

Anlage 4 des Erlasses der wallonischen Regierung vom 11. April 2019 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.

Anlage B2 des Erlasses der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Energieeffizienz von Gebäuden.

BEHANDLUNG VON BAUKNOTEN

Inhaltsverzeichnis

1	ANWENDUNGSBEREICH.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2	DEFINITIONEN.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3	WÄRMEÜBERTRAGUNGSKOEFFIZIENT DURCH ÜBERTRAGUNG ÜBER DIE BAUKNOTEN : $H_T^{JUNCTIONS}$ 5	
3.1	OPTION A : detaillierte Methode	5
3.1.1	Numerische Berechnung des Gebäudes.....	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2	Numerische Berechnung der Bauknoten.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2	OPTION B : Methode der PEB-konformen Knoten ..	Erreur ! Signet non défini.
3.3	OPTION C : Pauschaler Zusatz	Erreur ! Signet non défini.
4	"PEB-KONFORME" KNOTEN.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4.1	Grundregeln für ein Detail mit unbedeutender Wärmebrücke .	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1	GRUNDREGEL 1: durchlaufende Isolierschicht durch minimale Kontaktdicke Erreur ! Signet non défini.	
4.1.2	GRUNDREGEL 2: durchlaufende Isolierschicht durch Einfügung von einem oder mehreren isolierenden Elementen	Erreur ! Signet non défini.
4.1.3	GRUNDREGEL 3: Mindestlänge des Weges mit dem geringsten Wärmewiderstand	Erreur ! Signet non défini.
4.2	Grenzwert für den Wärmeübertragungskoeffizienten der „PEB-konformen“ Bauknoten	Erreur ! Signet non défini.
5	STANDARDWERTE FÜR DEN WÄRMEÜBERTRAGUNGSKOEFFIZIENTEN LINEARER UND PUNKTUELLER BAUKNOTEN	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

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 die PEB-Einheit vom Boden abschirmt.

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

2 Definitionen

- **Erlass vom 15. Mai 2014:** Erlass der wallonischen Regierung vom 15. Mai 2014 über die Umsetzung der Verordnung vom 28. November 2013 über die Energieeffizienz von Gebäuden.
- **Validierte numerische Berechnung:** eine Berechnung, die den vom Minister festgelegten Validitätsanforderungen Genüge leistet.
- **Längenbezogener Wärmeübertragungskoeffizient (Ψ):** Korrekturglied für die Referenzberechnung des stationären Wärmeflusses, um den Einfluss eines linearen Bauknotens oder einer linearen Verbindung in Betracht zu ziehen.
- **Punktuelle Wärmeübertragungskoeffizient (χ):** Korrekturglied für die Referenzberechnung des stationären Wärmeflusses, um den Einfluss eines punktuellen Bauknotens oder einer linearen Verbindung in Betracht zu ziehen.
- **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.
- **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, nach Flächen gewichteten 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.

- **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.
- **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 $0,4 \text{ m}$ betragen.

Die linearen Unterbrechungen einer Zwischenwand der Wärmeverlustfläche, die auf der Fläche verteilt sind, sind keine Bauknoten. Ihr Einfluss muss in den Gesamtwärmewiderstand RT 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 RT 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.
- **Zwischenwand der Wärmeverlustfläche:** durchlaufende Konstruktion oder durchlaufender Teil einer Konstruktion, die/der die Trennung zwischen der PEB-Einheit 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.

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

Zur Bestimmung des Gesamtwärmeübertragungskoeffizienten durch HT-Übertragung muss der Einfluss der Bauknoten berücksichtigt werden.

Der Einfluss des Wärmetransports über die Bauknoten wird in Punkt 7.7 der Anlage A.1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 durch den Wärmeübertragungskoeffizienten durch Wärmeübertragung über Bauknoten, HTjunctions, bestimmt. Dieses Glied wird pro Energiebereich errechnet.

Die Berechnungsmethode für HTjunctions kann nach Wunsch unter den drei nachstehend aufgeführten Möglichkeiten ausgewählt werden, muss jedoch für sämtliche Energiebereiche, die derselben PEB-Einheit 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

Falls der dreidimensionale Wärmeübertragungskoeffizient durch HT3D-Übertragung direkt auf Grundlage einer validierten numerischen Berechnung für das gesamte Gebäude oder einen Teil des Gebäudes ermittelt wird, wird zur Berechnung der Einfluss aller Bauknoten berücksichtigt. Dabei wird HTjunctions wie folgt bestimmt:

$$\text{Gl. 1} \quad H_T^{\text{junctions}} = H_T^{3D} - (H_D^{\text{constructions}} + H_G^{\text{constructions}} + H_U^{\text{constructions}}) \quad (\text{W/K})$$

mit:

H_T^{3D}	dreidimensionaler Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung, in W/K ;
$H_D^{\text{constructions}}$	Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche mit direktem Kontakt mit der Außenumgebung, in W/K ;
$H_U^{\text{constructions}}$	Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche mit direktem Kontakt mit den angrenzenden unbeheizten Räumen, in W/K ;
$H_G^{\text{constructions}}$	Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung über die Zwischenwände der Wärmeverlustfläche mit direktem Kontakt mit dem Boden und den unbeheizten Kellern und Belüftungshohlräumen, in W/K.

