

Aufgabe - Energiebilanz EnEV

Für ein bestehendes Einfamiliengebäude liegt ein Wärmeschutznachweis nach Wärmeschutzverordnung (WSchV 95) vor. Der errechnete Heizwärmebedarf $Q_{h,WSchV}$ liegt 8 % unter dem damals zulässigen Maximalwert. Folgende Randdaten gelten:

- Kompaktheit: $A/V_e = 0,96 \text{ m}^{-1}$
- äußeres Gebäudevolumen: $V_e = 750 \text{ m}^3$
- Luftvolumen: $V = 0,8 \cdot V_e$
- mittlerer Luftwechsel: $n = 0,8 \text{ h}^{-1}$
- Gradtagszahl: $Gt_{WSchV} = 84 \text{ kWh/a}$
- nutzbare innere und solare Wärmegewinne: $\eta \cdot (Q_i + Q_s) = 7500 \text{ kWh/a}$
- maximal zulässiger Heizwärmebedarf: $q_{h,max,WSchV} = 43,19 + 54,13 \cdot \frac{A}{V_e}$
mit A/V_e in m^{-1} und $q_{h,max,WSchV}$ in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Fragen

- Bestimmen Sie die Nutzfläche A_N ($A_N = 0,32 \text{ m}^{-1} \cdot V_e$) des Gebäudes sowie die Größe der äußeren Hüllfläche A
- Wie hoch ist der für dieses Gebäude maximal zulässige Heizwärmebedarf $Q_{h,max,WSchV}$ in kWh/a ? Wie hoch ist der errechnete Heizwärmebedarf $Q_{h,WSchV}$ in kWh/a laut Wärmeschutznachweis?
- Bestimmen Sie den spezifischen Lüftungswärmeverlust H_V in W/K ! Die Stoffdaten der Luft sind zusammengefasst: $\rho \cdot c_p = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$.
- Ermitteln Sie aus der Energiebilanz für den Heizwärmebedarf $Q_{h,WSchV} = 0,9 \cdot Gt_{WSchV} \cdot (H_T + H_V) - \eta \cdot (Q_s + Q_i)$ die Größe H_T und den mittleren U-Wert (früher k-Wert) für die Gebäudehüllfläche!

Das Gebäude soll nun mit den Randbedingungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) erneut bilanziert werden. Für die neue Bilanz gelten folgende Daten:

- Gradtagszahl: $Gt_{EnEV} = 66 \text{ kWh/a}$
 - Innere und solare Wärmegewinne: $Q_i + Q_s = 6600 \text{ kWh/a}$
 - Luftwechsel: $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$
- Der mittlere U-Wert für die Gebäudehülle wird vereinfachend aus dem Wärmeschutznachweis abgeleitet. Es gilt: $U_{EnEV} = U_{WSchV} + 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Bestimmen Sie den neuen Wert für H_T und den neuen Wert für H_V .
 - Bestimmen Sie den Heizwärmebedarf $Q_{h,EnEV}$ in kWh/a mit den neuen Bilanzanteilen. Die Energieeinsparverordnung bilanziert folgendermaßen:
 $Q_{h,EnEV} = Gt_{EnEV} \cdot (H_T + H_V) - 0,95 \cdot (Q_s + Q_i)$.
Geben Sie auch den spezifischen Heizwärmebedarf $q_{h,EnEV}$ in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ bezogen auf die Nutzfläche A_N an!

