

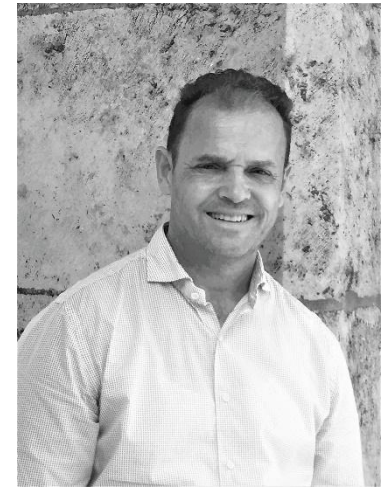




## Vorstellung:

Johannes Volland - Ingenieurbüro

- seit 1996 als Bauingenieur tätig
- seit 1999 als Energieberater tätig
- Seit 1999 Mitglied beim Verein BAYERNenergie
- seit 2015 Energieberater Baudenkmal
- Ingenieurbüro in Regensburg mit vier Mitarbeitern
- Schwerpunkt: Energieeffizientes Bauen und Sanieren von Gebäuden und Planen von ökologischen Holzhäusern
- Referent für die Themen Wärmebrücken, EnEV und KfW-Förderungen, Sanierung von Wohneigentümergeinschaften
- diverse Publikationen und Fachbücher
- Sachverständiger für „Hygrothermische Bauphysik“
- Sachverständiger für Nachhaltiges Bauen (Sti, Birn)



## Einleitung

|                                                           |                 |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>1. Einfluss von Wärmebrücken auf die Energiebilanz</b> | <b>Seite 12</b> |
| <b>2. Wärmebrücken nach GEG 2023</b>                      | <b>Seite 15</b> |
| <b>3. Allgemeine Definition von Wärmebrücken</b>          |                 |
| <b>3. Gleichwertigkeitsnachweis</b>                       | -               |
| 3.1 Allgemeines zum Beiblatt 2                            | -               |
| 3.2 Prinzipielle Erläuterung des Nachweisverfahrens       | -               |
| 3.3 Berücksichtigung von Bauelementen                     | -               |
| 3.4 Vorgehensweise bei der Durchführung                   | -               |
| 3.5 Keine Eindeutige Zuordnung zur Kategorie A oder B     | -               |
| 3.6 Formblätter für den Gleichwertigkeitsnachweis         | -               |
| 3.7 Sonderregelungen für Effizienzhäuser                  | -               |
| 3.8 Beispiel Sanierung Einfamilienhaus                    | -               |