$H_D^{\text{constructions}}$, $H_G^{\text{constructions}}$ und $H_U^{\text{constructions}}$ werden gemäß Anlage B1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 bestimmt.

3.1.2 Numerische Berechnung der Bauknoten

Der Wärmeübertragungskoeffizient durch Übertragung, der alle Bauknoten berücksichtigt, $H_T^{\text{junctions}}$, wird folgendermaßen bestimmt:

$$\text{Gl. 2} \quad H_T^{\text{junctions}} = \sum_k \frac{l_k \cdot b_k \cdot \Psi_{e,k}}{n_k} + \sum_l \frac{b_l \cdot X_{e,l}}{n_l} \quad (\text{W/K})$$

mit:

l_k	Gesamtlänge des linearen Bauknotens, die entsprechend den Außenabmessungen in m bestimmt wird, in m ;
$\Psi_{e,k}$	längenbezogener Wärmeübertragungskoeffizient, der entweder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung bestimmt wird, oder dem Standardwert der Tabelle [2] entspricht, in W/(m.K) ;
$\chi_{e,1}$	punktuellder Wärmeübertragungskoeffizient, der entweder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung bestimmt wird, oder dem Standardwert der Tabelle [3] entspricht, in W/K ;
b_k et b_1	thermische Reduzierkoeffizienten, die gemäß Anlage H von Anlage B1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 bestimmt werden. Wenn ein Bauknoten an 2 oder mehrere Umgebungen angrenzt, die nicht der PEB-Einheit angehören (Außenumgebung, angrenzender unbeheizter Raum, unbeheizter Keller oder Belüftungshohlräume), findet der größte dieser Reduzierkoeffizienten Anwendung ;
n_k et n_1	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.

Für jeden linearen Bauknoten k können Varianten festgelegt werden, für welche man mithilfe von validierten numerischen Berechnungen zeigt, dass jede Variante immer einen Wert Ψ_e hat, der niedriger oder gleich wie ein bestimmter Wert $\Psi_{e,max}$ ist. Alle Varianten müssen identisch mit dem ursprünglichen Bauknoten k sein, abgesehen von den Oberflächen, die in den Kriterien des Anwendungsfelds spezifiziert und genehmigt wurden. Diese Kriterien müssen klar definiert sein und mindestens Folgendes enthalten:

- die geometrische Konstruktion des Bauknotens;
- den Minimal- und Maximalwert des Koeffizienten der Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien;
- die Minimal- und Maximaldicken der Materialschichten;
- den Minimal- und Maximalwert U der Strukturen, zwischen welchen sich die Werte der Varianten befinden müssen.

Falls eine Variante dieses Bauknoten angewendet wird und falls diese die Kriterien des Anwendungsfelds erfüllt, kann dieser Wert $\Psi_{e,max}$ angewendet werden, als wäre er Wert $\Psi_{e,k}$, um die Variante zu berechnen.

Dasselbe gilt für jeglichen Bauknoten n und seinen Wert $\chi_{e,1}$.

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 § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** erläutert).

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

$$Gl. 3 \quad H_T^{junctions} = \max(0 ; H_{T,1}^{junctions} + H_{T,2}^{junctions}) \quad (W/K)$$

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 berücksichtigt werden sollen, in W/K.

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

$$\text{Gl. 4} \quad H_T^{\text{junctions}} = \Delta U_B \cdot \sum_i b_i \cdot A_i \quad (\text{W/K})$$

mit:

$$\begin{aligned} \text{Gl. 5} \quad \text{Si } C \leq 1 : \quad & \Delta U_B = \Delta B / 100 \\ \text{Si } 1 < C < 4 : \quad & \Delta U_B = \Delta B \cdot (C+2) / 300 \\ \text{Si } 4 \leq C : \quad & \Delta U_B = \Delta B / 50 \end{aligned} \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

weird:

A_i	Fläche der Zwischenwand i der Wärmeverlustfläche des betroffenen Energiebereiches, der aufgrund seiner Außenabmessungen bestimmt wird, in m^2 ;
b_i	thermischer Reduzierkoeffizient, der gemäß Anlage B1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 bestimmt wird ;
C	Dichte der PEB-Einheit, in m ;
ΔB	= 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 $\Psi_{e,k}$ ($\leq \Psi_{e,k,lim}$) bekannt ist und deren Höchstleistungen berücksichtigt werden sollen. In beiden Fällen findet folgende Formel Anwendung:

$$\text{Gl. 6} \quad H_{T,2}^{\text{junctions}} = \sum_k \frac{l_k \cdot b_k \cdot (\Psi_{e,k} - \Psi_{e,k,lim})}{n_k} + \sum_l \frac{b_l \cdot X_{e,l}}{n_l} \quad (\text{W/K})$$

mit:

l_k	Gesamtlänge des linearen Bauknotens, die entsprechend den Außenabmessungen in m bestimmt wird, in m ;
$\Psi_{e,k,lim}$	Grenzwert eines linearen Bauknotens analogen Typs gemäß der

