

Anlage B2 des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, , wie geändert von Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Dezember 2016 zur Änderung des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

informelle Koordination - markierte Änderungen

Behandlung von Bauknoten

1 Anwendungsbereich

2 Definitionen

3 Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Bauknoten:
 $H_T^{\text{junctions}}$

3.1 OPTION A: detaillierte Methode

3.1.1 Numerische Berechnung des Gebäudes

3.1.2 Numerische Berechnung der Bauknoten

3.2 OPTION B: Methode der PEB-konformen Knoten

3.3 OPTION C: Pauschaler Zusatz

4 PEB-konforme Knoten

4.1 Grundregeln für ein Detail mit unbedeutender Wärmebrücke

4.1.1 GRUNDREGEL 1: durchlaufende Isolierschicht durch minimale Kontaktstärke

4.1.2 GRUNDREGEL 2: durchlaufende Isolierschicht durch Einfügung von einem oder mehreren isolierenden Elementen;

4.1.3 GRUNDREGEL 3: Mindestlänge des Weges mit dem geringsten Wärmewiderstand

4.2 Grenzwert für den Wärmeübertragungskoeffizienten der PEB-konformen Bauknoten

5 Standardwerte für den Wärmeübertragungskoeffizienten linearer und punktueller Bauknoten

1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang findet auf sämtliche Bauknoten eines Gebäudes Anwendung, ganz gleich, ob es sich um lineare Bauknoten oder punktuelle Bauknoten handelt. Folgende Situationen nehmen einen begrenzten Einfluss auf den Wärmeverlust und sind nicht Teil des Anwendungsbereiches vorliegenden Anhangs:

- der Schnittpunkt von zwei oder drei linearen Bauknoten;
- Bauknoten, die sich in der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche befinden, die das geschützte Volumen vom Boden abschirmt.

Die Membrane wie Dampfschutz, Luftschutz und Wasserschutz bleiben in diesem Anhang unbeachtet.

2 Definitionen

- **Validierte numerische Berechnung:** eine Berechnung, die den vom Minister festgelegten Validitätsanforderungen Genüge leistet;
- **Isolierschicht:** das Material in einer undurchsichtigen Zwischenwand der Wärmeverlustfläche, das den größten Wärmewiderstand aufweist.
Im Fall einer nicht homogenen Konstruktionsschicht wird der Wärmewiderstand mit Hilfe der durchschnittlichen flächenbezogenen Wärmeleitfähigkeit errechnet.
Die Schichten aufeinanderfolgender Materialien ohne dazwischen liegender Luftschicht und mit einer (durchschnittlichen) Wärmeleitfähigkeit von unter oder gleich $0,2 \text{ W/mK}$ müssen zu einer einzigen Konstruktionsschicht mit einem entsprechenden Wärmewiderstand verbunden werden. Der Wärmewiderstand wird nur für eine derartige Konstruktionsschicht als die Summe der Wärmewiderstände von konstitutiven Konstruktionsschichten errechnet.
Wenn eine undurchsichtige Zwischenwand aus einer einzigen Materialschicht besteht [selbst bei einer (durchschnittlichen) Wärmeleitfähigkeit von über $0,2 \text{ W/mK}$], wird diese Schicht bei der Inbetrachtung der Bauknoten als die Isolierschicht definiert;
- **Zwischenwand der Wärmeverlustfläche:** durchlaufende Konstruktion oder durchlaufender Teil einer Konstruktion, die/der die Trennung zwischen dem geschützten Volumen und der Außenumgebung, dem Boden, den unbeheizten technischen Zwischenräumen, den Kellern oder angrenzenden unbeheizten Räumen darstellt. Zwei Zwischenwände der Wärmeverlustfläche unterscheiden sich, sobald sich deren Zusammensetzung, Ausrichtung, Neigung und/oder Umgebung unterscheiden;
- **Lineare Bauknoten:** jede Stelle der Gebäudehülle, an der 2 Zwischenwände der Wärmeverlustfläche zusammenlaufen, an der eine Zwischenwand der

Wärmeverlustfläche und eine Zwischenwand an der Grenze zu einer anliegenden Parzelle zusammenlaufen, oder an der die Isolierschicht einer Zwischenwand der Wärmeverlustfläche linear von einem Material unterbrochen ist - selbst wenn dies nicht auf die gesamte Stärke zutrifft - dessen Wärmeleitfähigkeit größer ist als jene der Isolierschicht. Im dritten Fall muss der kürzeste Abstand zwischen den beiden Enden der Isolierschicht, an denen der ausgegebene Wärmeübertragungskoeffizient U der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche unverändert bleibt (im rechten Winkel zur linearen Unterbrechung gemessen), weniger oder gleich 0,4 m betragen.

Die linearen Unterbrechungen einer Zwischenwand der Wärmeverlustfläche, die auf der Fläche verteilt sind, sind keine Bauknoten. Ihr Einfluss muss in den Gesamtwärmewiderstand R_T oder in den Wärmeübertragungskoeffizienten U der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche einbezogen werden, entweder mit Hilfe einer vereinfachten Berechnungsmethode, oder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung;

- **Punktuelle Bauknoten:** jede Stelle der Gebäudehülle, an der die Isolierschicht einer Zwischenwand der Wärmeverlustfläche punktuell von einem Material unterbrochen wird, dessen Wärmeleitfähigkeit höher ist, als jene der Isolierschicht, selbst wenn dies nicht auf die gesamte Materialstärke zutrifft. Die punktuellen Unterbrechungen einer Zwischenwand der Wärmeverlustfläche, die auf der Fläche verteilt sind, sind keine Bauknoten. Ihr Einfluss muss in den Gesamtwärmewiderstand R_T oder in den Wärmeübertragungskoeffizienten U der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche einbezogen werden, entweder mit Hilfe einer vereinfachten Berechnungsmethode, oder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung. Öffnungen einer Zwischenwand der Wärmeverlustfläche, wie durch Lüftungsrohre, Rauchabzüge und sonstige Durchgänge (die sich nicht auf gleicher Ebene wie die Zwischenwand befinden), stellen keine punktuellen Bauknoten dar;

- **Längenbezogener Wärmeübertragungskoeffizient (Ψ):** Korrekturglied für die Referenzberechnung des stationären Wärmeflusses, um den Einfluss eines linearen Bauknotts oder einer linearen Verbindung in Betracht zu ziehen;
- **Punktuelle Wärmeübertragungskoeffizient (χ):** Korrekturglied für die Referenzberechnung des stationären Wärmeflusses, um den Einfluss eines punktuellen Bauknotts oder einer linearen Verbindung in Betracht zu ziehen;
- **Thermischer Reduzierkoeffizient (b):** Reduzierkoeffizient für die Wärmeübertragungskoeffizienten, der die Verringerung des Wärmeflusses nach außen über den Boden, unbeheizte Keller, technische Zwischenräume und unbeheizte angrenzende Räume in Betracht zieht;
- **Wärmeleitfähigkeit (λ):** Berechnungswert der Wärmemenge, die bei stationärer Wärmeleitung ein Materialelement mit einer Stärke von einem Meter und einer Fläche von einem m^2 pro Zeiteinheit und bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin zwischen den beiden Flächen des Materials durchläuft, sofern dieses die festgelegten spezifischen Innen- und Außenbedingungen erfüllt, die für die Leistungen des entsprechenden Produktes oder Materials als typisch angesehen werden können, wenn dieses in ein Konstruktionselement integriert ist.

