

Wärmebrücken in unteren Gebäudeabschlüssen

Allgemeine Überlegungen

Wärmeverluste durch Wärmebrücken sind gemäß EnEV bei pauschaler Bilanzierung über die gesamte Gebäudehüllfläche in voller Höhe zu berücksichtigen: pauschaler Zuschlag = $\Delta U_{WB} \cdot A$ (DIN 4108-6,5.2.2).

Das gilt auch für Anschlüsse in Kellerdecken und anderen, unteren Gebäudeabschlüssen, obwohl die hier auftretenden Wärmeströme zum Erdreich oder zum Keller wegen der geringeren Temperaturdifferenzen gedämpft sind; das Erdreich ist in unserem Klima während der relevanten Jahreszeiten erfahrungsgemäß wärmer als die Außenluft.

Abgesehen von diesem Umstand sorgen die gestiegenen Anforderungen der Energieeinsparverordnung dafür, dass Wärmebrücken häufig detailliert berechnet und bilanziert werden. Es lohnt sich also, die Wärmebrücken in unteren Gebäudeabschlüssen einmal genauer zu betrachten.

Wärmebrückenverlustkoeffizienten werden in der Einheit [W/K] (Wärmeverlust je Kelvin) angegeben, sind also definitionsgemäß temperaturunabhängig. Multipliziert man sie mit der klimabedingten Temperaturdifferenz in [°K] und der Länge des Betrachtungszeitraums in Stunden [h] (Monat, Heizperiode), dann erhält man eine Wärmeverlustmenge in der Einheit [kWh]. Weil in der EnEV-Bilanzierung die Leitwerte zur Außenluft und zum Erdreich zusammengefasst werden, darf man die Leitwerte der Bauteile zum „wärmeren“ Erdreich bzw. zum Keller gemäß DIN 4108-6 (Gl.34) mit F_x -Faktoren abmindern. Das gilt auch für Wärmebrücken, wenn sie detailliert berechnet wurden.

Bestimmung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten

Zur Bestimmung von Wärmebrückenverlustkoeffizienten (Ψ -Werten) muss man das Temperaturfeld für den gestörten Bereich der Konstruktion berechnen; das erfolgt mit Hilfe einer rechnergestützten, numerischen Berechnung mit finiten Elementen. Aus den vorgefundenen Oberflächentemperaturen lassen sich die örtlichen Leitwerte L_{2Di} (Leitwert an der inneren Oberfläche) oder L_{2De} (äußere Oberfläche, Alternativ- bzw. Kontrollwert) ableiten. Die Summe über alle betrachteten Oberflächenknoten ergibt den zweidimensionalen Leitwert der Wärmebrücke „ L_{2D} “. Den Ψ -Wert erhält man dann als Differenz zwischen den ein- und den zweidimensional berechneten Leitwerten, oder, anders ausgedrückt, als Differenz der Leitwerte zwischen den Berechnungen ohne und mit Wärmebrückeneinfluss. Dieser Zusammenhang wird für linienförmige Wärmebrücken gemäß EN-ISO 10211-2, Gl.2 folgendermaßen formuliert:

$$\text{Wärmebrückenverlustkoeffizient} = \Psi\text{-Wert} = L_{2D} - \sum l_i \cdot U_i = L_{2D} - L_{1D}.$$

Bei Anschlüssen, die teilweise an das Erdreich oder den Keller grenzen, kann ein modifizierter Ansatz mit geminderten Verlusten zum Erdreich gewählt werden:

$$\Psi = L_{2D} - k \cdot l_i \cdot U_i \text{ zum Erdreich} - l_i \cdot U_i \text{ zur Außenluft}$$

Aus zwei Berechnungen mit unterschiedlichen Einflusslängen kann der Korrekturfaktor „k“ zum Erdreich bestimmt werden. Die Einflusslängen (horizontal oder vertikal) sind dabei im ungestörten Bereich, also außerhalb der Wärmebrücke, zu variieren. Die Ergebniswerte für die Therme L2D sowie $li \cdot U_i$ ändern sich und der Faktor „k“ wird mit

$$k = (\Delta L_{2D} - \Delta li \cdot U_i \text{ zur Außenluft}) / (\Delta li \cdot U_i \text{ zum Erdreich})$$

bestimmt. Wie nicht anders zu erwarten, entspricht der mit diesem Modell und dem Korrekturfaktor „k“ berechnete ψ -Wert genau dem ψ -Wert einer konstruktiv identischen Gebäudekante zur Außenluft (Bild 2). Der ψ -Wert selbst ist also nachweislich von den umgebenden Temperaturen unabhängig, er ist eine rein konstruktive Größe.