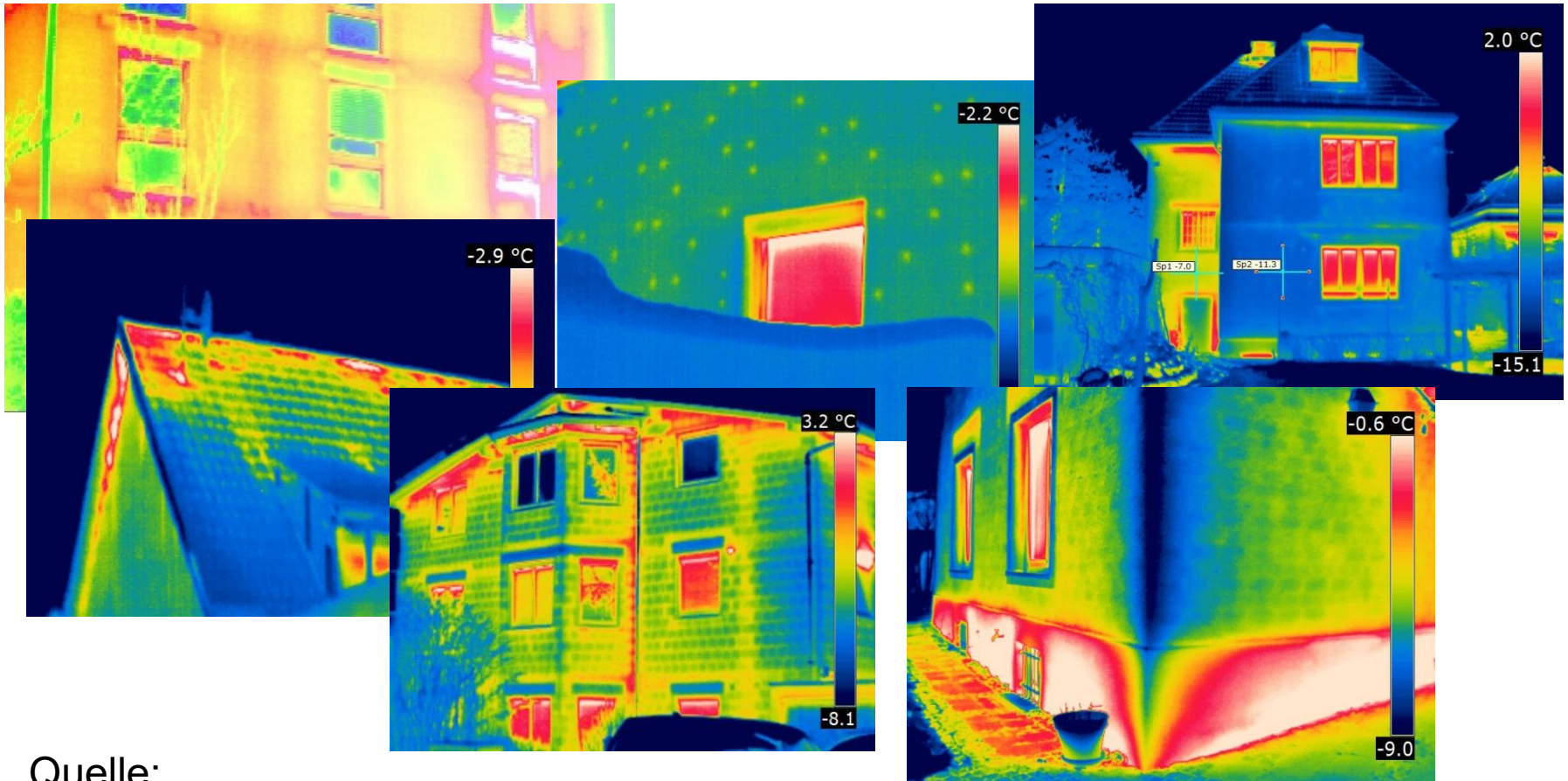
## Einleitung

### **Workshop Wärmebrücken II (nicht Teil des Seminars)**

- 4. Berechnung von Wärmebrücken -
- 4.1 Definition von Wärmebrücken -
- 4.2 Kennwerte von Wärmebrücken -
- 4.3 Oberflächentemperaturen und Schimmelpilzgefahr -
- 4.4 Berechnung der Oberflächentemperaturen -
- 4.5 Wärmeverluste über Wärmebrücken -
- 4.6 Erfassung der Wärmebrücken für die detaillierte Berechnung -



# Einleitung - Warum beschäftigen wir uns mit Wärmebrücken!



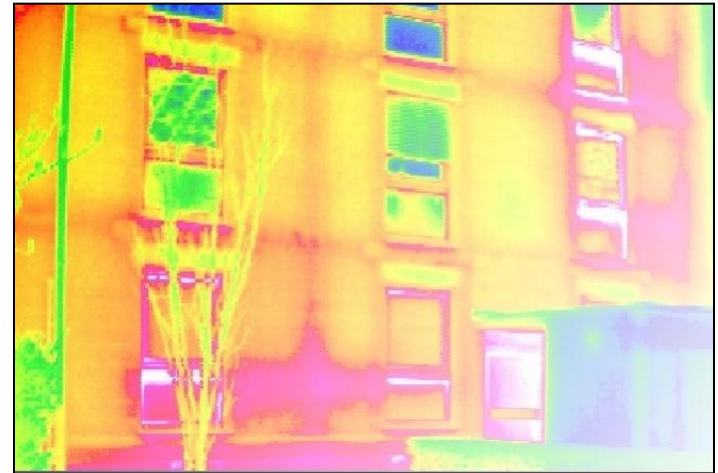
Quelle:  
Michael Pils

## Einleitung - Warum beschäftigen wir uns mit Wärmebrücken?

- um energetische Schwachstellen aufzudecken
- ein behagliches Raumklima zu garantieren
- um Schimmelpilzfreiheit zu gewährleisten
- um Bauschäden zu vermeiden
- um bessere Fördermöglichkeiten zu erzielen