3 Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Bauknoten: $H_T^{\text{junctions}}$

Zur Bestimmung des Gesamtwärmeübertragungskoeffizienten durch H_T -Übertragung muss der Einfluss der Bauknoten berücksichtigt werden. Der Gesamtwärmeübertragungskoeffizient durch H_T -Übertragung wird zur Bestimmung von Niveau K und Niveau Ew genutzt.

Der Einfluss des Wärmetransports über die Bauknoten wird in Punkt 7.7 der Anlage I des vorliegenden Erlasses (Methode zur Bestimmung der primären Energieverbrauchsstufe von Wohngebäuden) durch den Wärmeübertragungskoeffizienten durch Wärmeübertragung über Bauknoten, $H_T^{\text{junctions}}$, bestimmt. Dieses Glied wird pro Energiebereich errechnet.

Die Berechnungsmethode für $H_T^{\text{junctions}}$ kann nach Wunsch unter den drei nachstehend aufgeführten Möglichkeiten ausgewählt werden, muss jedoch für sämtliche Energiebereiche, die demselben geschützten Volumen angehören, identisch sein:

- OPTION A: detaillierte Methode (3.1);
- OPTION B: Methode der PEB-konformen Knoten (3.2);
- OPTION C: Pauschaler Zuschlag (3.3).

3.1 OPTION A: detaillierte Methode

3.1.1 Numerische Berechnung des Gebäudes

Der dreidimensionale Wärmeübertragungskoeffizient durch H_T^{3D} -Übertragung wird direkt auf Grundlage einer validierten numerischen Berechnung für das gesamte Gebäude oder einen Teil des Gebäudes ermittelt. Zur Berechnung wird der Einfluss aller Bauknoten berücksichtigt. In diesem Fall lautet die Formel wie folgt:

$$H_T^{\text{junctions}} = H_T^{3D} - (H_D^{\text{constructions}} + H_G^{\text{constructions}} + H_U^{\text{constructions}}) \left[\frac{W}{K} \right]$$

bei:

- $H_D^{\text{constructions}}$ (W/K): Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche mit direktem Kontakt mit der Außenumgebung;
- $H_G^{\text{constructions}}$ (W/K): Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche mit direktem Kontakt mit den angrenzenden unbeheizten Räumen;

- $H_D^{\text{constructions}}$ (W/K): Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche mit direktem Kontakt mit dem Boden und den unbeheizten Kellern und Belüftungshohlräumen.

$H_D^{\text{constructions}}$, $H_G^{\text{constructions}}$ und $H_U^{\text{constructions}}$ werden gemäß Anlage VII des vorliegenden Erlasses bestimmt.

3.1.2 Numerische Berechnung der Bauknoten

Die numerische Berechnung des Wärmeübertragungskoeffizienten durch Übertragung, bei der sämtliche Bauknoten berücksichtigt werden, erfolgt nach folgender Formel:

$$H_T^{\text{junctions}} = \sum_k \frac{l_k \cdot b_k \cdot \Psi_{e,k}}{n_k} + \sum_l \frac{b_l \cdot \chi_{e,l}}{n_l} \quad \left[\frac{W}{K} \right]$$

mit:

- l_k Gesamtlänge des linearen Bauknotens, die entsprechend den Außenabmessungen in m bestimmt wird;
- $\Psi_{e,k}$ längenbezogener Wärmeübertragungskoeffizient, der entweder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung bestimmt wird, oder dem Standardwert der Tabelle 2 Standardwerte für lineare Bauknoten in W/m.K entspricht;
- $\chi_{e,l}$ punktueller Wärmeübertragungskoeffizient, der entweder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung bestimmt wird, oder dem Standardwert der Tabelle 3 Standardwerte für punktuelle Bauknoten in W/K entspricht;
- b_k und b_l thermische Reduzierkoeffizienten, die gemäß Tabelle 8 des Anhangs B1 des vorliegenden Erlasses bestimmt werden. Wenn ein Bauknoten an 2 oder mehrere Umgebungen angrenzt, die nicht dem geschützten Volumen angehören (Außenumgebung, angrenzender unbeheizter Raum, unbeheizter Keller oder Belüftungshohlräume), findet der größte dieser Reduzierkoeffizienten Anwendung;
- n_k und n_l die Anzahl an Energiebereichen und Gebäudeteilen mit einer anderen Bestimmung, die an einen linearen Bauknoten k oder einen punktuellen Bauknoten l angrenzen.

Bei der Addition müssen sämtliche linearen Bauknoten k und sämtliche punktuellen Bauknoten l berücksichtigt werden.

3.2 OPTION B: Methode der PEB-konformen Knoten

Bei Option B werden alle Bauknoten des Gebäudes in PEB-konforme Knoten und nicht PEB-konforme Knoten eingeteilt (beide werden in § 4 erläutert).

Der Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Bauknoten, $H_T^{\text{junctions}}$ wird wie folgt bestimmt:

$$H_T^{\text{junctions}} = \max (0; H_{T,1}^{\text{junctions}} + H_{T,2}^{\text{junctions}}) \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

mit:

- $H_{T,1}^{\text{junctions}}$ Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die PEB-konformen Knoten in W/K;
- $H_{T,2}^{\text{junctions}}$ Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die nicht PEB-konformen Knoten und die PEB-konformen Knoten, deren Ψ_e ($\leq \Psi_{e,lim}$) bekannt ist und deren Höchstleistungen in W/K berücksichtigt werden sollen.

$H_{T,1}^{\text{junctions}}$ findet nur in Bezug auf die PEB-konformen Knoten Anwendung und wird wie folgt bestimmt:

$$H_{T,1}^{\text{junctions}} = \Delta U_B \cdot \sum_i b_i \cdot A_i \quad \text{mit} \quad \Delta U_B = \begin{cases} \frac{\Delta K_B}{100} & \text{avec } C \leq 1 \\ \frac{\Delta K_B \cdot (C+2)}{300} & \text{avec } 1 < C < 4 \\ \frac{\Delta K_B}{50} & \text{avec } 4 \leq C \end{cases} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

mit:

- A_i Oberfläche der Zwischenwand i der Wärmeverlustfläche des betroffenen Energiebereiches, der aufgrund seiner Außenabmessungen in m^2 bestimmt wird;
- b_i thermischer Reduzierkoeffizient, der gemäß Tabelle 8 des Anhangs B1 des vorliegenden Erlasses bestimmt wird ;
- C Dichte des geschützten Volumens in m ;
- $\Delta K_B = 3$ (-).