Tabelle [1], 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], in W/(m.K) ;
$\chi_{e,1}$	punktuellder Wärmeübertragungskoeffizient, der entweder mit Hilfe einer validierten numerischen Berechnung bestimmt wird oder dem Standardwert der Tabelle [3], in W/K ;
b_k et b_l	thermische Reduzierkoeffizienten, die Anlage H der Anlage B1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 bestimmt werden. Falls ein Bauknoten, der an zwei Umgebungen oder mehr, die nicht zur PEB-Einheit gehören, angrenzt (Außenumgebung, nicht beheizter angrenzender Raum, Keller oder belüfteter, nicht beheizter Leerraum), muss der größte Reduktionsfaktor dieser Umgebungen angewendet werden ;
n_k et 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..

Für jeden linearen Bauknoten k können Varianten festgelegt werden, für welche man mithilfe von validierten numerischen Berechnungen zeigt, dass jede Variante immer einen Wert Ψ_e hat, der niedriger oder gleich wie ein bestimmter Wert $\Psi_{e,\text{max}}$ ist. Alle Varianten müssen identisch mit dem ursprünglichen Bauknoten k sein, abgesehen von den Oberflächen, die in den Kriterien des Anwendungsfelds spezifiziert und genehmigt wurden. Diese Kriterien müssen klar definiert sein und mindestens Folgendes enthalten:

- die geometrische Konstruktion des Bauknotens;
- den Minimal- und Maximalwert des Koeffizienten der Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien;
- die Minimal- und Maximaldicken der Materialsichten;
- den Minimal- und Maximalwert U der Strukturen, zwischen welchen sich die Werte der Varianten befinden müssen.

Falls eine Variante dieses Bauknoten angewendet wird und falls diese die Kriterien des Anwendungsfelds erfüllt, kann dieser Wert $\Psi_{e,\text{max}}$ angewendet werden, als wäre er Wert $\Psi_{e,k}$, um die Variante zu berechnen.

Dasselbe gilt für jeglichen Bauknoten n und seinen Wert $\chi_{e,1}$.

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:

$$\text{Gl. 7} \quad H_T^{\text{junctions}} = \Delta U_C \cdot \sum_i b_i \cdot A_i \quad (\text{W/K})$$

mit:

Gl. 8	Wenn $C \leq 1$:	$\Delta U_c = \Delta C / 100$	
	Wenn $1 < C < 4$:	$\Delta U_c = \Delta C \cdot (C + 2) / 300$	
	Wenn $4 \leq C$:	$\Delta U_c = \Delta C / 50$	W / (m ² · K)

weird:

A_i	Fläche der Zwischenwand i der Wärmeverlustfläche des betroffenen Energiebereiches, die aufgrund ihrer Außenabmessungen bestimmt wird, in m ² ;
b_i	thermischer Reduzierkoeffizient, der gemäß Anlage H der Anlage B1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 bestimmt wird ;
C	Dichte der PEB-Einheit, in m ;
ΔC	= 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.

Falls der Einfluss der Bauknoten pauschal gemäß Option C berechnet wird, wird $H_T^{\text{junctions}}$ nicht bei den Berechnungen des Kältebedarfs und des Überhitzungsindikators berücksichtigt.

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 (§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**);
- der längenbezogene Wärmeübertragungskoeffizient des Bauknotens liegt unter oder gleich dem angewandten Grenzwert: $\Psi_e \leq \Psi_{e,lim}$ (§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Ein Bauknoten, der keine 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 angesehen werden, wenn er einer der drei nachstehenden Grundregeln genügt, damit ein Detail mit einer unbedeutenden Wärmebrücke vorliegt:

- GRUNDREGEL 1: durchlaufende Isolierschicht durch eine minimale Kontaktdicke (§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ;
- GRUNDREGEL 2: durchlaufende Isolierschicht durch Einfügung von einem oder mehreren isolierenden Element(en) (§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ;
- GRUNDREGEL 3: Mindestlänge des Weges mit dem geringsten Wärmewiderstand (§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

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 Zwischenwände der Wärmeverlustfläche durch die Trennwand zur angrenzenden Parzelle ersetzt werden.

4.1.1 GRUNDREGEL 1: durchlaufende Isolierschicht durch minimale Kontaktdicke

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 Kontaktdicke der Isolierschichten ($d_{contact}$) muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\text{Gl. 9} \quad d_{contact} = \min(d_1/2 ; d_2/2) \quad (\text{m})$$

mit:

$d_{contact}$	Kontaktdicke, die als Verbindungsdicke zwischen den Isolierschichten definiert wird und die zwischen der warmen und der kalten Oberfläche gemessen wird (Abbildung [1]), in m ;
d_1 et d_2	jeweilige Dicken der Isolierschichten der zwei Zwischenwände der Wärmeverlustfläche (Abbildung [1]), 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]) gemessen wird.

Abbildung [1] : Kontinuität der Isolierschicht der beiden Zwischenwände (Dicken d_1 und d_2) der Wärmeverlustrfläche durch eine minimale Kontaktdicke d_{contact} .

