

$$Q = [\sum(U_{m,i} \cdot A_i) + 0,34 \text{Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot n_{\text{eff}} \cdot V_L] \cdot (\vartheta_{i,\text{inc}} - \vartheta_a) \cdot t_{\text{eff}} - q_g \cdot V \cdot t_{\text{eff}} + \sum(q_{\text{di}} \cdot l_i \cdot t_{\text{eff}}) + [(P_{\text{fbs,d}} \cdot t'_{\text{eff}} + P_{\text{f,d}} \cdot t_f) \cdot Q_f + Q_{\text{el}}$$

$$1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \cdot 15000 \text{ m}^2 \quad 0,8 \text{ h}^{-1} \cdot 24000 \text{ m}^3 \quad (20 - 6 \text{ }^\circ\text{C}) \cdot 270 \text{ d/a} \quad 2,5 \text{ W}/\text{m}^3 \cdot 300000 \text{ m}^3 \quad 60 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{a}) \cdot 4 \text{ km} \quad [0,02 \cdot 6480 \text{ h/a} + 0,12 \cdot 2246 \text{ h/a}] \cdot 1 \text{ MW} \quad 24 \text{ MWh/a}$$

**BASELINE: Ist-Zustand Verwaltungsgebäude 10 000 m<sup>2</sup>, 252 kWh/(m<sup>2</sup> a) Heizenergie  
Nutzungsgrad Kessel: (2515 – 399)/2515 = 0,84; Verteilung: (2116 – 240)/2116 = 0,89**

Heizenergie	Transmission	Lüftung	Gewinne	Verteilungsverluste	Kesselverluste	Hilfsenergien
Q	= Q <sub>T</sub>	+ Q <sub>V</sub>	- (Q <sub>S</sub> + Q <sub>i</sub> )	+ Q <sub>d,H</sub>	+ Q <sub>g,gc</sub>	+ Q <sub>el</sub>
2515 MWh/a	1770 MWh/a	592 MWh/a	486 MWh/a	240 MWh/a	399 MWh/a	24 MWh/a

Die nach EN 832 neu eingeführten Verluste der Wärmeabgabe Q<sub>c,e</sub> (Control, Emission) werden nach diesem Ansatz in erhöhten Transmissions- und ggf. in erhöhten Lüftungswärmeverlusten und verlängerten Heizzeiten (G<sub>t,eff</sub>, n<sub>eff</sub>) berücksichtigt! Hiermit ist auch ein Vergleich mit Feldmessungen möglich.

Hierin sind:

- (1) U<sub>m,i</sub>: Wärmedurchgangskoeffizient
- (3) n<sub>eff</sub>: Effektive mittlere Luftwechsellzahl (indirekt aus Meßbilanz ermittelbar)
- (5) G<sub>t,eff</sub>: Effektive mittlere Gradtagszahl als Produkt: G<sub>t,eff</sub> = t<sub>eff</sub> · (ϑ<sub>i,inc</sub> - ϑ<sub>a</sub>): Heizzeit mal mittlere Temperaturdifferenz innen - außen mit (6) t<sub>eff</sub>: Heizzeit in h/a, (7) ϑ<sub>i,inc</sub>: effektive (erhöhte) mittlere Innentemperatur (8) ϑ<sub>a</sub>: mittlere Außentemperatur in der Heizzeit
- (9) ϑ<sub>a</sub>: mittlere Außentemperatur in der Heizzeit
- (10) q<sub>g</sub>: Spezifische auf das umbaute Volumen bezogene solare und innere Wärmegewinne in W/m<sup>3</sup>, ggf. Trennung in innere Wärmegewinne bezogen auf V, solare Wärmegewinne, bezogen auf A umbautes Volumen
- (11) V: Umbautes Volumen
- (12) t<sub>eff</sub>: effektive Heizzeit in h/a, mit Warmwasserbereitung ganzjährig t<sub>year</sub>
- (13) q<sub>di</sub>: Spezifische auf 1m bezogene Wärmeverlustleistung der Heizrohre in W/m Einzelrohrhängen
- (14) l<sub>i</sub>: Einzelrohrhängen
- (15) P<sub>f,d</sub>: Spezifischer Wärmezeugerabgasverlust bezogen auf die Feuerungsleistung im Betrieb (1-η<sub>F</sub>)
- (16) t<sub>f</sub>: Feuerungslaufzeit, z.B. mit einem Betriebsstundenzähler ermittelt
- (17) P<sub>fbs,d</sub>: Spezifischer Strahlungs- bzw. Betriebsbereitschaftsverlust (q<sub>S</sub> = q<sub>B</sub>-Wert) über die gesamte Heizzeit
- (18) Q<sub>F</sub>: Eingestellte Feuerungsleistung
- (19) Q<sub>el</sub>: Elektrische Arbeit für alle Antriebe und sonstige technische Verbraucher

