

Wärmebrücken in unteren Gebäudeabschlüssen

Wärmeverluste durch Wärmebrücken in Kellerdecken und anderen, unteren Gebäudeabschlüssen sind nach der Energieeinsparverordnung bei pauschaler Bilanzierung in voller Höhe zu berücksichtigen (Zuschlag = $\Delta U_{WB} \cdot A$, siehe DIN V 4108-6, 5.2.2). Wärmeströme zum Erdreich oder zum Keller sind aber wegen der geringeren Temperaturdifferenzen ($T_{\text{Erdreich}} > T_{\text{Außenluft}}$) gedämpft. Dieser Umstand und eine zunehmende Nachweisgenauigkeit sorgen dafür, dass solche Wärmebrücken immer öfter detailliert berechnet und bilanziert werden. Doch das ist nicht so einfach, die Wärmebrückenverlustkoeffizienten werden oft falsch berechnet.

Wärmebrückenverlustkoeffizienten werden in der Einheit [W/K] (Wärmeverlust je °K) angegeben, sind also definitionsgemäß temperaturunabhängig. Mit der zeitabhängigen, klimabedingten Temperaturdifferenz in [°K] und der Länge des Betrachtungszeitraums in [h] (Monat, Heizperiode) multipliziert, erhält man eine Wärmeverlustmenge in der Einheit [kWh]. Weil in der EnEV-Bilanzierung Leitwerte (Einheit [W/K]) zur Außenluft und zum Erdreich zusammengefasst werden, kann man die Leitwerte für Bauteile zum „warmen“ Erdreich / Keller mit Fx-Faktoren (Temperatur-Korrekturfaktoren) nach DIN V 4108-6 abmindern (Gl.34). Das gilt auch für Wärmebrücken, wenn sie detailliert berechnet werden.

Bestimmung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten

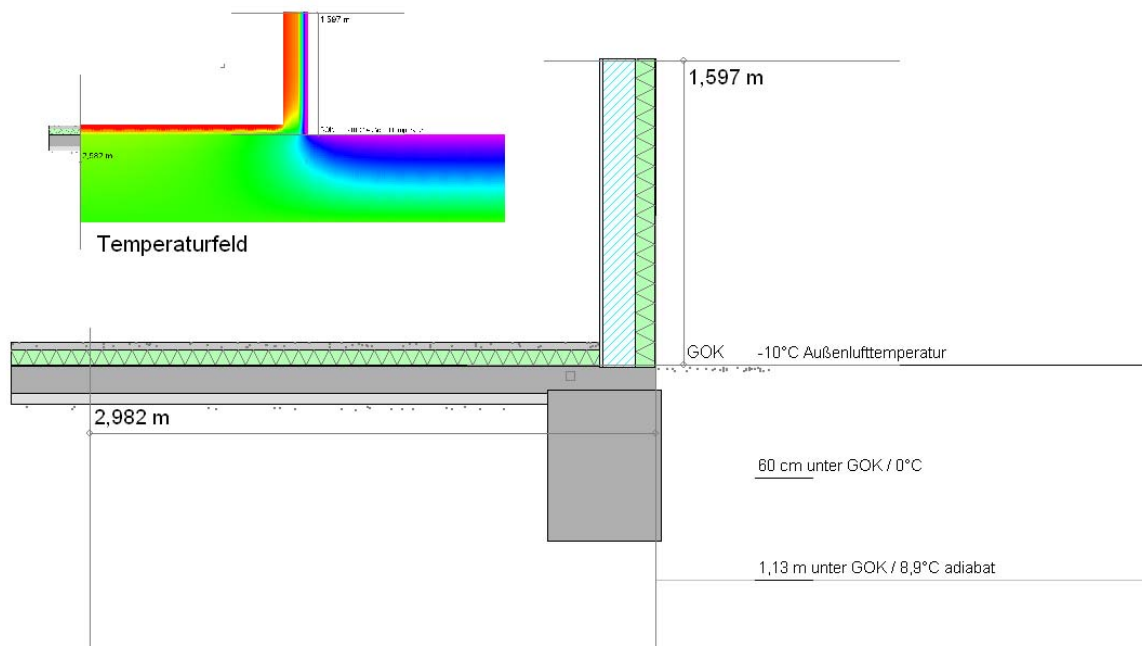
Zur Bestimmung von Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ -Werten) muss man das Temperaturfeld für den gestörten Bereich der Konstruktion berechnen (rechnergestützte, numerische Berechnung mit finiten Elementen). Aus den vorgefundenen Oberflächentemperaturen kann man die örtlichen Leitwerte $L_{2D,i}$ ableiten und zum zweidimensionalen Leitwert der Wärmebrücke L_{2D} summieren. Der ψ -Wert ergibt sich dann als Differenz zwischen ein- und zweidimensional berechneten Leitwerten (= Differenz der Leitwerte zwischen den Berechnungen ohne und mit Wärmebrückeneinfluss). Der Zusammenhang wird für linienförmige Wärmebrücken allgemein mit „Wärmebrückenverlustkoeffizient = ψ -Wert = $L_{2D} - \sum l_i \cdot U_i = L_{2D} - L_{1D}$ “ beschrieben, sh. EN ISO 10211-2, Gl.2.

