

Grundlagen der Wärmebrückenberechnung

Einleitung

Die Dämmung der thermischen Gebäudehülle hat primär die Reduzierung des Heizwärmebedarfes zur Energieeinsparung sowie die Herstellung behaglicher und gesunder Wohn- und Arbeitsbedingungen zum Ziel. Innerhalb der Gebäudehülle muss den Wärmebrücken besondere Beachtung gewidmet werden, weil es bei fehlerhafter Ausführung zu Tauwasserausfall bzw. Durchfeuchtung und in der Folge zu Schimmelpilzbefall und Bauschäden kommen kann. Die Wärmebrückenwirkung wird mit zunehmender Verbesserung des Wärmeschutzes immer bedeutsamer.

Die funktionalen Folgen fehlerhafter Wärmebrücken gehen einher mit einem erhöhten Energieverbrauch über einen gesteigerten Wärmeabfluss sowie mit reduzierten Oberflächentemperaturen, welche die thermische Behaglichkeit für den Nutzer einschränken können.

Durch die richtige Auswahl und Kombination geeigneter Bauteile können Wärmebrücken dahingehend minimiert werden. Bei dieser Auswahl soll der Porenbeton-Wärmebrücken katalog eine wertvolle Hilfestellung geben.

Arten von Wärmebrücken

Bei Wärmebrücken handelt es sich um Bereiche von Außenbauteilen, bei denen gegenüber benachbarten Bauteilen eine erhöhte Wärmestromdichte nach außen zu verzeichnen ist und bei denen zugleich die innere Oberflächentemperatur wesentlich niedriger ist als in den angrenzenden Bauteilen.

In erster Linie werden Wärmebrücken nach der Art ihrer Ursache unterschieden in materialbedingte (konstruktive), geometrische und konvektive Wärmebrücken. Konvektive Wärmebrücken sind nicht Bestandteil der im Porenbeton-Wärmebrücken katalog betrachteten Konstruktionen.

■ **Materialbedingte Wärmebrücken** ergeben sich in erster Linie aus einem konstruktiv notwendigen Materialwechsel innerhalb eines Bauteils / einer Bauteilebene. Beispielsweise führt die Anordnung eines Rollladenkastens oberhalb eines Fensters in

einer ansonsten ungestörten Konstruktion einer hoch wärmedämmenden Außenwand zu einer materialbedingten Wärmebrücke.

- **Geometrische Wärmebrücken** haben ihre Ursache in einem erhöhten Wärmestrom, der aus einer Flächendifferenz zwischen der Innenoberfläche und der ihr entsprechenden jeweiligen Außenoberfläche resultiert. Beispiele dafür sind Gebäudeecken und -kanten.
- **Konvektive Wärmebrücken** entstehen durch Undichtheiten zwischen verschiedenen Bauteilen und Konstruktionen beim Raumabschluss gegen Außenluft. Durch diese Undichtheiten wird (Heiz-)Wärme konvektiv von innen nach außen transportiert. Ein Beispiel ist eine mangelhaft abgedichtete Durchführung einer Entlüftungsleitung durch eine Dachkonstruktion.

Im Weiteren gibt es punktuelle, linienförmige sowie dreidimensionale Wärmebrücken:

- **Punktuelle Wärmebrücken** sind punktuell erhöhte Wärmeabflüsse innerhalb einer homogenen Konstruktion, beispielsweise Mauerwerksanker bei einer Vormauerschale oder Befestigungspunkte für Montageelemente (Vordächer, Beleuchtungen etc.).
- **Linienförmige Wärmebrücken** weisen sich durch einen einheitlichen Querschnitt in einer Richtung aus, z. B. der Anschlag eines Fensterprofils an eine Mauerwerkswand.
- **Dreidimensionale Wärmebrücken** entstehen bei dem Aufeinandertreffen verschiedener linienförmiger Wärmebrücken, z. B. bei einer Innenecke eines Raumes gegen Außenluft.