## A. Erhöhter Energieverbrauch

An Wärmebrücken kann ein höherer Energiefluss vorhanden sein, als in den ungestörten Bereichen der Gebäudehülle. Insbesondere bei nachträglich gedämmten Gebäuden können die Wärmeverluste an den Wärmebrücken im ungünstigsten Fall bis zu 25 % der Gesamtwärmeverluste ausmachen.



Wo ist das geregelt:

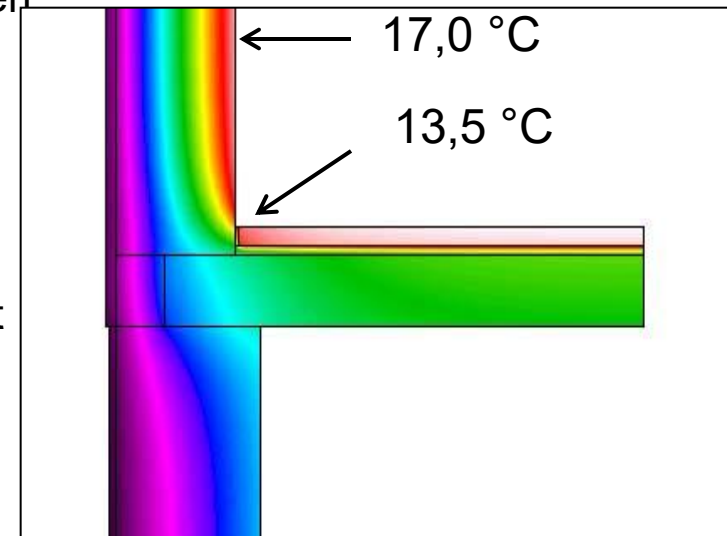
Bei der Erstellung von Energieausweisen müssen Wärmeverluste über Wärmebrücken nach GEG berücksichtigt werden



## B. Beeinträchtigung der thermischen Behaglichkeit

Aufgrund von Wärmebrücken entstehen an der inneren Oberfläche von Bauteilen unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die mehrere °C ausmachen können. Wärmebrücken kühlen die Bauteile in deren Bereich ab.

Niedrige Oberflächentemperaturen werden als unangenehm empfunden, da sie im Winter weniger Strahlungswärme abgeben. Aufgrund dessen wird oft die Innentemperatur erhöht, damit die Raumluft die fehlende Strahlungswärme ausgleicht.



Wo wird das geregelt:

Das Passivhausinstitut gibt vor, dass für ein behagliches Raumklima an keiner Stelle die innere Oberflächentemperatur unter 17 ° liegen darf.

## C. Vermeiden von Schimmelpilzen

An kalten Bauteilen fällt wesentlich schneller Feuchtigkeit aus als an warmen Bauteilen.

Je höher die Temperatur der Luft ist, um so mehr Feuchtigkeit kann sie aufnehmen. Wenn an kalten Bauteilen die Raumluft so stark abgekühlt wird, dass sie die Feuchtigkeit nicht mehr halten kann, fällt sie aus und das Bauteil wird feucht.

An feuchten Stellen können sich Schimmelpilze bilden, die für den Menschen ein erhebliches Gesundheitsrisiko darstellen.



Wo wird das geregelt:

Die DIN 4108-2 regelt die Randbedingungen für den Feuchteschutz an Bauteilen.

## D. Bessere Fördermöglichkeiten über die KfW

Wenn Wärmebrücken sorgfältig geplant und ausgeführt werden, ergibt sich bei einer detaillierte WB-Berechnung ein Wärmebrückenfaktor  $\Delta U_{WB}$  kleiner als  $0,025 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Dies kann dazu führen, dass auf Grund des kleineren Wärmebrückenzuschlags bessere Effizienzhausstandards erreicht werden können.