In Berechnungsmodellen, die teilweise an das Erdreich / den Keller grenzen, muss ein modifizierter Ansatz gewählt werden. Praktische Berechnungen zeigen, dass für das unten grafisch dargestellte Modell (Geländeoberkante an der OK Bodenplatte) der Zusammenhang „ $\psi = L_{2D} - k \cdot L_{1D_{\text{zumErdreich}}} - L_{1D_{\text{zurAußenluft}}}$ “ gilt. Aus zwei Berechnungen mit unterschiedlichen Einflusslängen kann der Korrekturfaktor k berechnet werden, eine dritte Berechnung bestätigt seine Richtigkeit. Die Einflusslängen (horizontal oder vertikal) sind dabei im ungestörten Bereich (außerhalb der Wärmebrücke) zu variieren.

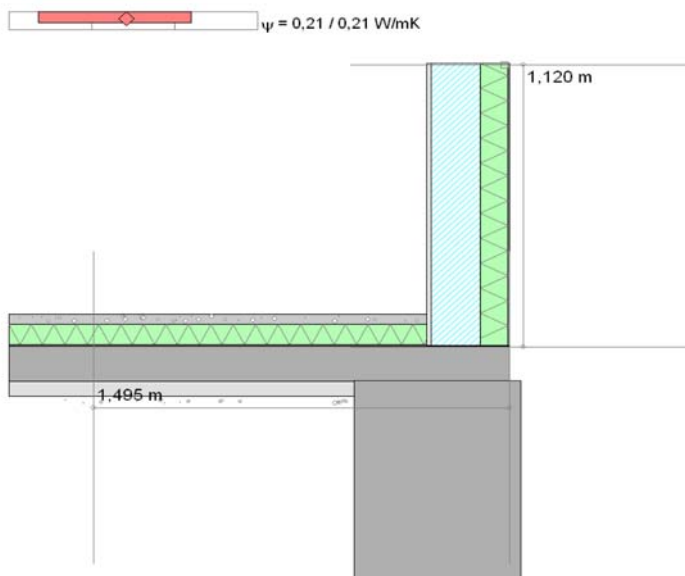
Man hätte es sich denken können: Der mit diesem Modell und Korrekturfaktor „ k “ berechnete ψ -Wert entspricht genau dem ψ -Wert einer konstruktiv identischen Gebäudekante zur Außenluft (2. Abbildung). Der ψ -Wert selbst ist also nachweislich von den umgebenden Temperaturen unabhängig, er ist eine rein konstruktive Größe. Der Zusammenhang wird auch durch Berechnungen mit unterschiedlichen Außentemperaturen bestätigt, die den ψ -Wert nicht verändern.

Ganz trivial ist dieses Ergebnis nicht, jedenfalls wird es im Beiblatt 2 zu DIN 4108 (kürzlich neu erschienen) nicht erwähnt. Gegenrechnungen mit den dort angegebene-

nen, abschnittsweise definierten Randbedingungen finden Sie weiter unten.



Berechnungsmodell für einen Fundamentanschluss mit Erdschüttung, ψ -Wert = $L2D - k \cdot L1D_{zumErreich} - L1D_{zurAußenluft}$. „k“ kann aus zwei Berechnungen mit unterschiedlichen Einflusslängen (Variation im ungestörten Bereich) berechnet werden.



Vereinfachtes Berechnungsmodell mit identischer Konstruktion, anstelle des Erdsreichs wird jedoch Außenluft angenommen. Man berechnet denselben ψ -Wert.

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 noch etwas komplexer in EN ISO 13370 und EN ISO 13789 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 „ $A \cdot U$ “ 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- / 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. Dann 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, Oktober 2006

Andreas Kern

DIN 4108, Beiblatt 2

Ausführungen von Thomas Schüssler ...