Diese Beobachtung wird auch durch Berechnungen mit unterschiedlichen Außentemperaturen bestätigt: der Ψ -Wert bleibt unverändert. Dieses Ergebnis ist bemerkenswert, da es im Beiblatt 2 zu DIN 4108 keine Erwähnung findet. Ein Berechnungsbeispiel dazu ist in Arbeit (demnächst zu finden unter www.bauphysik-software.de/service/berechnungsbeispiele).

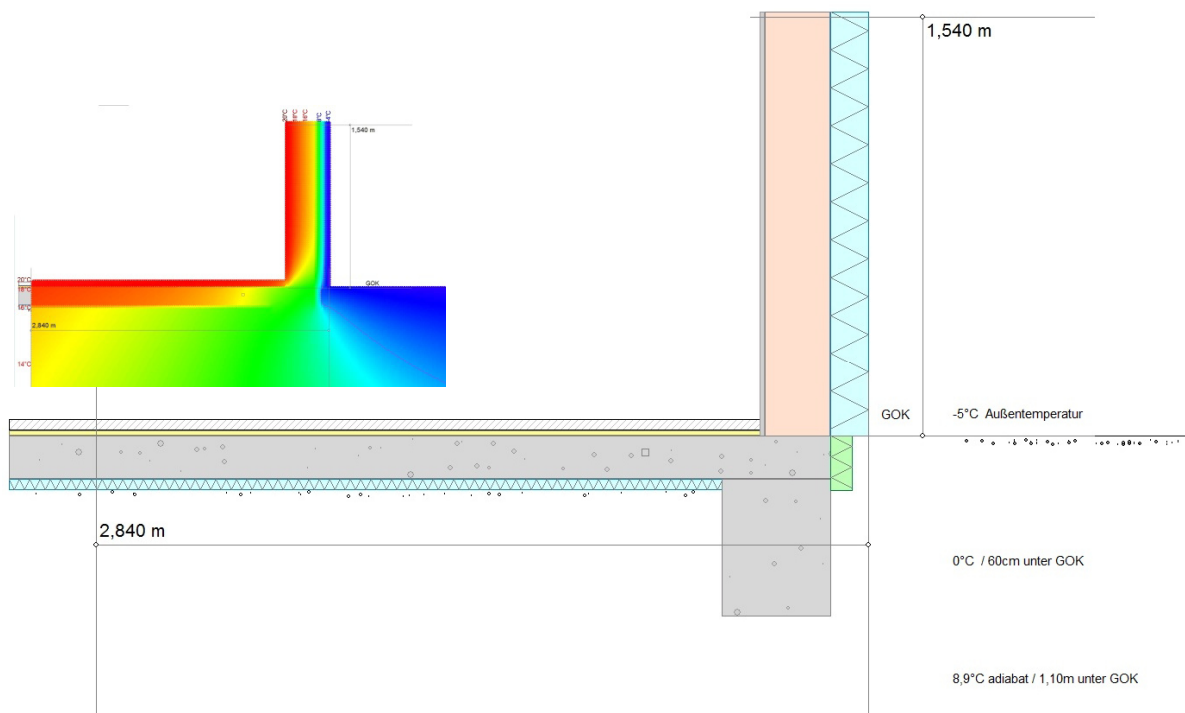
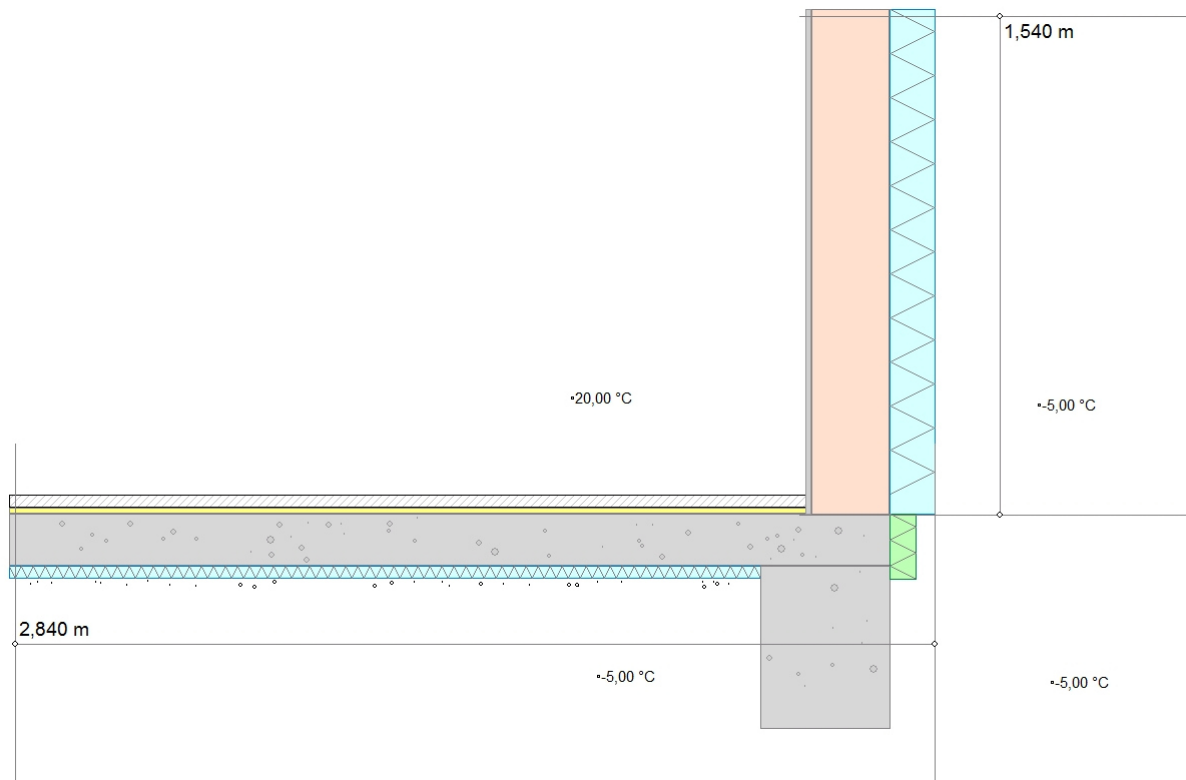