## 1. Einfluss von Wärmebrücken auf die Energiebilanz

Als erstes soll dargestellt werden, inwieweit der pauschale Wärmebrückenzuschlag die Energiebilanz eines Gebäudes beeinflusst.

In der nachfolgenden Tabelle wird dargestellt, wie dick ein Mauerwerk sein muss (Spalte 4 - 6), damit unter Berücksichtigung des  $\Delta U_{WB}$  von 0,02, 0,05 und 0,10 W/(m<sup>2</sup>·K) der gleiche  $U_{AW}$ - Wert erreicht wird (Spalte 3), wie ohne Berücksichtigung des Wärmebrückenfaktors .

## Einfluss des Wärmebrückenfaktors $\Delta U_{WB}$ auf die Dicke des Mauerwerks zur Einhaltung eines vorgegebenen U- Wertes

| Regel-Mauerwerksdicke<br>$U_{AW}$ - Wert ohne $\Delta U_{WB}$<br>$U_{AW} = 1/(0,13 + d/\lambda + 0,04)$ |                           |                    | Erforderliche Dicke<br>für gleichen U-Wert einschl. $\Delta U_{WB}$<br>$U_{gesamt} = U_{AW} + \Delta U_{WB}$ |                             |                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1                                                                                                       | 2                         | 3                  | 4                                                                                                            | 5                           | 6                           |
| Dicke d<br>m                                                                                            | $\lambda$ -Wert<br>W/(mK) | U- Wert<br>W/(m²K) | $\Delta U_{WB} = 0,02$<br>m                                                                                  | $\Delta U_{WB} = 0,05$<br>m | $\Delta U_{WB} = 0,10$<br>m |
| 0,30                                                                                                    | 0,21                      | 0,63               | 0,31                                                                                                         | 0,33                        | 0,36                        |
| 0,365                                                                                                   | 0,21                      | 0,52               | 0,38                                                                                                         | 0,41                        | 0,46                        |
| 0,42                                                                                                    | 0,21                      | 0,46               | 0,44                                                                                                         | 0,48                        | 0,55                        |

| Dicke<br>m | $\lambda$ -Wert<br>W/(mK) | U- Wert<br>W/(m²K) | $\Delta U_{WB} = 0,02$<br>m | $\Delta U_{WB} = 0,05$<br>m | $\Delta U_{WB} = 0,10$<br>m |
|------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 0,30       | 0,09                      | 0,29               | 0,32                        | 0,37                        | 0,47                        |
| 0,365      | 0,09                      | 0,24               | 0,40                        | 0,47                        | 0,64                        |
| 0,42       | 0,09                      | 0,21               | 0,47                        | 0,56                        | 0,83                        |

Heizung: Biomasse

1)  $U_{AW} = 1 : (0,13 + d/\lambda + 0,04)$

2)  $U_{gesamt} = U_{AW} + \Delta U_{WB}$

## Wie groß ist der Einfluss des Wärmebrückenfaktors $\Delta U_{WB}$

### Gebäude WSCHVO 1984:

|                                               |   |                                                   |                             |
|-----------------------------------------------|---|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| Mittlerer U- Wert Hülle                       | = | 0,65 W/m <sup>2</sup> K ohne Wärmebrückenverluste |                             |
| $U_M + \Delta U_{WB}$ 0,10 W/m <sup>2</sup> K | = | 0,75 W/m <sup>2</sup> K                           | Einfluss in % = <b>15</b> % |
| $U_M + \Delta U_{WB}$ 0,05 W/m <sup>2</sup> K | = | <b>0,70</b> W/m <sup>2</sup> K                    | Einfluss in % = <b>8</b> %  |
| $U_M + \Delta U_{WB}$ 0,03 W/m <sup>2</sup> K | = | <b>0,68</b> W/m <sup>2</sup> K                    | Einfluss in % = <b>5</b> %  |