Sämtliche Zwischenwände i der Wärmeverlustfläche des betroffenen Energiebereiches müssen bei der Addition für die Berechnung von $H_{T,1}^{\text{junctions}}$ berücksichtigt werden.

Die Verwendung von $H_{T,2}^{\text{junctions}}$ ist obligatorisch für die nicht PEB-konformen Knoten und optional für die linearen PEB-konformen Knoten, deren $\Psi_{e,k}$ ($\leq \Psi_{e,k,\text{lim}}$) bekannt ist und deren Höchstleistungen berücksichtigt werden sollen. In beiden Fällen findet folgende Formel Anwendung:

$$H_{T,2}^{\text{junctions}} = \sum_k \frac{l_k \cdot b_k \cdot (\Psi_{e,k} - \Psi_{e,k,\text{lim}})}{n_k} + \sum_l \frac{b_l \cdot \chi_{e,l}}{n_l} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$

mit:

- l_k Gesamtlänge des linearen Bauknotens, die entsprechend den Außenabmessungen in m bestimmt wird;
- $\Psi_{e,k,\text{lim}}$ Grenzwert eines linearen Bauknotens analogen Typs gemäß der Tabelle 1 Grenzwerte der Koeffizienten längenbezogener Leitfähigkeit Ψ_e in W/m.K;
- $\Psi_{e,k}$ längenbezogener Wärmeübertragungskoeffizient, der entweder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung bestimmt wird oder dem Standardwert der Tabelle 2 Standardwerte für lineare Bauknoten in W/m.K entspricht;
- $\chi_{e,l}$ punktueller Wärmeübertragungskoeffizient, der entweder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung bestimmt wird oder dem Standardwert der Tabelle 3 Standardwerte für punktuelle Bauknoten in W/K entspricht;
- b_k und b_l thermische Reduzierkoeffizienten, die gemäß Tabelle 8 des Anhangs B1 des vorliegenden Erlasses bestimmt werden ;
- n_k und n_l die Anzahl an Energiebereichen und Gebäudeteilen mit einer anderen Bestimmung, die an einen linearen Bauknoten k oder einen punktuellen Bauknoten l angrenzen.

Sämtliche nicht PEB-konformen Knoten müssen obligatorisch bei der Addition zur Berechnung von $H_{T,2}^{\text{junctions}}$ berücksichtigt werden. Die PEB-konformen Knoten, deren $\Psi_{e,k}$ ($\leq \Psi_{e,k,\text{lim}}$) bekannt ist und deren Höchstleistungen berücksichtigt werden sollen, können bei der Addition zur Berechnung von $H_{T,2}^{\text{junctions}}$ berücksichtigt werden.

3.3 OPTION C: Pauschaler Zusatz

Wenn weder die detaillierte Methode noch die Methode der PEB-konformen Knoten angewendet wird, wird $H_T^{\text{junctions}}$ wie folgt bestimmt:

$$H_T^{\text{junctions}} = \Delta U_C \cdot \sum_i b_i \cdot A_i \quad \text{mit} \quad \Delta U_C = \begin{cases} \frac{\Delta K_C}{100} & \text{avec } C \leq 1 \\ \frac{\Delta K_C \cdot (C+2)}{300} & \text{avec } 1 < C < 4 \\ \frac{\Delta K_C}{50} & \text{avec } 4 \leq C \end{cases} \quad \left[\frac{W}{K} \right]$$

mit:

- A_i Oberfläche der Zwischenwand i der Wärmeverlustfläche des betroffenen Energiebereiches, die aufgrund ihrer Außenabmessungen in m^2 bestimmt wird;
- b_i thermischer Reduzierkoeffizient, der gemäß Tabelle 8 des Anhangs B1 des vorliegenden Erlasses bestimmt wird ;
- C Dichte des geschützten Volumens in m;
- ΔK_C = 10 (-).

Sämtliche Zwischenwände i der Wärmeverlustfläche des betroffenen Energiebereiches müssen bei der Addition für die Berechnungen von $H_T^{\text{junctions}}$ in Betracht gezogen werden.

4 PEB-konforme Knoten

Ein PEB-konformer Knoten ist ein Bauknoten, der wenigstens eine der beiden nachstehenden Bedingungen erfüllt:

- der Bauknoten genügt einer der Grundregeln für ein Detail mit unbedeutender Wärmebrücke (0);
- der längenbezogene Wärmeübertragungskoeffizient des Bauknotens liegt unter oder gleich dem angewandten Grenzwert: $\Psi_e \leq \Psi_{e,lim} (0)$.

Ein Bauknoten, der nicht eine der beiden oben aufgeführten Bedingungen erfüllt, wird als nicht PEB-konformer Knoten angesehen.

4.1 Grundregeln für ein Detail mit unbedeutender Wärmebrücke

Ein Bauknoten kann als ein PEB-konformer Knoten (Detail mit unbedeutender Wärmebrücke) angesehen werden, wenn er einer der drei nachstehenden Regeln genügt:

- GRUNDREGEL 1: durchlaufende Isolierschicht durch eine minimale Kontaktstärke (4.1.1);
- GRUNDREGEL 2: durchlaufende Isolierschicht durch Einfügung von einem oder mehreren isolierenden Element(en) (4.1.2);
- GRUNDREGEL 3: Mindestlänge des Weges mit dem geringsten Wärmewiderstand (4.1.3).

Im Fall eines Bauknotens zwischen einer Zwischenwand einer Wärmeverlustfläche und einer Trennwand zu einer angrenzenden Parzelle behalten die Grundregeln ebenfalls Gültigkeit. Somit muss eine der beiden Wände der Wärmeverlustfläche durch die Trennwand zur angrenzenden Parzelle ersetzt werden.