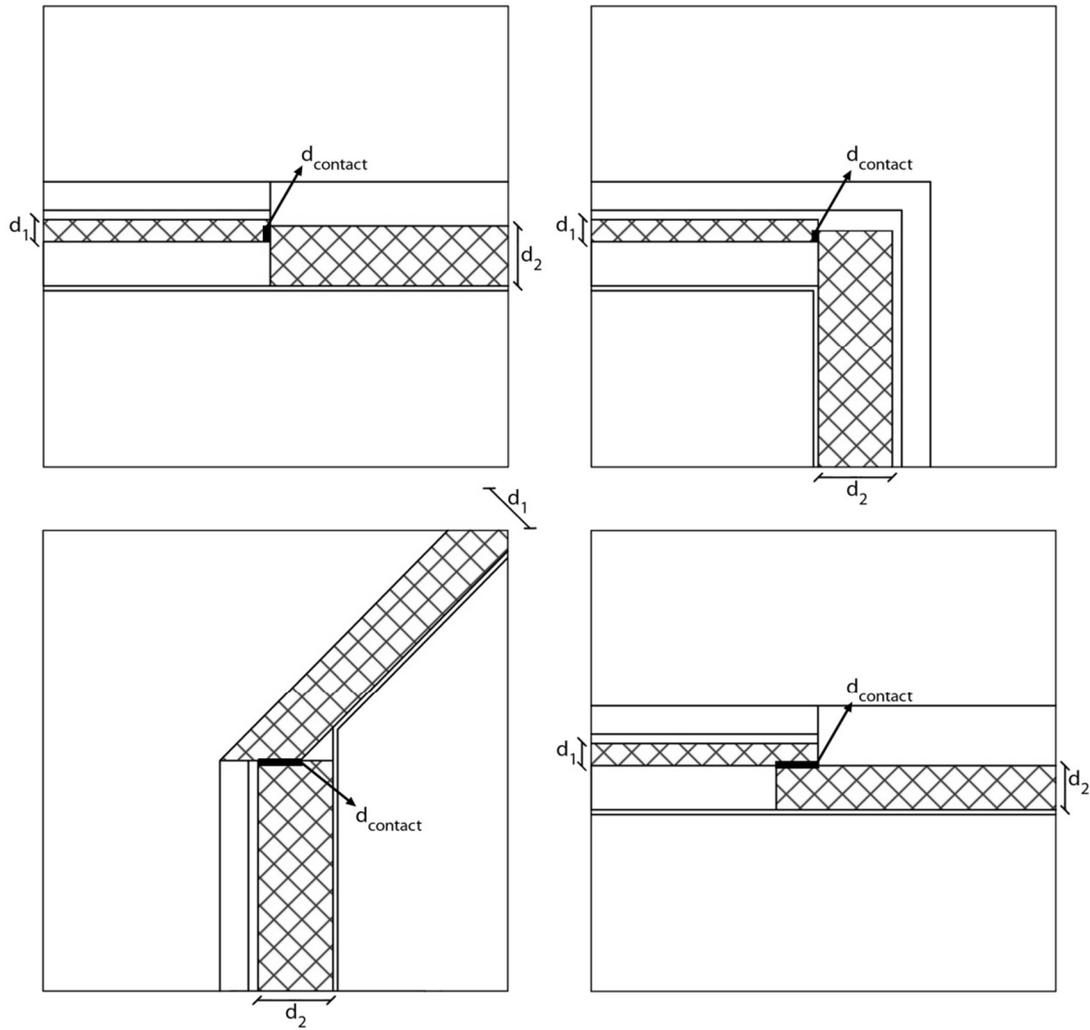
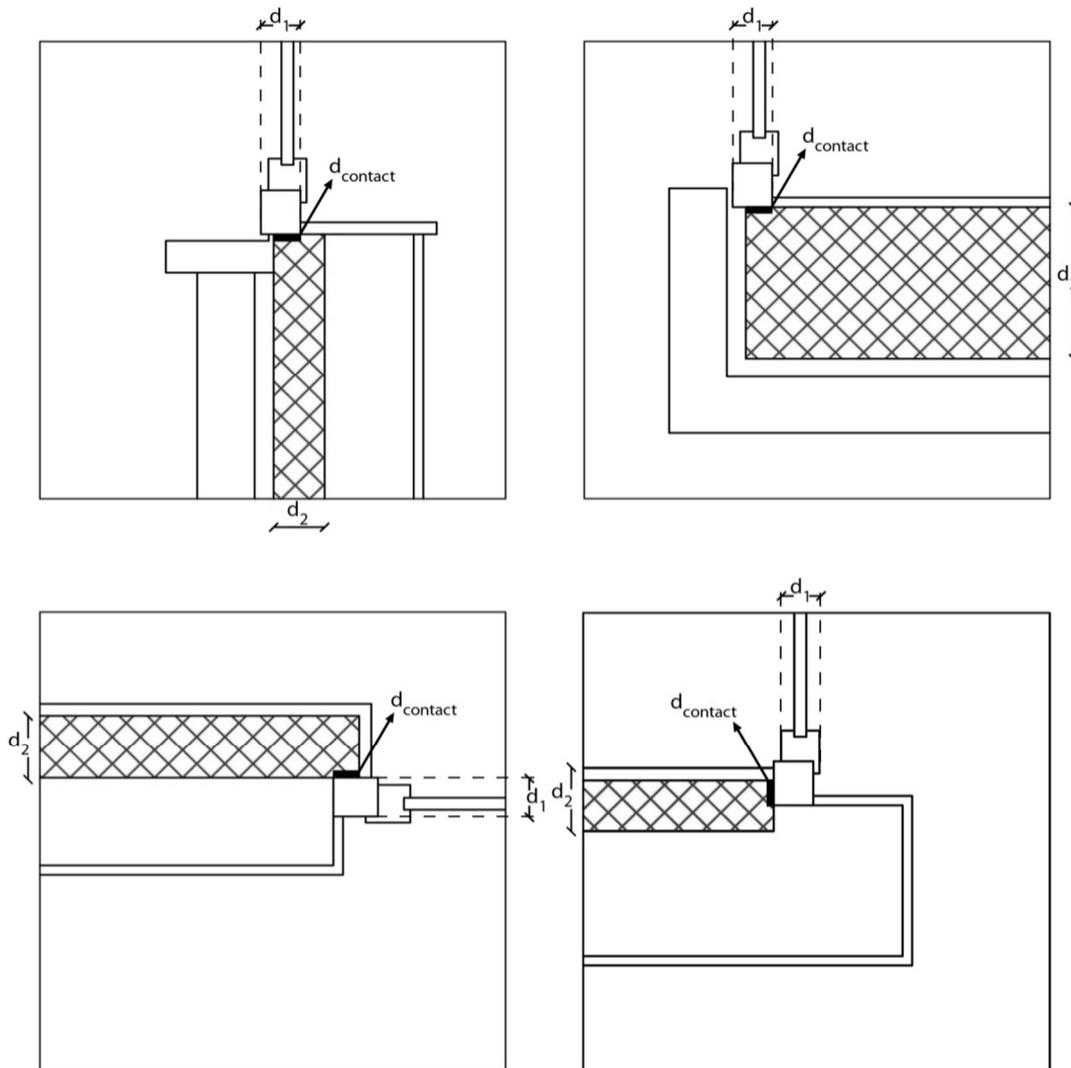