### Gebäude KfW-Effizienzhaus 40:

|                                               |   |                                                   |                             |
|-----------------------------------------------|---|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| Mittlerer U-Wert Hülle                        | = | 0,15 W/m <sup>2</sup> K ohne Wärmebrückenverluste |                             |
| $U_M + \Delta U_{WB}$ 0,10 W/m <sup>2</sup> K | = | <b>0,25</b> W/m <sup>2</sup> K                    | Einfluss in % = <b>66</b> % |
| $U_M + \Delta U_{WB}$ 0,05 W/m <sup>2</sup> K | = | <b>0,20</b> W/m <sup>2</sup> K                    | Einfluss in % = <b>33</b> % |
| $U_M + \Delta U_{WB}$ 0,03 W/m <sup>2</sup> K | = | <b>0,18</b> W/m <sup>2</sup> K                    | Einfluss in % = <b>20</b> % |



## 2. Berücksichtigung der Wärmebrücken nach GEG 2023

### Pauschaler Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB}$

Nach GEG § 12 sind die zusätzlichen Wärmeverluste über Wärmebrücken nach DIN V 18599-2 zu berücksichtigen.

Der Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB}$  kann nach beiden Normen als pauschaler spezifischer Wärmebrückenzuschlag angesetzt oder genau berechnet werden. Er gibt an, wie viel Wärme **zusätzlich** über Wärmebrücken, bezogen auf die Gebäudehülle, verloren geht.

$$\Delta U_{WB} = \sum \psi_j \cdot l_j / \sum A_i \quad \text{in W/(m}^2\text{K)}$$

$$H_{WB} = \Delta U_{WB} \cdot \sum A_i \quad \text{in W/K}$$

## **Pauschaler Wärmbrückenzuschlag für Neubauten:**

a) Im Regelfall:

$$\Delta U_{WB} = 0,10 \quad W/(m^2 \cdot K)$$

b) Wärmebrücken nach DIN 4108 Beiblatt 2 oder gleichwertig:

$$\Delta U_{WB} = 0,05 \quad \text{Kategorie A} \quad W/(m^2 \cdot K)$$

$$\Delta U_{WB} = 0,03 \quad \text{Kategorie B} \quad W/(m^2 \cdot K)$$

## **Pauschaler Wärmbrückenzuschlag für bestehende Gebäude:**

Zusätzliche Regelung:

c) Wenn mehr als 50 % der Außenwand mit einer innenliegenden Dämmschicht und einbindenden Massivdecke versehen sind:

$$\Delta U_{WB} = 0,15 \quad W/(m^2 \cdot K)$$

## **Detaillierte Berechnung der Wärmebrücken**

Weiterhin können sowohl für Neubauten als auch für Altbauten die Wärmebrückenverluste durch einen genauen Nachweis Beiblatt 2 und nach DIN EN ISO 10211 in Verbindung mit weiteren anerkannten Regeln der Technik erfolgen. Hierzu werden spezielle Wärmebrückenkataloge und Rechenprogramme angeboten.