$$Q = [\sum(U_{m,i} \cdot A_i) + 0,34 \text{Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot n_{\text{eff}} \cdot V_L] \cdot (\vartheta_{i,\text{inc}} - \vartheta_a) \cdot t_{\text{eff}} - q_g \cdot V \cdot t_{\text{eff}} + \sum(q_{\text{di}} \cdot l_i \cdot t_{\text{eff}}) + [(P_{f,d} \cdot t_f + P_{\text{fbs,d}} \cdot (t'_{\text{eff}} - t_f)) \cdot Q_f + Q_{\text{el}}$$

$$1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \cdot 15000 \text{m}^2 \quad \mathbf{0,6 \text{h}^{-1}} \cdot 24000 \text{m}^3 \quad (\mathbf{18-6} \text{ }^\circ\text{C}) \cdot 270 \text{d/a} \quad 2,5 \text{W}/\text{m}^3 \cdot 30000 \text{m}^3 \quad \mathbf{20 \text{kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{a})} \quad 4 \text{km} \quad [0,10 \cdot 2060 \text{h/a} + \mathbf{0,015} \cdot 6480 \text{h/a}] \cdot 1 \text{MW} \quad 24 \text{MWh/a}$$

**VERBESSERUNG Regelungstechnik 186 kWh/(m<sup>2</sup> a) Heizenergie: Nutzungsgrad Kessel: 0,825; Verteilung: 0,92; Einsparung: 660 MWh/a - 26%**

Heizenergie	Transmission	Lüftung	Gewinne	Verteilerverluste	Kesselverluste	Hilfsenergien
$Q$	$= Q_T$	$+ Q_V$	$- (Q_S + Q_i) + Q_{d,H}$	$+ Q_{g,gc}$	$+ Q_{\text{el}}$	
1855 MWh/a	1516 MWh/a	380 MWh/a	486 MWh/a	120 MWh/a	325 MWh/a	24 MWh/a

Die nach EN 832 neu eingeführten Verluste der Wärmeabgabe  $Q_{c,e}$  (Control, Emission) werden nach diesem Ansatz in erhöhten Transmissions- und ggf. in erhöhten Lüftungswärmeverlusten und verlängerten Heizzeiten ( $G_{t_{\text{eff}}}$ ,  $n_{\text{eff}}$ ) berücksichtigt! Hiermit ist auch ein Vergleich mit Feldmessungen möglich.

Hierin sind:

- (1)  $U_{m,i}$ : Wärmedurchgangskoeffizient
- (2)  $A_i$ : Äußere Umhüllungsflächen
- (3)  $n_{\text{eff}}$ : Effektive mittlere Luftwechsellzahl (indirekt aus Meßbilanz ermittelbar)
- (4)  $V_L$ : Luftvolumen; näherungsweise  $0,8 \cdot V$  (Umbautes Volumen)
- (5)  $G_{t_{\text{eff}}}$ : Effektive mittlere Gradtagszahl als Produkt:  $G_{t_{\text{eff}}} = t_{\text{eff}} \cdot (\vartheta_{i,\text{inc}} - \vartheta_a)$ : Heizzeit mal mittlere Temperaturdifferenz innen - außen mit (6)  $t_{\text{eff}}$ : Heizzeit in h/a, (7)  $\vartheta_{i,\text{inc}}$ : effektive (erhöhte) mittlere Innentemperatur (8)  $\vartheta_a$ : mittlere Außentemperatur in der Heizzeit
- (9)  $\vartheta_a$ : mittlere Außentemperatur in der Heizzeit
- (10)  $q_g$ : Spezifische auf das umbaute Volumen bezogene solare und innere Wärmegewinne in  $\text{W}/\text{m}^3$ , ggf. Trennung in innere Wärmegewinne bezogen auf  $V$ , solare Wärmegewinne, bezogen auf  $A$
- (11)  $V$ : Umbautes Volumen
- (12)  $t'_{\text{eff}}$ : effektive Heizzeit in h/a, mit Warmwasserbereitung ganzjährig  $t_{\text{year}}$
- (13)  $q_{\text{di}}$ : Spezifische auf 1m bezogene Wärmeverlustleistung der Heizrohre in  $\text{W}/\text{m}$
- (14)  $l_i$ : Einzelrohrlängen
- (15)  $P_{f,d}$ : Spezifischer Wärmeerzeugerabgasverlust bezogen auf die Feuerungsleistung im Betrieb  $(1-\eta_F)$
- (16)  $t_f$ : Feuerungslaufzeit, z.B. mit einem Betriebsstundenzähler ermittelt
- (17)  $P_{\text{fbs,d}}$ : Spezifischer Strahlungs- bzw. Betriebsbereitschaftsverlust ( $q_s = q_B$ -Wert) über die gesamte Heizzeit
- (18)  $Q_F$ : Eingestellte Feuerungsleistung
- (19)  $Q_{\text{el}}$ : Elektrische Arbeit für alle Antriebe und sonstige technische Verbraucher

