

Aufgabe - Wärmedurchgang Wand

Eine Außenwand hat folgenden Aufbau:

- Innenputz $d_1 = 10 \text{ mm}$ und $\lambda_1 = 1 \text{ W/(mK)}$
- Ziegel $d_2 = 300 \text{ mm}$ und $\lambda_2 = 0,6 \text{ W/(mK)}$
- Außenputz $d_3 = 10 \text{ mm}$ und $\lambda_3 = 1 \text{ W/(mK)}$.

Die Lufttemperatur beträgt $\vartheta_{\text{Luft}} = 22 \text{ °C}$, die Außentemperatur $\vartheta_a = -10 \text{ °C}$. Die Wärmeübergangswiderstände betragen $R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $R_a = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Fragen

- Welchen k - bzw. U -Wert hat die Wand?
- Welchen Wärmedurchgangswiderstand R_k hat die Wand?
- Welche Oberflächentemperatur herrscht auf der Innenwand?
- Wie dick müsste eine zusätzliche Außendämmung mit $\lambda_4 = 0,04 \text{ W/(mK)}$ sein, damit bei gleicher Raumlufttemperatur die Wärmeverlustleistung durch die Wand auf ein Viertel reduziert wird?
- Wie hoch ist die Oberflächentemperatur auf der Innenwand nun?
- In welcher Bauteilschicht liegt der Gefrierpunkt (mit rechnerischen Nachweis) bei der Wand mit Dämmung?
- Kann die Raumlufttemperatur nach der Dämmung abgesenkt werden, um für die Nutzer des Raumes die gleiche Empfindungstemperatur zu erreichen?

Antworten

- a) Einfacher ist es, den U -Wert aus dem R -Wert zu bestimmen, auch wenn dies erst unter b) gefragt ist.

$$R_k = R_i + R_a + \sum \frac{d}{\lambda} = 0,13 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,01\text{m}}{1\text{W/mK}} + \frac{0,30\text{m}}{0,6\text{W/mK}} + \frac{0,01\text{m}}{1\text{W/mK}} = 0,69 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$
$$U = k = \frac{1}{R_k} = \frac{1}{0,69\text{m}^2\text{K/W}} = 1,449 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

- b) Der Wärmedurchgangswiderstand wurde bereits unter a) bestimmt. Er beträgt

$$R_k = 0,69 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

- c) Es gilt für alle Schichten dieser Wand, dass der Wärmefluss \dot{q} gleich ist. Die Temperaturabfälle in einzelnen Schichten verhalten sich wie die Widerstände. Großer Widerstand, großer Temperaturabfall und umgekehrt. Dabei können auch beliebige Schichten zusammengefasst werden. Für diese Berechnung eignet sich die folgenden beiden Schichten: die gesamte W (mit dem gesamten Temperaturgefälle) und der Wärmeübergang innen (mit dem Temperaturgefälle Innen zu Innenwandoberfläche):

$$\frac{\vartheta_i - \vartheta_a}{R_k} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_{i,\text{oberfl.}}}{R_i}$$
$$\vartheta_{i,\text{oberfl.}} = \vartheta_i - \frac{R_i}{R_k} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) = 22 \text{ °C} - \frac{0,13}{0,69} \cdot 32\text{K} = 15,97 \text{ °C} = 16 \text{ °C}$$

- d) Wenn die Verlustleistung nach der Dämmung nur noch 1/4 betragen soll, dann muss der Wärmestrom geviertelt werden oder der Gesamtwiderstand der vervierfacht. Der neue Gesamtwiderstand beträgt:

$$R_{k,neu} = 4 \cdot R_k = 4 \cdot 0,69 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = 2,76 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Dieser Gesamtwiderstand ist eine Summe aller Einzelwiderstände. Die neue Dämmschicht muss also folgenden Widerstand haben:

$$R_{D\ddot{a}} = R_{k,neu} - R_k = 2,76 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} - 0,69 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = 2,07 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Bei einer Leitfähigkeit von $\lambda_4 = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$ ergibt sich dieser Widerstand der Dämmung gerade bei folgender Schichtdicke der Dämmung:

$$d_{D\ddot{a}} = R_{D\ddot{a}} \cdot \lambda_4 = 2,07 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,04 \frac{\text{W}}{\text{mK}} = 0,083\text{m} \approx 8\text{cm}$$

- e) Der Ansatz ist derselbe wie unter Punkt c). Die Temperatur auf der Innenwand beträgt:

$$\vartheta_{i,oberfl.} = \vartheta_i - \frac{R_i}{R_k} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) = 22^\circ\text{C} - \frac{0,13}{2,76} \cdot 32\text{K} = 20,5^\circ\text{C}$$

- f) Die Vorüberlegung ist die folgende: der Gefrierpunkt in der Wand mit Dämmung liegt sicher in der Dämmschicht, weil diese den höchsten Widerstand hat und damit in ihrem Inneren den höchsten Temperaturabfall aufweist. Der rechnerische Nachweis ist erbracht, wenn die Temperaturen auf beiden Seiten der Dämmung berechnet werden. Der Ansatz folgt dem unter c).

Die Temperatur auf der Innenseite der Dämmung beträgt (mit $R_{\text{Innenputz}} = 0,01\text{W}/\text{mK}$, $R_{\text{Mauer}} = 0,5\text{W}/\text{mK}$):

$$\frac{\vartheta_i - \vartheta_a}{R_k} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_{i,oberfl.D\ddot{a}}}{R_i + R_{\text{Innenputz}} + R_{\text{Mauer}}}$$

$$\vartheta_{i,oberfl.D\ddot{a}} = \vartheta_i - \frac{(R_i + R_{\text{Innenputz}} + R_{\text{Mauer}})}{R_k} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) = 22^\circ\text{C} - \frac{0,13 + 0,01 + 0,5}{2,76} \cdot 32\text{K} = 14,6^\circ\text{C}$$

Die Temperatur auf der Außenseite der Dämmung beträgt (mit $R_{\text{Außenputz}} = 0,01\text{W}/\text{mK}$):

$$\frac{\vartheta_i - \vartheta_a}{R_k} = \frac{\vartheta_{a,oberfl.D\ddot{a}} - \vartheta_a}{R_a + R_{\text{Außenputz}}}$$

$$\vartheta_{a,oberfl.D\ddot{a}} = \vartheta_a + \frac{(R_a + R_{\text{Außenputz}})}{R_k} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) = -10^\circ\text{C} + \frac{0,04 + 0,01}{2,76} \cdot 32\text{K} = -9,4^\circ\text{C}$$

Der Gefrierpunkt muss in der Dämmschicht liegen.

- g) Die Temperatur der Raumlufte kann abgesenkt werden. Für den Nutzer setzt sich die Empfindungstemperatur aus Anteilen der Raumlufteemperatur und der Oberflächentemperatur der Raumumschließungsflächen (Strahlungstemperatur) zusammen. Wenn die Oberflächentemperatur der Außenwand nach der Dämmung steigt, kann die Raumlufteemperatur abgesenkt werden.