4.1.1 GRUNDREGEL 1: durchlaufende Isolierschicht durch minimale Kontaktstärke

Ein Bauknoten an einer Verbindungsstelle wird als PEB-konformer Knoten angesehen, wenn die Isolierschichten der beiden Zwischenwände der Wärmeverlustfläche zumindest teilweise und direkt miteinander verbunden sind. Die Kontaktstärke der Isolierschichten (d_{contact}) muss folgende Bedingung erfüllen:

$$d_{\text{contact}} \geq \min (d_1/2 ; d_2/2)$$

mit:

- d_{contact} Kontaktstärke, die als Verbindungsstärke zwischen den Isolierschichten definiert wird und die zwischen der warmen und der kalten Oberfläche in m gemessen wird (Abbildung 1 - Kontinuität der Isolierschicht der beiden Zwischenwände (Dicken d_1 und d_2) der Wärmeverlustfläche durch eine minimale Kontaktstärke d_{contact}).
-);
- d_1 und d_2 jeweilige Dicken der Isolierschichten der zwei Zwischenwände der Wärmeverlustfläche (Abbildung 1 - Kontinuität der Isolierschicht der beiden Zwischenwände (Dicken d_1 und d_2) der Wärmeverlustfläche durch eine minimale Kontaktstärke d_{contact}).
-) in m.
Im Fall von nicht thermisch getrennten Fenster- oder Türstöcken entspricht der Wert d_1 der Dicke des festen Fenster- oder Türstocks, der im rechten Winkel zur Glasfläche (Abbildung 2 - Grundregel 1 für nicht thermisch getrennte Fenster- oder Türrahmen) gemessen wird.

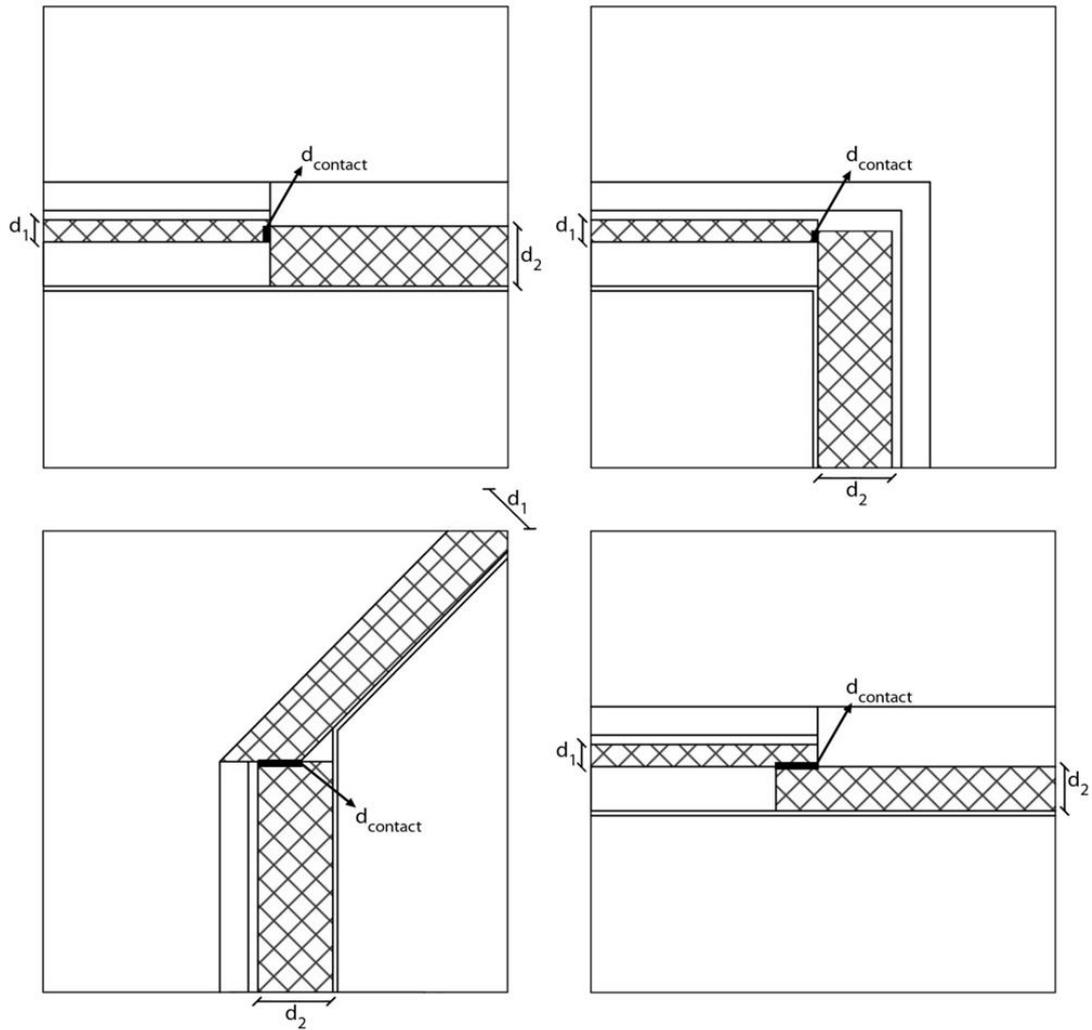


Abbildung 1 - Kontinuität der Isolierschicht der beiden Zwischenwände (Dicken d_1 und d_2) der Wärmeverlustfläche durch eine minimale Kontaktdicke d_{contact} .