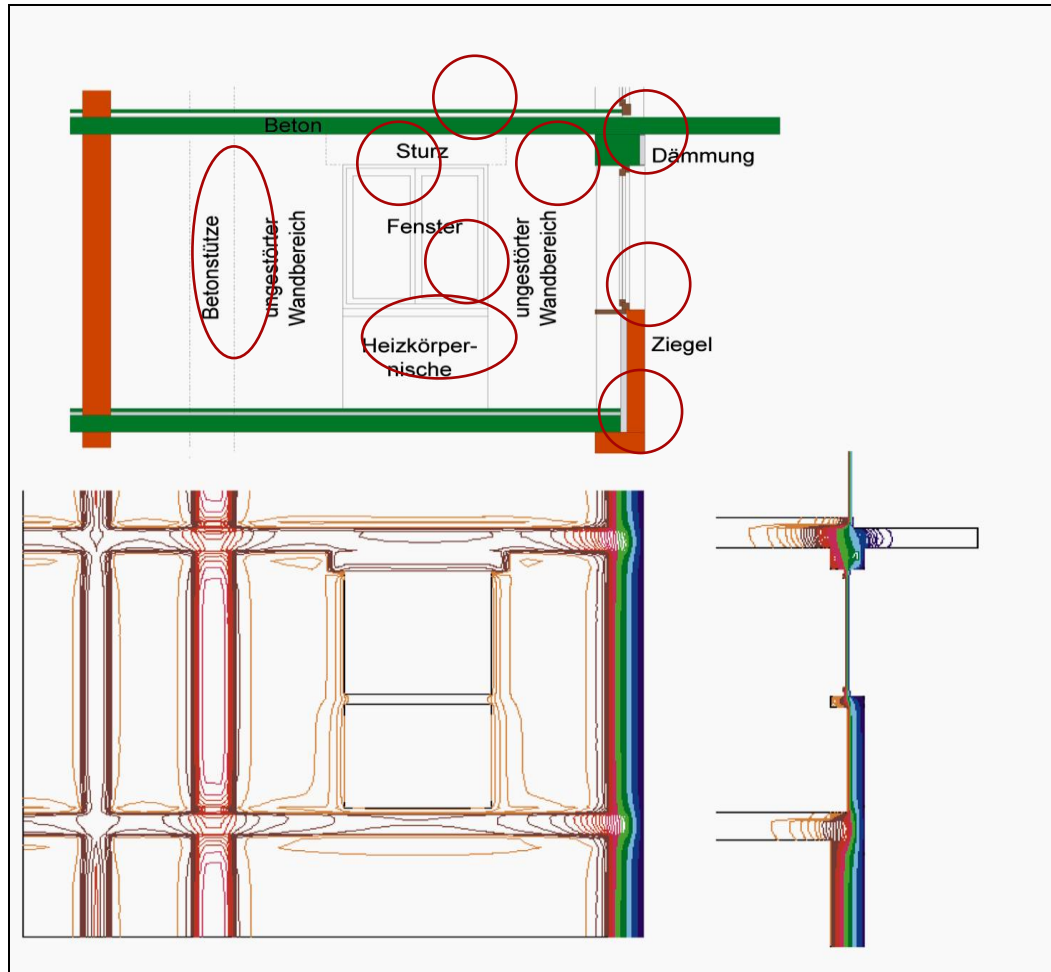
### 3. Allgemeine Definition von Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Bauteilbereiche, an denen ein größerer Wärmestrom fließt als an der übrigen ungestörten Fläche des Bauteils. Dies wird verursacht durch

- Materialwechsel in der Bauteilebene
- Bauteilgeometrie

Man spricht auch von stofflichen oder geometrischen Wärmebrücken, deren Phänomene sich durchaus überlagern können.

## Innenansicht und Schnitt einer Außenwand mit Darstellung der Isothermen

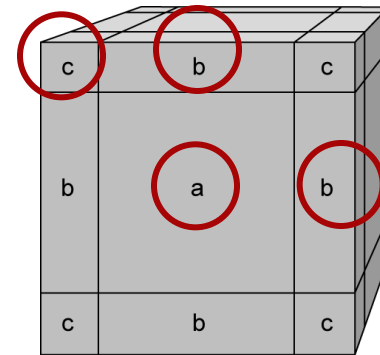


## DIN EN ISO 10211

In der DIN EN ISO 10211 sind Algorithmen zur Erfassung von Wärmebrücken beschrieben. Danach sind zur Ermittlung der niedrigsten Temperaturen an geometrischen Wärmebrücken in Abhängigkeit des zu betrachtenden Bereiches drei Modelle zu unterscheiden:

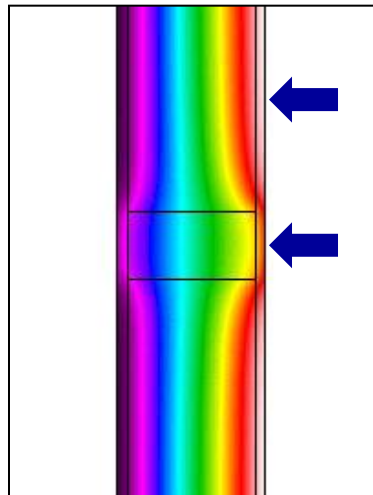
- a) eindimensionale
- b) zweidimensionale
- c) dreidimensionale Wärmebrücken

Die einzelnen Wärmebrücken können sich auch überlagern.