Kenngößen zur Beschreibung von Wärmebrücken

Wärmebrücken haben im Wesentlichen zwei Effekte: Sie führen zu erhöhten Wärmeabflüssen von innen nach außen und sie senken zugleich die raumseitige Oberflächentemperatur der Außenwände. Zur Beschreibung dieser verschiedenen Effekte dienen die beiden Kenngößen „längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient ψ “ und „Temperaturfaktor f_{Rsi} “.

Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ

Der Wärmeabfluss wird analog dem U-Wert definiert als längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ mit der Einheit $W/(m \cdot K)$. Wie der U-Wert ist er von den umgebenden Temperaturrandbedingungen abhängig. Der Ψ -Wert beschreibt die (energetische) Qualität einer Wärmebrücke. Die detaillierte Berechnung wird in DIN EN ISO 10211 [1] vorgegeben.

Die längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ müssen gemäß DIN V 18599-2 [2] für die folgenden Konstruktionen berechnet werden:

- Gebäudekanten
- Sockelanschlüsse
- Fenster- und Fenstertüranschlüsse
- Fassadenanschlüsse
- Dachanschlüsse
- Wand- und Deckeneinbindungen
- Deckenaufleger
- Balkonplatten
- Sonstige auskragende Bauteile

Temperaturfaktor f_{Rsi}

Die Absenkung der raumseitigen Oberflächentemperatur wird beschrieben mit dem dimensionslosen Temperaturfaktor f_{Rsi} . Unter hygienischen Gesichtspunkten müssen alle linienförmigen Bauteilanschlüsse zwischen benachbarten Bauteilen unter den Randbedingungen einer Raumlufttemperatur von 20 °C bei 50 % relativer Luftfeuchte eine normierte Temperaturdifferenz $f_{Rsi} \geq 0,70$ nach DIN 4108-2 [3] einhalten.

Alle im Porenbeton-Wärmebrücken katalog dargestellten Detail-Anschlusspunkte halten diese Forderung ein, sodass bei üblichem Nutzerverhalten weder Kondensatbildung noch Schimmelpilzbefall an der Bauteiloberfläche auftreten.

Berücksichtigung von Wärmebrücken gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Nach Artikel 1 des Gebäudeenergiegesetzes 2020 [4] ist ein Gebäude so zu errichten, dass der Einfluss konstruktiver Wärmebrücken auf den Jahres-Heizwärmebedarf nach den anerkannten Regeln der Technik und nach den im jeweiligen Einzelfall wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen so gering wie möglich gehalten wird. Der verbleibende Einfluss ist

bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs zu berücksichtigen.

Die in DIN 4108 Beiblatt 2 [5] angegebenen Kategorien A und B beschreiben zwei unterschiedliche energetische Niveaus, wobei Kategorie B als höherwertiger einzustufen ist. Die Kategorie B umfasst auch immer die Kategorie A.

Der Einfluss der Wärmebrücken wird im energiesparendsten Nachweis mittels eines additiven Zuschlags $H_{T,WB} = \Delta U_{WB} \cdot A$ zum Transmissionswärmefluss berücksichtigt. A ist die Summe der Flächen aller Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (thermische Hüllfläche). Der Ansatz zur Ermittlung von ΔU_{WB} ist bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs auf eine der folgenden Arten zu berücksichtigen:

- Ohne Nachweis ist pauschal mit einem Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,10 W/(m^2 \cdot K)$ zu rechnen.
- Bei Außenbauteilen mit innenliegender Dämmschicht und einbindender Massivdecke ist ohne Nachweis pauschal mit einem erhöhten Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,15 W/(m^2 \cdot K)$ zu rechnen.
- Mit Überprüfung und Einhaltung der Gleichwertigkeit nach DIN 4108 Beiblatt 2:
 - Wenn bei allen Anschlüssen die Merkmale und Kriterien nach Kategorie A erfüllt sind, kann der Wärmebrückenzuschlag zu $\Delta U_{WB} = 0,05 W/(m^2 \cdot K)$ gesetzt werden.
 - Wenn bei allen Anschlüssen die Merkmale und Kriterien nach Kategorie B erfüllt sind, kann der Wärmebrückenzuschlag zu $\Delta U_{WB} = 0,03 W/(m^2 \cdot K)$ gesetzt werden.
 - Bei einem oder mehreren Details ist der Gleichwertigkeitsnachweis nach DIN 4108 Beiblatt 2 nicht erbracht:
 - Die durch Gleichwertigkeit nachgewiesenen Details entsprechen überwiegend Kategorie A: $\Delta U_{WB} = [\sum (\Delta \Psi_i \cdot I_i)] / A + 0,05 [W/(m^2 \cdot K)]$
 - Die durch Gleichwertigkeit nachgewiesenen Details entsprechen überwiegend Kategorie B $\Delta U_{WB} = [\sum (\Delta \Psi_i \cdot I_i)] / A + 0,03 [W/(m^2 \cdot K)]$
 Dabei ist $\Delta \Psi_i$ die Differenz aus dem projektbezogenen, längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{Projekt}$ einer Wärmebrücke, die nicht durch Gleichwertigkeit in der jeweiligen Kategorie nachgewiesen ist, und dem Referenzwert $\Psi_{Referenz}$ einer Wärmebrücke aus DIN 4108 Beiblatt 2:

$$\Delta \Psi_i = \Psi_{Projekt} - \Psi_{Referenz} [W/(m^2 \cdot K)]$$

- Ein oder mehrere Details sind nicht in DIN 4108 Beiblatt 2 enthalten:
 - Die durch Gleichwertigkeit nachgewiesenen Details entsprechen überwiegend Kategorie A:
 $\Delta U_{WB} = [\sum (\Delta \Psi_i \cdot l_i)]/A + 0,05 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$
 - Die durch Gleichwertigkeit nachgewiesenen Details entsprechen überwiegend Kategorie B
 $\Delta U_{WB} = [\sum (\Delta \Psi_i \cdot l_i)]/A + 0,03 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$
 Dabei ist $\Delta \Psi_i$ der projektbezogene, längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient einer Wärmebrücke, die nicht in DIN 4108 Beiblatt 2 enthalten ist.
- Die Wärmebrückenwirkung kann alternativ projektbezogen ermittelt und mithilfe eines individuellen Wärmebrückenzuschlags ΔU_{WB} , der z. B. auf Grundlage des Porenbeton-Wärmebrückenkataloges errechnet wurde, berücksichtigt werden. Der detaillierte Wärmebrückenansatz führt häufig zu einem projektbezogenen Wärmebrückenzuschlag, der deutlich unter den vorgenannten Pauschalwerten liegt und somit einen Vorteil für den energetischen Nachweis liefert.

Gleichwertigkeitsnachweis gemäß DIN 4108 Beiblatt 2

Der Gleichwertigkeitsnachweis kann gemäß DIN 4108 Beiblatt 2 bildlich oder rechnerisch erfolgen:

a) Bildlicher Gleichwertigkeitsnachweis

- Eindeutige Zuordnung des konstruktiven Grundprinzips und Übereinstimmung der beschriebenen Bauteilabmessungen, Baustoffeigenschaften und Wärmeleitfähigkeiten. Der Gleichwertigkeitsnachweis gilt auch als erfüllt, wenn bei Berechnung des Anschlussdetails der Referenzwert überschritten wird.
- Bei Materialien mit abweichender Wärmeleitfähigkeit erfolgt der Nachweis über den Wärmedurchlasswiderstand R der jeweiligen Schicht.

b) Rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis

Die Gleichwertigkeit des entsprechenden Anschlussdetails ist mit einer Wärmebrückenberechnung nach DIN EN ISO 10211 nachgewiesen.

Ebenso können Werte für längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ Wärmebrückenkatalogen (z. B. Porenbeton-Wärmebrückenkatalog) entnommen werden, die auf den in DIN 4108 Beiblatt 2 festgelegten Randbedingungen basieren.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 10211: Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen; Deutsche Fassung EN ISO 10211:2017, Ausgabe 2018-03
- [2] DIN V 18599-2: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen, Ausgabe 2018-09
- [3] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Ausgabe 2013-02
- [4] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG) vom 8. August 2020, mit Änderung durch Bundesratsbeschluss vom 8. Juli 2022
- [5] DIN 4108 Beiblatt 2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Beiblatt 2: Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele; Ausgabe 2019-06