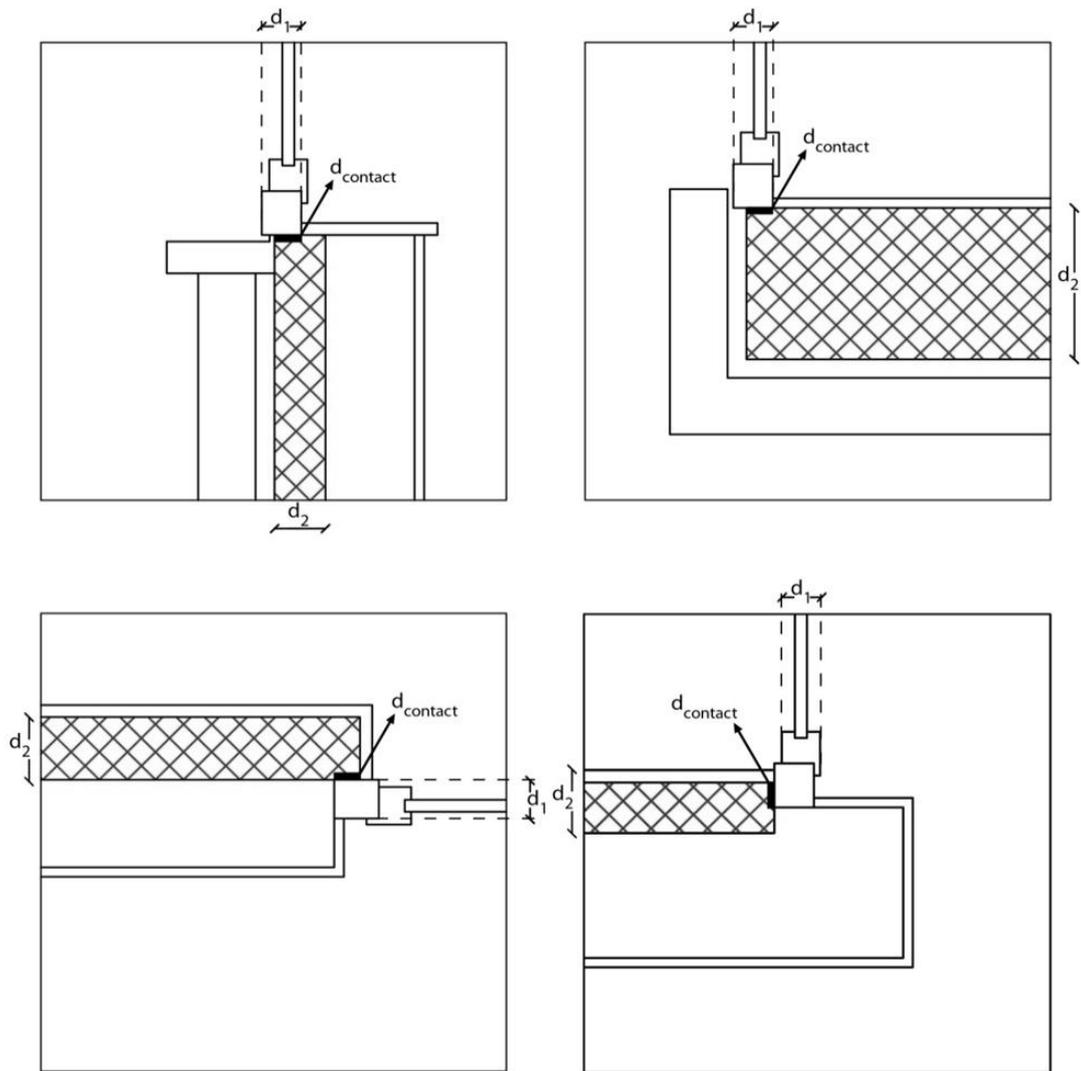


Abbildung 2 - Grundregel 1 für nicht thermisch getrennte Fenster- oder Türrahmen

Ausnahme: thermisch getrennte Fenster- oder Türrahmen

Im Fall von thermisch getrennten Fenster- oder Türrahmen muss die Isolierschicht direkt an die thermische Trennung anliegen und dies auf die gesamte Stärke der thermischen Trennung (Abbildung 3 - Grundregel 1 für thermisch getrennte Fenster- oder Türrahmen).

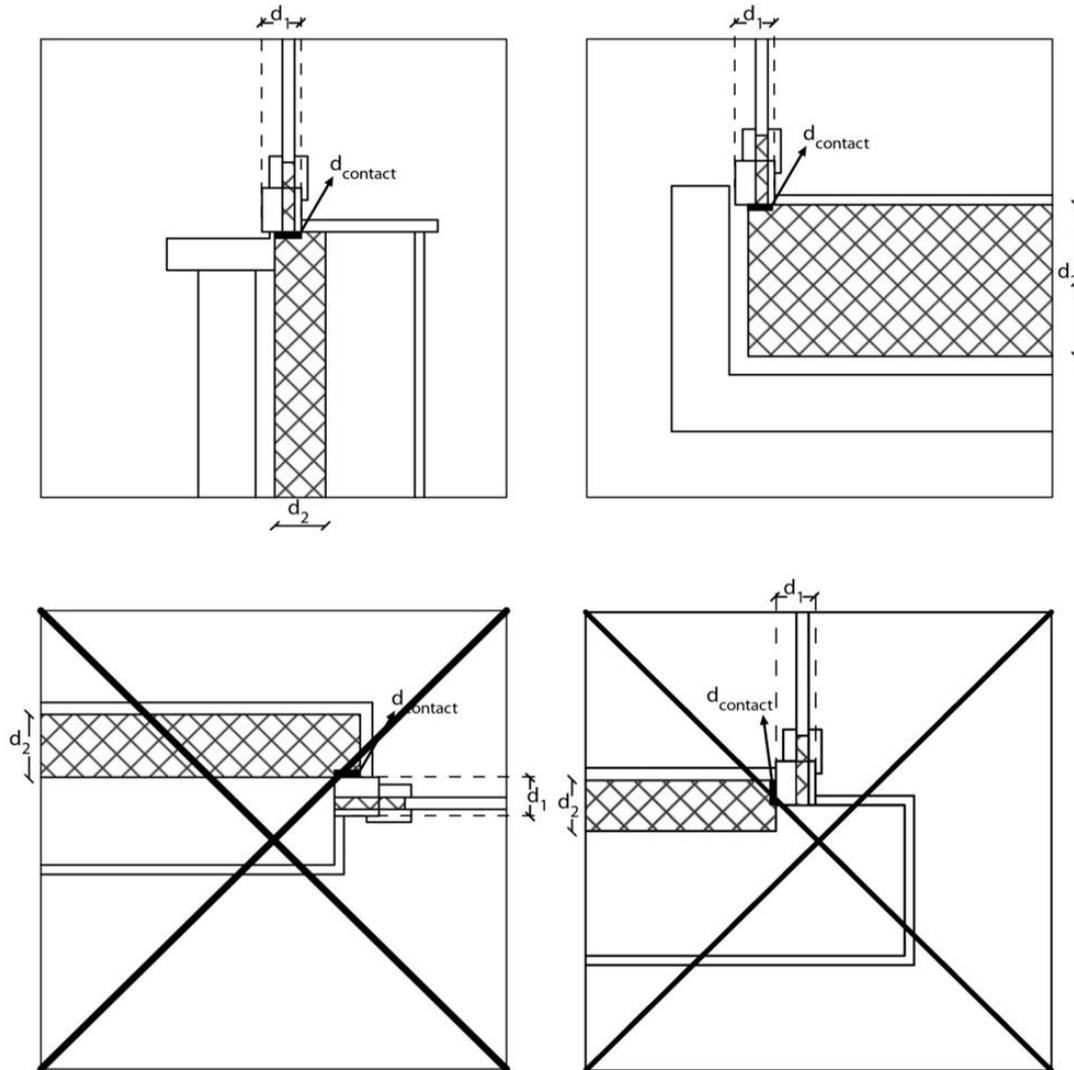


Abbildung 3 - Grundregel 1 für thermisch getrennte Fenster- oder Türrahmen

4.1.2 GRUNDREGEL 2: durchlaufende Isolierschicht durch Einfügung von einem oder mehreren isolierenden Elementen;

Ein Bauknoten wird als ein PEB-konformer Knoten angesehen, wenn ein oder mehrere isolierende Elemente eingefügt sind, die jeder der nachstehend aufgeführten Anforderungen genügen:

- die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{insulating part}}$ der isolierenden Elemente ist niedriger oder gleich $0,2 \text{ W/mK}$ (0);
- der Wärmewiderstand R der isolierenden Elemente, der im rechten Winkel zur thermischen Trennlinie gemessen wird, ist höher oder gleich dem kleinsten der Werte $R_1/2$, $R_2/2$ und $2 \text{ m}^2\text{K/W}$ (0);
- an jeder Verbindung i zwischen einem isolierenden Element und der Isolierschicht oder zwischen zwei isolierenden Elementen untereinander ist die Kontaktdicke $d_{\text{contact},i}$ größer oder gleich der Mindestkontaktfläche (0).