## a) Eindimensionale Wärmebrücken

Eindimensionale Wärmebrücken werden durch unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten  $\lambda$  verursacht, die bei Stoffunterschieden innerhalb eines Bauteils auftreten, z. B.:



Ziegelwand

$\lambda = 0,12 \text{ W/(mK)}$

Stahlbetonstütze

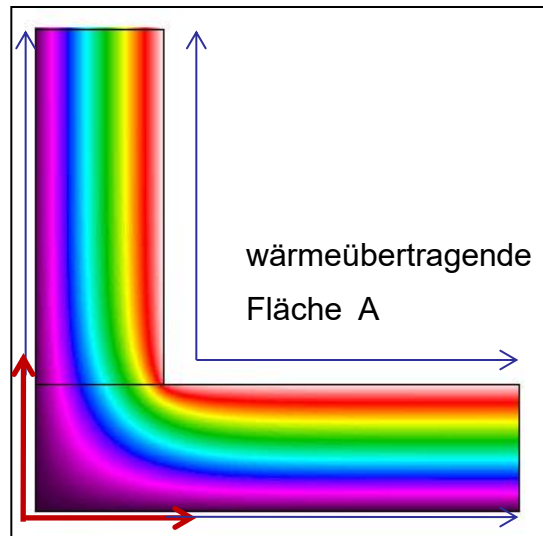
$\lambda = 2,3 \text{ W/(mK)}$

- Stahlbetonstütze im Mauerwerk,
- Fachwerkkonstruktionen,
- Ringanker,
- Deckenaufleger.



## b) zweidimensionale Wärmebrücken

Zweidimensionale Wärmebrücken entstehen an den Raumkanten, also dort, wo die innere und die äußere Bauteilfläche unterschiedlich groß sind (vgl. Abb. 1.5). Zweidimensionale Wärmebrücken treten z. B. an folgenden Stellen auf:



zusätzliche wärmeübertragende  
**Fläche B**

Beispiel:

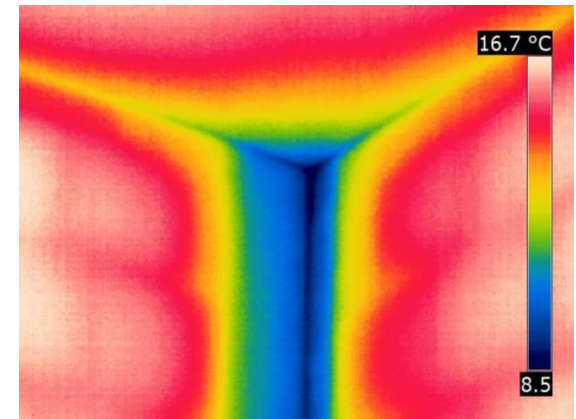
- Gebäudeecken,
- Auskragungen wie Balkonplatte,
- Rück- und Vorsprünge in der Gebäudehülle,
- Deckenaufleger

Zweidimensionale Wärmebrücken können nicht vermieden, sondern deren Auswirkung nach Möglichkeit weitgehend reduziert werden.

## c) Dreidimensionale Wärmebrücken

Dreidimensionale Wärmebrücken entstehen an Gebäudeecken. Sie entstehen überall dort, wo drei oder mehr Bauteile aufeinandertreffen oder ein Bauteil punktuell ein anderes berührt oder durchstößt, z. B.:

- Ecken von auskragenden Bauteilen,
- Ecke Anschluss Dach – Außenwände,
- Ecke Anschluss Außenwände – Bodenplatte.



Quelle: Michael Pils

Zu den dreidimensionalen Wärmebrücken gehören auch die punktförmigen Wärmebrücken wie einbindende Stützen in Decken und Verankerungen von Wärmedämmverbundsystemen.

## d) Überlagerung von Wärmebrücken

Es können sich auch verschiedene Wärmebrücken überlagern. Dies geschieht, wenn an Gebäudekanten unterschiedliche Materialien zusammentreffen.

Ein Paradebeispiel dafür ist die auskragende Balkonplatte. Dort ist sowohl eine Gebäudekante als auch ein Materialwechsel vorhanden. Diese Stellen sind besonders gefährdet, da hier starke Temperaturunterschiede entstehen können.

