text{Dämmung}}} + \frac{d_{\text{Innenputz}}}{\lambda_{\text{Innenputz}}} \\ \frac{1}{0,24 \frac{W}{m^2K}} &= 1,36 \frac{m^2K}{W} + \frac{d_{\text{Dämmung}}}{0,06 \frac{W}{mK}} + \frac{0,015 m}{0,7 \frac{W}{mK}} \\ d_{\text{Dämmung}} &= 0,167 m \quad \rightarrow \text{gewählt: } d = 18 \text{ cm} \\ R_{T, AW} &= 1,36 \frac{m^2K}{W} + \frac{0,18 m}{0,06 \frac{W}{mK}} + \frac{0,015 m}{0,7 \frac{W}{mK}} = 4,38 \frac{m^2K}{W} \\ U_{AW} &= \frac{1}{4,38 \frac{m^2K}{W}} = 0,23 \frac{W}{m^2K} \end{aligned}$$

Bodenplatte

$$\text{Ist-Zustand: } R_{T, B} = 0,17 \frac{m^2K}{W} + \frac{0,015 m}{0,2 \frac{W}{mK}} + \frac{0,07 m}{1,4 \frac{W}{mK}} + \frac{0,04 m}{0,05 \frac{W}{mK}} + \frac{0,18 m}{2,5 \frac{W}{mK}} + 0,04 \frac{m^2K}{W} = 1,21 \frac{m^2K}{W}$$

$$U_B = \frac{1}{1,21 \frac{m^2K}{W}} = 0,83 \frac{W}{m^2K} > U_{\max} = 0,50 \frac{W}{m^2K}$$

Sanierung: Da die Dämmung nur auf der Warmseite aufgebracht werden kann $\Rightarrow U_{zul} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bestimmung der Dicke des Schaumglasses

$$\begin{aligned} \frac{1}{U} &= R_{T, B} + \frac{d_{\text{Dämmung}}}{\lambda_{\text{Dämmung}}} \\ \frac{1}{0,50 \frac{W}{m^2K}} &= 1,21 \frac{m^2K}{W} + \frac{d_{\text{Dämmung}}}{0,05 \frac{W}{mK}} \\ d_{\text{Dämmung}} &= 0,040 m \rightarrow \text{gewählt: } d = 4 \text{ cm} \\ R_{T, B} &= 1,21 \frac{m^2K}{W} + \frac{0,04 m}{0,05 \frac{W}{mK}} = 2,01 \frac{m^2K}{W} \\ U_{AW} &= \frac{1}{2,01 \frac{m^2K}{W}} = 0,50 \frac{W}{m^2K} \end{aligned}$$