Im rechten Winkel zur thermischen Trennlinie aufeinander folgende Materialien ohne jegliche Luftschicht und mit einer Wärmeleitfähigkeit λ_i jedes Materials unter oder gleich $0,2 \text{ W/m.K}$ können als ein gleichmäßig isolierendes Element angesehen werden, dessen Stärke $d_{\text{insulating part}}$ und Wärmewiderstand R mit der Summe der Stärken d_i (im rechten Winkel zur thermischen Trennlinie gemessen) der unterschiedlichen Materialien und der Summe der verschiedenen Wärmewiderstände $R_i = d_i/\lambda_i$ identisch sind.

4.1.2.1 Anforderung für die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{insulating part}}$ jedes isolierenden Elementes

Die Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{insulating part}}$ aller isolierenden Elemente muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\lambda_{\text{insulating part}} \leq 0,2 \text{ W/m.K}$$

mit:

- $\lambda_{\text{insulating part}}$ Wärmeleitfähigkeit eines isolierenden Elementes, die gemäß den Spezifikationen des Ministers in W/m.K ausgedrückt wird.

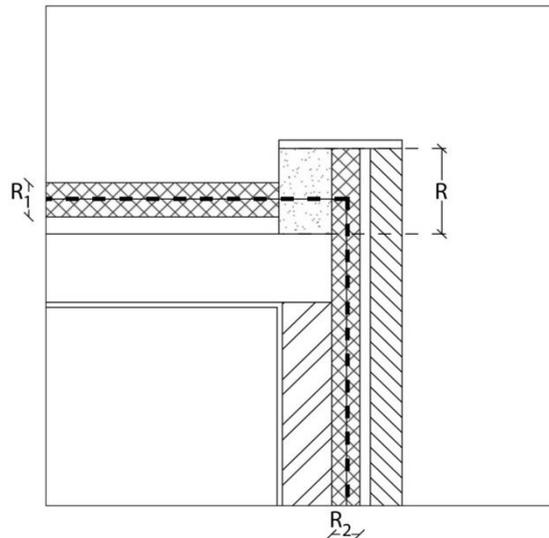
Mechanische Befestigungen mit einer Wärmeleitfähigkeit von über $0,2 \text{ W/m.K}$, die die kalte Seite eines isolierenden Elements direkt mit der warmen Seite des isolierenden Elements verbinden, sind nur zugelassen, wenn die kumulierte Fläche der Befestigungen nicht mehr als 1 cm^2 pro laufenden Meter des Bauknotens beträgt.

Lokale Unterbrechungen eines isolierenden Elements durch ein anderes Material mit einer Wärmeleitfähigkeit von unter 0,2 W/m.K sind zugelassen, wenn die Volumenproportion des anderen Materials weniger oder gleich 10 % pro laufenden Meter des linearen Bauknotens beträgt.

4.1.2.2 Anforderung für den Wärmewiderstand R jedes isolierenden Elementes

Der Wärmewiderstand R der isolierenden Elemente, der im rechten Winkel zur thermischen Trennlinie gemessen wird, muss höher oder gleich dem kleinsten der Werte $R_1/2$, $R_2/2$ und $2 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ sein;

$$R \geq \min (R_1/2 ; R_2/2 ; 2)$$



mit:

- R Wärmewiderstand eines isolierenden Elementes in $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, der wie folgt definiert wird:

$$R = \frac{d_{\text{insulating part}}}{\lambda_{\text{insulating part}}} \quad \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

mit:

- $d_{\text{insulating part}}$: Stärke des isolierenden Elementes, die im rechten Winkel zur thermischen Trennlinie in m gemessen wird.

Im Fall eines nicht rechtwinkligen isolierenden Elements, wird $d_{\text{insulating part}}$ als die kürzeste Distanz zwischen den kalten und warmen Seiten eines isolierenden Elementes definiert;

- $\lambda_{\text{insulating part}}$: Wärmeleitfähigkeit des isolierenden Elementes, wie gemäß Anlage VII des vorliegenden Erlasses in W/m.K definiert und bestimmt.

- Thermische Trennlinie: Linie, die die isolierenden Elemente durchläuft und zwei isolierende Schichten verbindet und so parallel wie möglich zu den isolierenden Schichten und Elementen liegt, die sie durchläuft (Abbildung 4 - Richtung der Messung des Wärmewiderstandes R der isolierenden Elemente
-).

Im Fall von thermisch getrennten Fenster- oder Türstöcken muss die thermische Trennlinie die thermische Trennung des Stocks durchlaufen.

- R_1 und R_2 Wärmewiderstände der isolierenden Schichten der angrenzenden Zwischenwände der Wärmeverlustfläche, wie gemäß Anlage VII des vorliegenden Erlasses in $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ definiert und bestimmt.

Der Verlauf der thermischen Trennlinie und die Bedeutung der Parameter R_1 , R_2 und R sind in Abbildung 4 - Richtung der Messung des Wärmewiderstandes R der isolierenden Elemente dargestellt. Wenn die thermische Trennlinie das isolierende Element in mehreren Richtungen durchläuft, müssen die für jede dieser Richtungen bestimmten Wärmewiderstände den Anforderungen genügen (Abbildung 4 - Richtung der Messung des Wärmewiderstandes R der isolierenden Elemente - unten rechts).