- g) Wie hoch ist der maximal zulässigen Wert für H_T' aus der Tabelle 1 der EnEV (siehe Anlage)? Mit welchem Wert, den Sie schon berechnet haben, kann man H_T' vergleichen? Erfüllt das Gebäude die Anforderung bezüglich H_T' ?
- h) Welcher maximale Primärenergiebedarf Q_P'' in kWh/(m²a) ist für das Gebäude zugelassen (siehe Anlage)? Gehen Sie von zentraler Wärmeversorgung für Heizung und Warmwasserbereitung mit Gas-Brennwertkessel aus.
- i) Wie hoch darf die Summe aller auf die Nutzfläche bezogenen Wärmeverluste (Wärmeübergabe, -verteilung, -speicherung und -erzeugung) somit maximal sein, wenn für Heizung und Warmwasserbereitung der Primärenergiefaktor für Gas ($f_P=1,1$) angesetzt wird? Es gelten folgende weitere Randdaten:
- Nutzen für die Warmwasserbereitung: $q_{tw}=12,5$ kWh/(m²a)
 - Primärenergiebedarf für alle Hilfsenergien: $q_{EL,P}=10$ kWh/(m²a)
 - Primärenergiebedarf: $q_P = f_P \cdot (q_h + q_{tw} + \Sigma q_{\text{verluste}}) + q_{EL,P}$

Anlage

| Verhältnis A/V_e | Jahres-Primärenergiebedarf | | | Spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust | |
|--------------------|---|--|---|--|--|
| | Q_p'' in kWh/(m ² a) bezogen auf die Gebäudenutzfläche | | Q_p'' in kWh/(m ³ a) bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen | H_T' in W/(m ² ·K) | |
| | Wohngebäude außer solchen nach Spalte 3 | Wohngebäude mit überwiegender Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom | andere Gebäude | Nichtwohngebäude mit einem Fensterflächenanteil $\leq 30\%$ und Wohngebäude | Nichtwohngebäude mit einem Fensterflächenanteil $> 30\%$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| $\leq 0,2$ | $66,00 + 2600/(100+A_N)$ | 88,00 | 14,72 | 1,05 | 1,55 |
| 0,3 | $73,53 + 2600/(100+A_N)$ | 95,53 | 17,13 | 0,80 | 1,15 |
| 0,4 | $81,06 + 2600/(100+A_N)$ | 103,06 | 19,54 | 0,68 | 0,95 |
| 0,5 | $88,58 + 2600/(100+A_N)$ | 110,58 | 21,95 | 0,60 | 0,83 |
| 0,6 | $96,11 + 2600/(100+A_N)$ | 118,11 | 24,36 | 0,55 | 0,75 |
| 0,7 | $103,64 + 2600/(100+A_N)$ | 125,64 | 26,77 | 0,51 | 0,69 |
| 0,8 | $111,17 + 2600/(100+A_N)$ | 133,17 | 29,18 | 0,49 | 0,65 |
| 0,9 | $118,70 + 2600/(100+A_N)$ | 140,70 | 31,59 | 0,47 | 0,62 |
| 1 | $126,23 + 2600/(100+A_N)$ | 148,23 | 34,00 | 0,45 | 0,59 |
| $\geq 1,05$ | $130,00 + 2600/(100+A_N)$ | 152,00 | 35,21 | 0,44 | 0,58 |

Anhang 1 Tabelle 1 Höchstwerte des auf die Gebäudenutzfläche und des auf das beheizte Gebäudevolumen bezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs und des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts in Abhängigkeit vom Verhältnis A/V_e

Zwischenwerte zu den in Tabelle 1 festgelegten Höchstwerten sind nach folgenden Gleichungen zu ermitteln:

| | | |
|-----------------|--|----------------------------|
| Spalte 2 | $Q_p'' = 50,94 + 75,29 \cdot A/V_e + 2600/(100+A_N)$ | in kWh/(m ² ·a) |
| Spalte 3 | $Q_p'' = 72,94 + 75,29 \cdot A/V_e$ | in kWh/(m ² ·a) |
| Spalte 4 | $Q_p' = 9,9 + 24,1 \cdot A/V_e$ | in kWh/(m ³ ·a) |
| Spalte 5 | $H_T' = 0,3 + 0,15 / (A/V_e)$ | in W/(m ² ·K) |
| Spalte 6 | $H_T' = 0,35 + 0,24 / (A/V_e)$ | in W/(m ² ·K) |

Lösungen

a)

Nutzfläche und Hüllfläche:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e = 750 \cdot 0,32 = 240 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{A}{V_e} \cdot V_e = 0,96 \text{ m}^{-1} \cdot 750 \text{ m}^3 = 700 \text{ m}^2$$

b)