$$Q = [\sum(U_{m,i} \cdot A_i) + 0,34 \text{Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot n_{\text{eff}} \cdot V_L] \cdot (\vartheta_{i,\text{inc}} - \vartheta_a) \cdot t_{\text{eff}} - q_g \cdot V \cdot t_{\text{eff}} + \sum(q_{\text{di}} \cdot l_i \cdot t_{\text{eff}}) + [P_{\text{fbs,d}} \cdot t'_{\text{eff}} + P_{\text{f,d}} \cdot t_f] \cdot Q_f + Q_{\text{el}}$$

$$0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \cdot 15000 \text{ m}^2 \quad 0,4 \text{ h}^{-1} \cdot 24000 \text{ m}^3 \quad (18-3 \text{ }^\circ\text{C}) \cdot 190 \text{ d/a} \quad 2,5 \text{ W}/\text{m}^3 \cdot 30000 \text{ m}^3 \quad 20 \text{ kWh}/(\text{ma}) \cdot 4 \text{ km} \quad [0,003 \cdot 3040 \text{ h/a} + 0,03 \cdot 773 \text{ h/a}] \cdot 1 \text{ MW} \quad 8 \text{ MWh/a}$$

**VOLLSTÄNDIGE SANIERUNG: AUSSENWAND, FENSTER, REGELUNG, KESSEL, BRENNWERT-KESSEL - Heizenergie: 51 kWh/(m<sup>2</sup> a); Nutzungsgrad Kessel: 0,94; Verteilung: 0,83**

Heizenergie	Transmission	Lüftung	Gewinne	Verteilverluste	Kesselverluste	Hilfsenergien					
Q	=	Q <sub>T</sub>	+	Q <sub>V</sub>	-	(Q <sub>S</sub> + Q <sub>i</sub> ) +	Q <sub>di,H</sub>	+	Q <sub>g,gc</sub>	+	Q <sub>el</sub>
506 MWh/a		513 MWh/a		223 MWh/a		342 MWh/a	80 MWh/a		32 MWh/a		8 MWh/a

Die nach EN 832 neu eingeführten Verluste der Wärmeabgabe Q<sub>c,e</sub> (Control, Emission) werden nach diesem Ansatz in erhöhten Transmissions- und ggf. in erhöhten Lüftungswärmeverlusten und verlängerten Heizzeiten (G<sub>t,eff</sub>, n<sub>eff</sub>) berücksichtigt! Hiermit ist auch ein Vergleich mit Feldmessungen möglich.

Hierin sind:

(1) U<sub>m,i</sub>: Wärmedurchgangskoeffizient

(3) n<sub>eff</sub>: Effektive mittlere Luftwechsellzahl (indirekt aus Meßbilanz ermittelbar)

(5) G<sub>t,eff</sub>: Effektive mittlere Gradtagszahl als Produkt: G<sub>t,eff</sub> = t<sub>eff</sub> · (ϑ<sub>i,inc</sub> - ϑ<sub>a</sub>): Heizzeit mal mittlere Temperaturdifferenz innen - außen

(9) ϑ<sub>a</sub>: mittlere Außentemperatur in der Heizzeit  
 (10) q<sub>g</sub>: mit (6) t<sub>eff</sub>: Heizzeit in h/a, (7) ϑ<sub>i,inc</sub>: effektive (erhöhte) mittlere Innentemperatur (8) ϑ<sub>a</sub>: mittlere Außentemperatur in der Heizzeit  
 Spezifische auf das umbaute Volumen bezogene solare und innere Wärmegewinne in W/m<sup>3</sup>

(11) V: , ggf. Trennung in innere Wärmegewinne bezogen auf V, solare Wärmegewinne, bezogen auf A

(12) t<sub>eff</sub>: Umbautes Volumen  
 effektive Heizzeit in h/a, mit Warmwasserbereitung ganzjährig t<sub>year</sub>

(13) q<sub>di</sub>: Spezifische auf 1m bezogene Wärmeverlustleistung der Heizrohre in W/m

(14) l<sub>i</sub>: Einzelrohrhängen

(15) P<sub>f,d</sub>: Spezifischer Wärmezeugerabgasverlust bezogen auf die Feuerungsleistung im Betrieb (1-η<sub>F</sub>)

(16) t<sub>f</sub>: Feuerungslaufzeit, z.B. mit einem Betriebsstundenzähler ermittelt

(17) P<sub>fbs,d</sub>: Spezifischer Strahlungs- bzw. Betriebsbereitschaftsverlust (q<sub>S</sub> = q<sub>B</sub>-Wert) über die gesamte Heizzeit

(18) Q<sub>F</sub>: Eingestellte Feuerungsleistung

(19) Q<sub>el</sub>: Elektrische Arbeit für alle Antriebe und sonstige technische Verbraucher

(2) A<sub>i</sub>: Äußere Umhüllungsflächen

(4) V<sub>L</sub>: Luftvolumen; näherungsweise 0.8 · V (Umbautes Volumen)