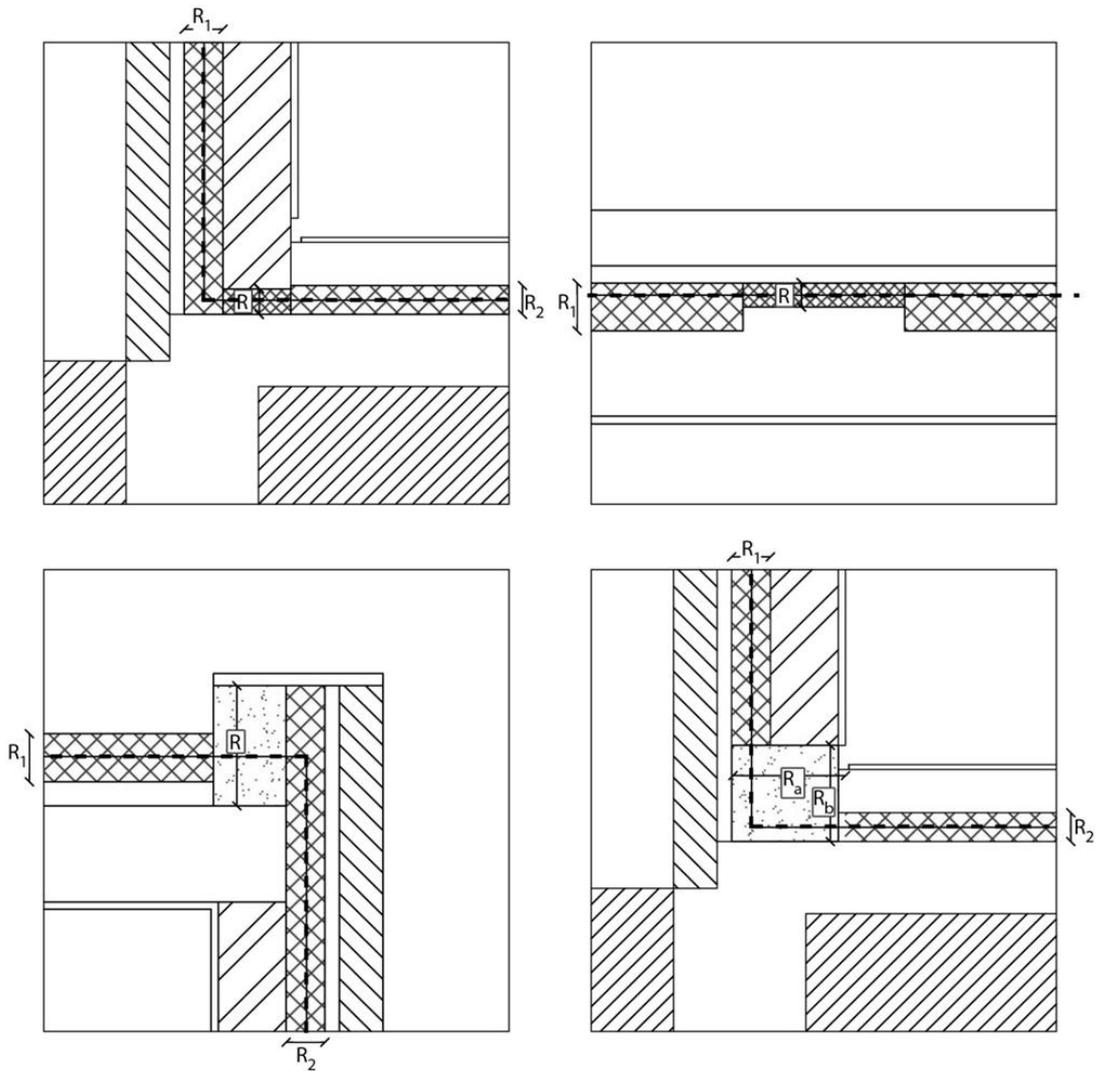


Abbildung 4 - Richtung der Messung des Wärmewiderstandes R der isolierenden Elemente

Ausnahme: Fenster- oder Türstock

Bezüglich der Verbindungen zu Fenstern und Türen muss der Wärmewiderstand jedes isolierenden Elements (im rechten Winkel zur thermischen Trennlinie gemessen) höher oder gleich den kleinsten der Werte $1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ und $R_1/2$ sein, wobei R_1 dem Wärmewiderstand der isolierenden Schicht der angrenzenden Zwischenwand der Wärmeverlustfläche entspricht, der gemäß den Spezifikationen des Ministers bestimmt wird:

$$R \geq \min (R_1/2 ; R_2/1,5 ; 2)$$

4.1.2.3 Anforderungen in Bezug auf die Kontaktdicke zwischen der Isolierschicht und einem isolierenden Element oder zwischen zwei isolierenden Elementen untereinander.

An jeder Verbindung i zwischen einer isolierenden Schicht und einem isolierenden Element oder zwischen zwei isolierenden Elementen untereinander, muss die Kontaktdicke $d_{\text{contact},i}$ folgender Anforderung genügen:

$$d_{\text{contact},i} \geq \min (d_{\text{insulating part}}/2 ; d_x/2)$$

mit:

- $d_{\text{contact},i}$ Kontaktdicke an der Anschlussstelle i , die als die Länge des direkten Kontaktes zwischen der isolierenden Schicht und dem isolierenden Element oder zwischen zwei isolierenden Elementen untereinander definiert und die zwischen der warmen und kalten Fläche (Abbildung 5 - Anforderung für die Kontaktdicke d_{contact} jeder Verbindung.
-) in m gemessen wird;
- $d_{\text{insulating part}}$: die Stärke des isolierenden Elements, wie in Punkt 0 definiert;
- d_x Stärke der isolierenden Schicht oder des verbundenen isolierenden Elements (Abbildung 5 - Anforderung für die Kontaktdicke d_{contact} jeder Verbindung.
-) in m. Im Fall einer Verbindung eines isolierenden Elements mit einem nicht thermisch getrennten Fenster- oder Türstock, entspricht der Wert d_x der Stärke des festen Rahmens des Fenster- oder Türstocks, der im rechten Winkel zur Glasfläche gemessen wird.

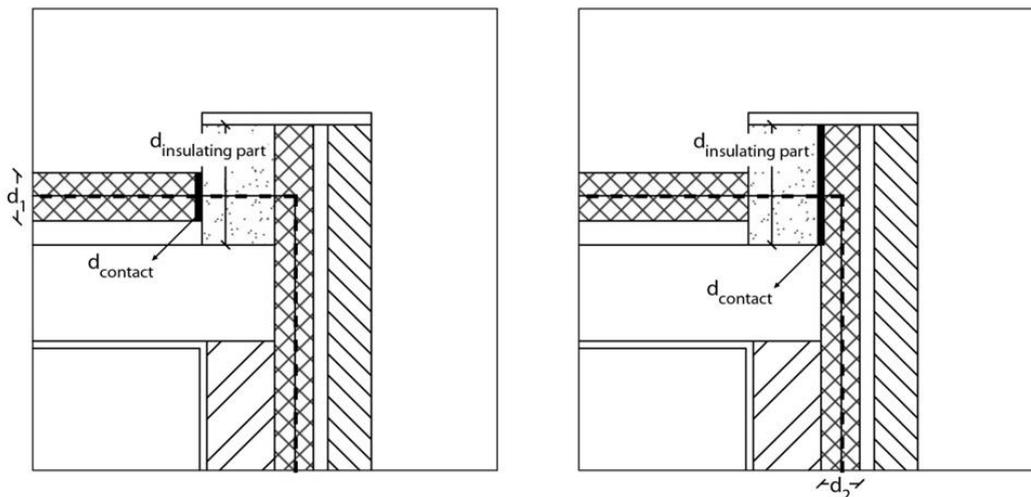


Abbildung 5 - Anforderung für die Kontaktdicke d_{contact} jeder Verbindung.