Maximal erlaubter Heizwärmebedarf:

$$\begin{aligned} q_{h,\max,WSchV} &= 43,19 + 54,13 \cdot \frac{A}{V_e} = 43,19 + 54,13 \cdot 0,96 \\ &= 95,15 \text{ kWh/m}^2\text{a} \end{aligned}$$

Als absolute Energie:

$$Q_{h,\max} = q_{h,\max} \cdot A_N = 95,15 \text{ kWh/m}^2\text{a} \cdot 240 \text{ m}^2 = 22.836 \text{ kWh/a}$$

Tatsächlich vorhandener Heizwärmebedarf:

$$Q_{h,WSchV} = 0,92 \cdot Q_{h,\max} = 21.009 \text{ kWh/a}$$

c)

Lüftungsheizlast:

$$\begin{aligned} H_V &= n \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_L \\ &= 0,8 \text{ h} \cdot 1 \cdot 0,34 \text{ Wh/m}^3\text{k} \cdot 0,8 \cdot 750 \text{ m}^3 \\ &= 163,2 \text{ W/K} \end{aligned}$$

d)

Gleichung für den Heizwärmebedarf:

$$Q_{h,WSchV} = 0,9 \cdot Q_{tWSchV} \cdot (H_T + H_u) - \eta \cdot (Q_s - Q_i)$$

Größen eingesetzt:

$$21.009 \text{ kWh/a} = 0,9 \cdot 84 \text{ KKh/a} \cdot (H_T + 163,2 \text{ W/K}) - 7.500 \text{ kWh/a}$$

Umgestellt und berechnet:

$$H_T = \frac{21.000 + 7.500}{0,9 \cdot 84} - 163,2 = 213,8 \text{ W/K}$$

$$U_m = K_m = \frac{H_T}{A} = \frac{213,8 \text{ W/K}}{720 \text{ m}^2} = 0,297 \text{ W/m}^2\text{K}$$

e)

EnEV-Werte für Transmissions- und Lüftungsheizlast:

$$U_{enev} = 0,297 + 0,05 = 0,347 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_T = 0,347 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 720 \text{ m}^2 = 249,8 \text{ W/K}$$

$$H_V = n \cdot \rho_L \cdot V_L = 0,6 \cdot 0,34 \cdot 0,8 \cdot 750 = 122 \text{ W/K}$$

f)

Heizwärmebedarf nach EnEV:

$$\begin{aligned} Q_{h,enev} &= G_{t,enev} \cdot (H_T + H_V) - 0,95 \cdot (Q_S + Q_i) \\ &= 66 \text{ KKh/a} (249,8 \text{ W/K} + 122 \text{ W/K}) - 0,95 \cdot 6600 \text{ kWh/a} \\ &= 18.269 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

bezogen auf die Fläche:

$$q_{h,enev} = \frac{18.269}{240} = 76,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

g)

Überprüfung der EnEV:

$$H_T' = 0,3 + \frac{0,15}{A/V} = 0,3 + \frac{0,15}{0,96} = 0,456 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_T' \approx U_m$$

$$H_T' > U_m$$

d.h. Anforderung erfüllt

h)

Maximal erlaubter Primärenergiebedarf:

$$\begin{aligned} Q_{P''} &= 50,94 + 75,29 \cdot \frac{A}{V_e} + \frac{2.600}{100 + A_N} \\ &= 50,94 + 75,29 \cdot 0,96 + \frac{2.600}{100 + 240} \\ &= 130,8 \text{ kWh/m}^2\text{a} \end{aligned}$$

i)

Formel zur Berechnung des Primärenergiebedarfes:

$$Q_P = f_P (q_{h,enev} + q_{tw} + \Sigma q_{Verluste}) + q_{EI,P}$$

bekannte Größen eingesetzt:

$$130,8 \text{ kWh/m}^2\text{a} = 1,1 (76,1 + 12,1 + \Sigma q_{Verluste}) + 10$$

Verluste maximal:

$$\Rightarrow \Sigma q_{Verluste} = 21,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$