Bild 1: Berechnungsmodell für einen Fundamentanschluss mit Erdanschüttung: $\Psi = L_{2D} - k \cdot L_{1D}$ zum Erdreich - L_{1D} zur Außenluft. „k“ kann aus zwei Berechnungen mit unterschiedlichen Einflusslängen berechnet werden



*Bild 2: Berechnungsmodell für einen Fundamentanschluss ohne Erdanschüttung:
Vereinfachtes Modell mit identischer Konstruktion; anstelle des Erdreichs wird jedoch Außenluft angenommen*

Berechnung der Wärmeverluste

Die Wärmeverluste unterer Gebäudeabschlüsse sollten, wie bereits erwähnt, wegen günstigerer Außentemperaturen abgemindert werden. DIN 4108-6 und DIN V 18599-2 sehen vor, dass Leitwerte zum Keller oder zum Erdreich mit Temperaturkorrekturfaktoren (Fx-Faktoren) reduziert werden dürfen. Man kann dann später die reduzierten Leitwerte mit den nicht reduzierten Leitwerten der thermischen Hülle zusammenfassen und gemeinsam bilanzieren, d.h. die monatlichen oder saisonalen Transmissionswärmeverluste berechnen.

Auf europäischer Ebene sind die Wärmeverluste zum Erdreich in EN ISO 13370 und EN ISO 13789 noch etwas komplexer geregelt. Die Berechnungsansätze aus EN ISO 13370 berücksichtigen die Geometrie der Bodenplatte (Bodenplattenmaß, wie stark kühlt das Erdreich unter dem Gebäude aus), die Lage der wärmeübertragenden Grundfläche (Kellerdecke, Fußboden zum Erdreich), eine möglicherweise vorhandene Perimeterdämmung, das Vorhandensein von fließendem Grundwasser, die Bodenbeschaffenheit und die Anschütthöhe. Man kann / sollte unter Berücksichtigung der Wärmeträgheit des Erdreichs „harmonische“, also monatlich veränderliche Leitwerte berechnen.

Wenn man diese Leitwerte durch das „A * U“ der Bodenplatte teilt, erhält man den Kopplungsfaktor „b“, der dem Temperaturkorrekturfaktor (Fx-Wert) aus DIN V 4108-6 entspricht.

Einfacher ist es, die Fx-Faktoren aus DIN V 4108-6, Tab.3 einzusetzen. Tabelle 3 enthält Faktoren für unterschiedliche, untere Gebäudeabschlüsse zwischen 0.2 (Fußboden des beheizten Kellers) und 0.9 (aufgeständerte Bodenplatte).

Fx- Faktoren dürfen laut Gl. 34 auch auf Wärmebrückenverluste angewendet werden. Problematisch ist hierbei der Umstand, dass sie Mittelwerte für die gesamte Fläche der unteren Abschlüsse darstellen. Praktisch wird die notwendige Temperaturkorrektur in der Gebäudemitte am größten sein (kleiner Fx-Wert = große Korrektur = geringer Wärmeverlust) und am Gebäuderand gegen 1 gehen (keine Minderung der Wärmeverluste). Genauere Abhandlungen zu dem Problem „Fx-Werte am Gebäuderand“ sind uns nicht bekannt. Wir schlagen daher vor, für Wärmebrücken innerhalb der unteren Gebäudeabschlüsse (Wand- / Stützenanschlüsse im Keller oder Gebäudekanten im Erdreich) den Temperatur-Korrekturfaktor der Grundfläche zu verwenden, für Wärmebrücken am Gebäuderand (Kellerdecke- / Fundamentanschlüsse, wie im gezeigte Beispiel) aber den Faktor 1 = keine Temperatur-Korrektur. Ein anderer Wert müsste geeignet begründet werden.

Negative Wärmebrückenverlustkoeffizienten

Ein negativer Wärmebrückenverlust, der möglicherweise sogar als „Wärmegewinn“ bezeichnet wird, erschließt sich dem gesunden Menschenverstand nicht. Dennoch werden an Gebäudekanten häufig negative Verlustkoeffizienten ermittelt. Die Ursache für das Phänomen liegt im Außenmaßbezug der Bilanzierung. Man rechnet die Gebäude- bzw. Geschosshöhen jeweils von Oberkante Rohdecke zu Oberkante Rohdecke und die Grundrissabmessungen mit Außenmaßen. Tatsächlich beheizt werden aber nur die inneren Räume. Im gezeigten Beispiel wäre die beheizte Höhe um die Dämmschicht und den Estrich zu verkleinern, die beheizte Breite um die Dicke der Außenwand. Der Bonus aus der Rechenregel „mit Außenmaßbezug“ liegt in der Größenordnung des erwarteten ψ -Wertes, manchmal auch etwas darüber. In diesem Fall erhält man negative Verlustkoeffizienten. Die Normen haben offensichtlich durch die Regel des Außenmaßbezuges bereits für Sicherheiten gesorgt, möglicherweise in der Absicht, die Wärmeverluste an geometrischen Wärmebrücken (Gebäudeaußenkanten) zu kompensieren. In der EnEV-Berechnung wird durch die zusätzlichen, pauschalen Wärmebrückenzuschläge freilich ein Übriges getan.

Die detaillierte Berechnung der Verlustkoeffizienten nimmt den Bonus aus dem Außenmaßbezug zurück und ersetzt zusätzlich die pauschalen Wärmebrückenzuschläge. Dies ist der Grund für die erheblich günstigere Wärmebilanz mit detailliert berechneten Wärmebrückenverlustkoeffizienten.

Berlin, April 2017

KERN ingenieurkonzepte