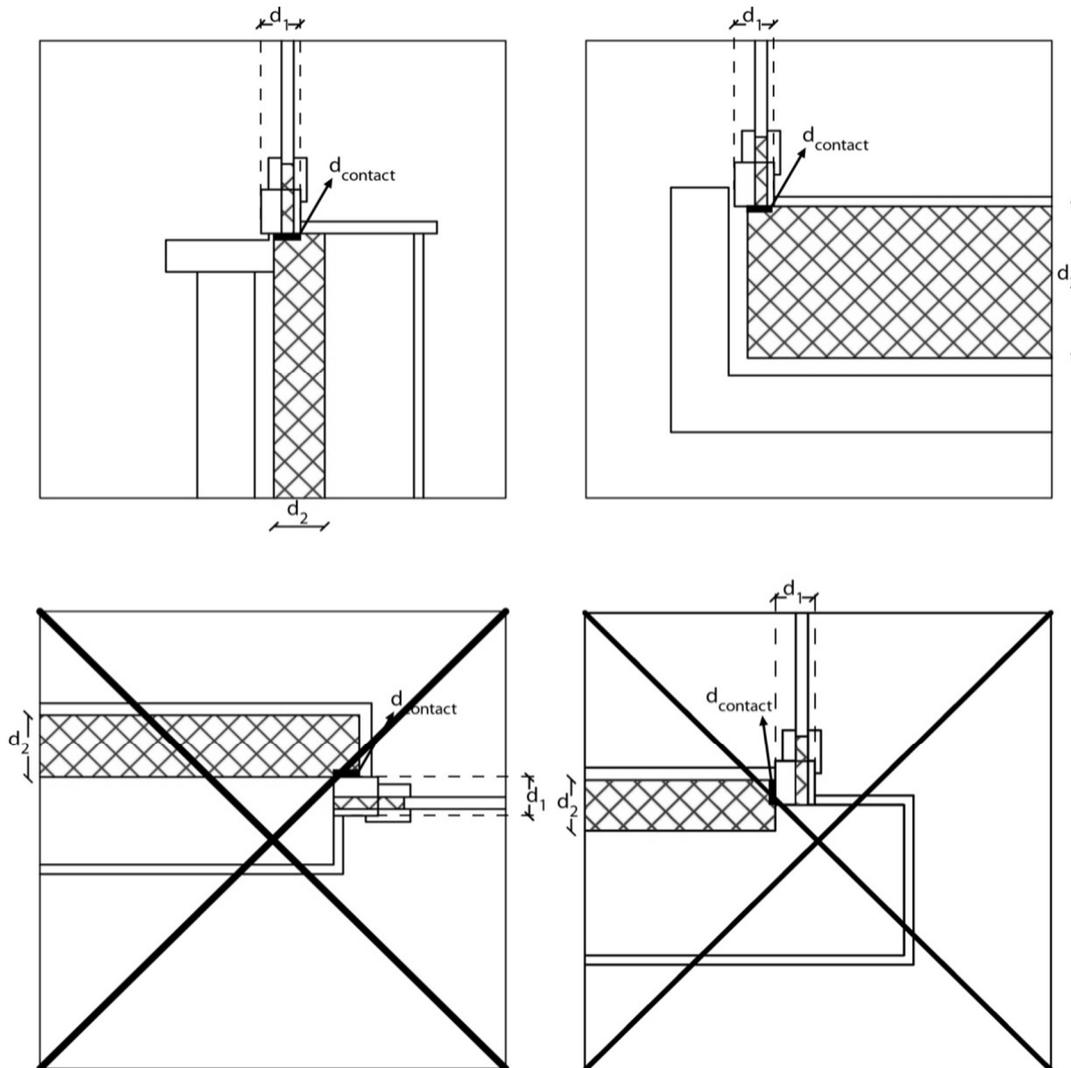