Ausnahme: thermisch getrennte Fenster- oder Türstöcke

Bezüglich der thermisch getrennten Fenster- oder Türstöcke muss das isolierende Element an der Anschlussstelle zwischen dem isolierenden Element und dem Fenster- oder Türstock direkt an der thermischen Trennung anliegen und dies auf die gesamte Dicke der thermischen Trennung.

4.1.3 GRUNDREGEL 3: Mindestlänge des Weges mit dem geringsten Wärmewiderstand

Der Weg mit dem geringsten Wärmewiderstand wird als die kürzeste Strecke zwischen der Innen- und der Außenumgebung oder einem angrenzenden unbeheizten Raum angesehen, der nirgends eine Isolierschicht oder ein isolierendes Element unterbricht, das einen Wärmewiderstand von mehr oder gleich dem kleinsten Wert zwischen R_1 und R_2 aufweist, wobei R_1 und R_2 die Wärmewiderstände der Isolierschichten der zwei angrenzenden Zwischenwände der Wärmeverlustfläche darstellen, wie gemäß den Spezifikationen des Ministers in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ bestimmt.

Die Gesamtlänge l_i des Weges des geringsten Wärmewiderstandes muss folgende Bedingung erfüllen:

$$l_i \geq 1 \text{ m}$$

4.2 Grenzwert für den Wärmeübertragungskoeffizienten der PEB-konformen Bauknoten

Wenn eine validierte numerische Berechnung ergibt, dass der Wert Ψ_e des linearen Bauknotens weniger oder gleich dem entsprechenden Wert $\Psi_{e,lim}$, wie in Tabelle 1 angegeben, entspricht, wird der lineare Bauknoten als ein PEB-konformer Knoten angesehen.

Bei einem linearen Bauknoten, der sich an der Grenze zu zwei oder mehreren geschützten Volumen befindet, muss jeder Teil des Wertes Ψ_e (ausschließlich mit Hilfe validierter numerischer Berechnungen erhalten) des linearen Bauknotens weniger als oder gleich $\Psi_{e,lim}$ betragen, geteilt durch die Anzahl geschützter Volumen, von denen der lineare Bauknoten betroffen ist.

Im Fall einer Kombination aus mehreren Arten linearer Bauknoten, deren besondere Typologien nur schwer zu unterscheiden sind, kann für diese Kombination mit Hilfe einer numerischen Berechnung ein Gesamtwert Ψ_e bestimmt werden. Um als ein PEB-konformer Knoten betrachtet zu werden, muss der Gesamtwert Ψ_e kleiner oder gleich der Summe der Werte $\Psi_{e,lim}$ der vorhandenen Typologien sein.

Tabelle 1 Grenzwerte der Koeffizienten längenbezogener Leitfähigkeit

Ψ_e

$\Psi_{e,lim}$	
1. AUSSPRINGENDER WINKEL (1) (2) <ul style="list-style-type: none"> • 2 Mauern • Sonstige ausspringende Winkel 	-0,10 W/m.K -0,10 W/m.K
2. EINSRINGENDER WINKEL (3)	-0,10 W/m.K
3. VERBINDUNGEN an FENSTERN und TÜREN	-0,10 W/m.K
4. FUNDAMENTAUFLAGER	-0,10 W/m.K
5. BALKONE - VORDÄCHER	-0,10 W/m.K
6. VERBINDUNGEN DER ZWISCHENWÄNDE EINES GLEICHEN GESCHÜTZTEN VOLUMENS ODER ZWISCHEN 2 UNTERSCHIEDLICHEN GESCHÜTZTEN VOLUMEN MIT EINER ZWISCHENWAND DER WÄRMEVERLUSTFLÄCHE	-0,10 W/m.K
7. SÄMTLICHE KNOTEN, DIE NICHT IN DIE KATEGORIEN 1 bis 6 FALLEN	-0,10 W/m.K
<p>(1) Mit Ausnahme der Fundamentauflager</p> <p>(2) Bei einem „ausspringenden Winkel“ muss der Winkel α (zwischen den beiden Außenseiten der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche gemessen) folgender Formel genügen: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$.</p> <p>(3) Bei einem „einspringenden Winkel“ muss der Winkel α (zwischen den beiden Außenseiten der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche gemessen) folgender Formel genügen: $0^\circ < \alpha < 180^\circ$.</p>	

5 Standardwerte für den Wärmeübertragungskoeffizienten linearer und punktueller Bauknoten

Unter 0 und 0 können die Standardwerte für die punktuellen Wärmeübertragungskoeffizienten χ_e verwendet werden. Diese sind in den Tabelle 2 Standardwerte für lineare Bauknoten und Tabelle 3 Standardwerte für punktuellen Bauknoten aufgeführt.

Bei einem linearen Bauknoten, der sich an der Grenze zu zwei oder mehreren geschützten Volumen befindet, wird der Standardwert jedes in Tabelle 2 oder 3 aufgeführten Teils durch die Anzahl geschützter Volumen geteilt, von denen der lineare Bauknoten betroffen ist.

Im Fall einer Kombination aus mehreren Arten linearer Bauknoten, deren besondere Typologien nur schwer zu unterscheiden sind, kann für diese Kombination ein Gesamtstandardwert bestimmt werden. Dieser entspricht der Summe der Standardwerte der bestehenden Typologien.

Tabelle 2 Standardwerte für lineare Bauknoten

1. Nicht thermisch getrennte Bauknoten mit linearen Strukturverbindungen aus Stahl oder Stahlbeton	$0,90 + \Psi_{e,lim} (*) \text{ W/m.K}$
2. Thermisch getrennte Bauknoten mit punktuellen Strukturverbindungen aus Metall	$0,40 + \Psi_{e,lim} (*) \text{ W/m.K}$
3. Sonstige	$0,15 + \Psi_{e,lim} (*) \text{ W/m.K}$
(*) $\Psi_{e,lim}$ der Tabelle 1 Grenzwerte der Koeffizienten längenbezogener Leitfähigkeit Ψ_e	

Tabelle 3 Standardwerte für punktuelle Bauknoten

1. Unterbrechung der Isolierschicht durch Metallelemente (z = Seitenlänge des Quadrats mit der Durchführung in m)	$4,7 * z + 0.03 \text{ W/K}$
2. Unterbrechungen der Isolierschicht durch andere Materialien als Metall (A = Durchführungsfläche in m ²)	$3,8 * z + 0.03 \text{ W/K}$