Abbildung [2] : Grundregel 1 für nicht thermisch getrennte Fenster- oder Türrahmen



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]). Dans le cas de châssis de fenêtre ou de porte à coupure thermique, la couche isolante doit être en contact direct avec la coupure thermique et ce sur toute l'épaisseur de la coupure thermique.

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 $0,2 \text{ W/(m.K)}$ (§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) ;
- 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 $2 \text{ m}^2\text{K/W}$ (§ 4.1.2.2) ;
- 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 (§ **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

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:

Gl. 16 $\lambda_{\text{insulating part}} \leq \min(0,2 ; 10.\lambda_1 ; 10.\lambda_2) \text{ W/(m.K)}$ mit:

$\lambda_{\text{insulating part}}$	Wärmeleitfähigkeit eines isolierenden Elementes, die gemäß Anlage B.1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 ausgedrückt wird, in W/(m.K) .
λ_1, λ_2	die Wärmeleitfähigkeiten der Isolierschichten der angrenzenden Zwischenwände der Wärmeverlustfläche, in W/(m.K) . Bei einer nicht homogenen Isolierschicht, welche aus mehreren Materialschichten zusammensetzt ist (dabei jede Wärmeleitfähigkeit (gewichtet nach Fläche) unter $0,20 \text{ W/(m.K)}$), muss die Wärmeleitfähigkeit dieser Isolierschicht jene der Materialschicht mit dem höchsten Wärmewiderstand sein.

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 der kumulierte Querschnitt 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 $0,2 \text{ W/(m.K)}$ sind zugelassen, wenn die Volumenproportion des anderen Materials weniger oder gleich 10% pro laufenden Meter des linearen Bauknotens beträgt.

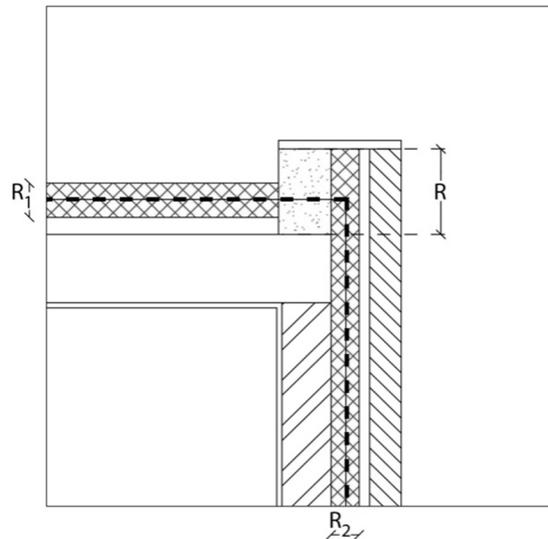
4.1.2.2 Anforderung für den Wärmewiderstand R jedes isolierenden Elementes

Der Wärmewiderstand R der isolierenden Elemente, der im rechten Winkel zur thermischen Trennlinie gemessen wird, muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\text{Gl. 11} \quad R \geq \min(R_1/2 ; R_2/2 ; 2)$$

(m².K/W)

Abbildung [4] : Grundregel 2 - Wärmewiderstand R eines isolierenden Elements



mit:

R Wärmewiderstand eines isolierenden Elementes in m².K/W, angegeben gemäß Gl. 12 ;

R₁ et R₂ die Wärmewiderstände der Isolierschichten der angrenzenden Zwischenwände der Wärmeverlustfläche, wie definiert und bestimmt gemäß Anlage B1 des Erlasses vom 15. Mai 2014, in m².K/W.

$$\text{Gl. 12} \quad R = \frac{d_{\text{insulating part}}}{\lambda_{\text{insulating part}}} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W})$$

mit:

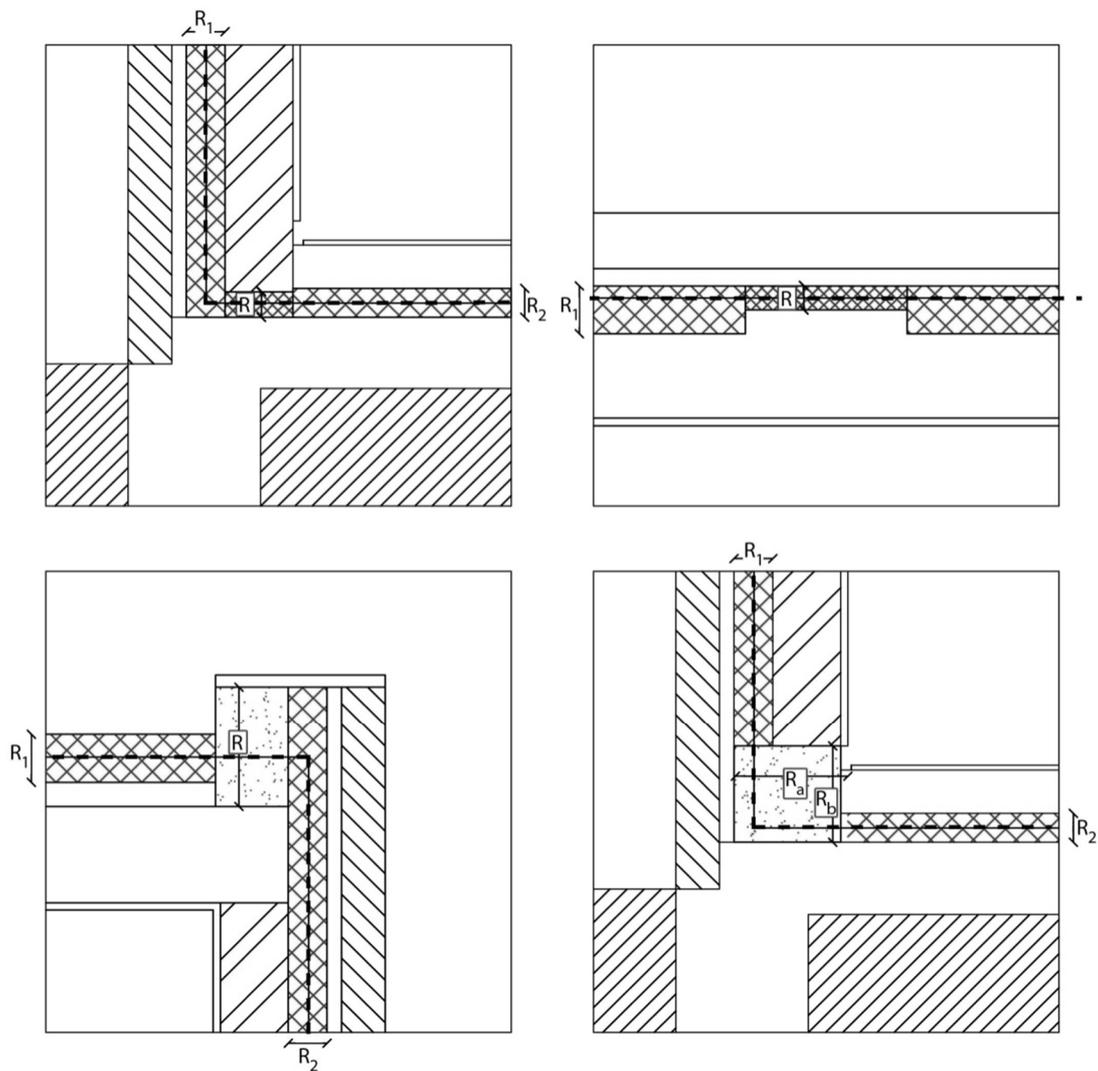
$d_{\text{insulating part}}$ Stärke des isolierenden Elementes, die im rechten Winkel zur thermischen Trennlinie in m gemessen wird. Im Fall eines nicht rechtwinkligen isolierenden Elementes, wird $d_{\text{insulating part}}$ als die kürzeste Distanz zwischen den kalten und warmen Seiten eines isolierenden Elementes definiert;

$\lambda_{\text{insulating part}}$ Wärmeleitfähigkeit des isolierenden Elementes, wie gemäß Anlage B.1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 definiert und bestimmt, in W/(m.K).

Die thermische Trennlinie ist die 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 [5]). Im Fall von thermisch getrennten Fenster- oder Türstöcken muss die thermische Trennlinie die thermische Trennung des Stocks durchlaufen.

Der Verlauf der thermischen Trennlinie und die Bedeutung der Parameter R₁, R₂ und R sind in Abbildung [5] dargestellt. Wenn die thermische Trennlinie das isolierende Element in mehreren Richtungen durchläuft, müssen die für jede dieser Richtungen bestimmten Wärmewiderstände den Anforderungen genügen (Abbildung [5] - unten rechts).

Abbildung [5] : Grundregel 2 – 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) folgende Bedingung erfüllen:

$$\text{Gl. 13} \quad R \geq \min(R_1/2 ; 1,5) \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$$

weird:

R₁ Wärmewiderstand der Isolierschicht der angrenzenden Wand der Wärmeverlustfläche, bestimmt gemäß Anlage B1 des Erlasses vom 15. Mai 2014.

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:

$$\text{Gl. 14} \quad d_{\text{contact},i} = \min(d_{\text{insulating part}}/2 ; d_x/2) \quad (\text{m})$$

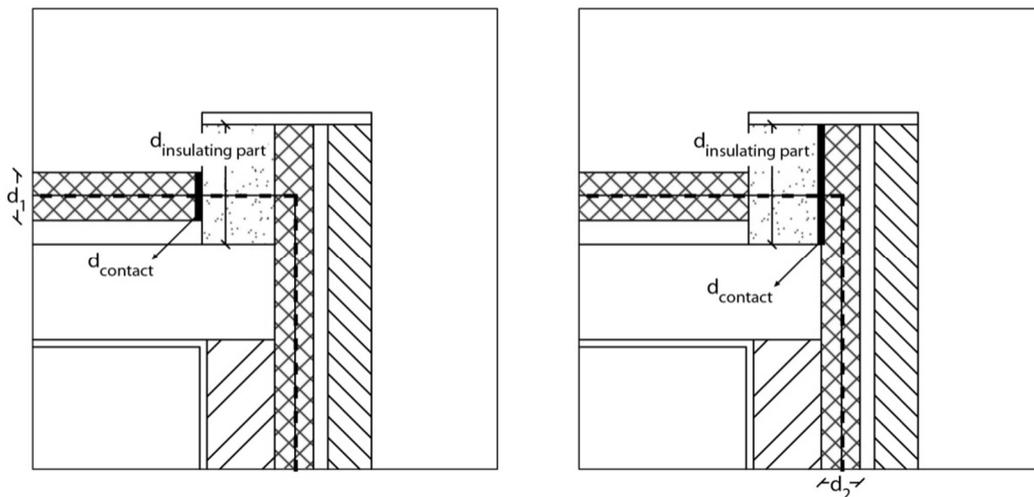
mit:

$d_{\text{contact},i}$ 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 [6] :) gemessen wird, in m ;

$d_{\text{insulating part}}$ die Stärke des isolierenden Elements, wie in § 4.1.2.2 definiert ;

d_x Stärke der isolierenden Schicht oder des verbundenen isolierenden Elements (Abbildung [6] : mit $x = 1$ oder 2) 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 [6] : Grundregel 2 - 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 Anlage B1 des Erlasses vom 15. Mai 2014 in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ bestimmt.

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

$$\text{Gl. 15} \quad l_i \geq 1 \quad (\text{m})$$

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 PEB-Einheiten 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 von PEB-Einheiten, 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 $\Psi_{e,lim}$

	$\Psi_{e,lim}$
1. Ausspringender Winkel (1)(2) : • 2 Mauern • Sonstige ausspringende Winkel	-0,10 W/(m.K) 0,00 W/(m.K)
2. Einspringender Winkel (3)	0,15 W/(m.K)
3. Verbindungen an fenstern und turen	0,10 W/(m.K)
4. Fundamentauflager	0,05 W/(m.K)
5. Balkone, vordacher	0,10 W/(m.K)
6. Verbindungen einer zwischenwand in einer PEB-einheit oder zwischen 2 unterschiedlichen PEB-einheiten mit einer zwischenwand der wärmeverlustfläche	0,05 W/(m.K)
7. Sämtliche knoten, die nicht in die kategorien 1 bis 6 fallen	0,00 W/(m.K)
(1) Mit Ausnahme der Fundamentauflager (2) Bei einem „ausspringenden Winkel“ muss der Winkel α (zwischen den beiden Außenseiten der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche gemessen) folgender Formel genügen: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$. (3) Bei einem „einspringenden Winkel“ muss der Winkel α (zwischen den beiden Außenseiten der Zwischenwand der Wärmeverlustfläche gemessen) folgender Formel genügen: $0^\circ < \alpha < 180^\circ$.	

5 Standardwerte für den Wärmeübertragungskoeffizienten linearer und punktueller Bauknoten

Unter § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** und § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** können die Standardwerte für die linearen Wärmeübertragungskoeffizienten Ψ_e und die punktuellen Wärmeübertragungskoeffizienten χ_e verwendet werden. Diese sind in Tabelle [2] und Tabelle [3] aufgeführt.

Bei einem linearen Bauknoten, der sich an der Grenze zu zwei oder mehreren PEB-Einheiten befindet, wird der Standardwert jedes in Tabelle [2] oder Tabelle [3] aufgeführten Teils durch die Anzahl von PEB-Einheiten 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

	Standardwert $\Psi_{e,k}$
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]	

Tabelle [3] : Standardwerte für punktuelle Bauknoten

	Standardwert $\chi_{e,1}$
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 = Durchführungsquerschnitt in m^2)	$3,8.A + 0,1 \text{ W/K}$

Gesehen, um dem Erlass der wallonischen Regierung vom 11. April 2019 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 beigefügt zu werden.

Namur, am

Für die Regierung:

Der Ministerpräsident,

Willy BORSUS

Der Minister für Energie

Jean-Luc CRUCKE