

Wirtschaftlichkeit Sanierung EFH

Für ein typisches EFH sind folgende Energiekennwerte gegeben:

- Transmissionswärmeverlust: $Q_T = 8000$ kWh/a
- Lüftungswärmeverlust: 7000 kWh/a
- nutzbare innere und solare Gewinne: 5500 kWh/a
- Verteilverluste: 1100 kWh/a
- Erzeugerwärmeverluste: 900 kWh/a

Fragen

Folgende Verbesserungsmaßnahmen bezogen auf den Standardfall sollen anhand ihres äquivalenten Energiepreises (LEG-Verfahren, siehe Anlage) miteinander verglichen werden. Bestimmen Sie zunächst den äquivalenten Energiepreis!

- I) Die Verbesserung der Außenhülle mit Verminderung des mittleren U-Wertes von 0,4 auf 0,25 W/(m²K) mit einem zusätzlichen Investitionsaufwand von $I_{D\ddot{a}} = 6000$ € (alle Kennwerte außer dem mittleren U-Wert bleiben gleich).
- II) Die Verbesserung der Raumtemperaturregelung und damit Verminderung der mittleren jährlichen Temperaturdifferenz innen-außen von 15 K auf 14 K mit Zusatzkosten von $I_{Re} = 500$ € (alle Kennwerte außer der Innentemperatur bzw. der Temperaturdifferenz bleiben gleich).
- III) Der Einbau eines Kessels im beheizten Bereich statt im unbeheizten Keller verringert die Verteilverluste um 25 % des Standardfalles und erfordert einen Zusatzaufwand von $I_{Vert} = 250$ € (die Verteilverluste sinken, die inneren Gewinne werden jedoch als konstant angesehen, die anderen Kennwerte bleiben gleich).
- IV) Der Einsatz eines Brennwertkessels statt eines NT-Kessels führt zu einer Anhebung des Jahresnutzungsgrades um 5 Prozentpunkte und erfordert einen Zusatzaufwand von $I_{Kes} = 1000$ €. (Es ändert sich nur der Nutzungsgrad und die Kesselverluste, die anderen Kennwerte bleiben gleich) Berechnen Sie zunächst den vorhandenen Jahresnutzungsgrad!
- V) Eine Nutzerschulung bewirkt die Absenkung der Raumtemperatur um 2K und damit die Verminderung der mittleren jährlichen Temperaturdifferenz innen-außen von 15 K auf 13 K und eine Verminderung des Luftwechsels von 0,65 auf 0,45 h⁻¹ bei Zusatzkosten von $I_{NS} = 250$ € (es ändert sich nur die Innentemperatur bzw. Temperaturdifferenz und der Luftwechsel, alle anderen Kennwerte bleiben gleich).

Randdaten:

- Kapitalzins $p = 7 \%$ im Betrachtungszeitraum
- heutiger Wärmepreis von $0,06 \text{ €/kWh}$
- Energiepreisverteuerung von $se = 3 \%/a$
- keine zusätzlichen Wartungs- und Unterhaltskosten

Betrachtungszeiträume:

- Dämmung 30 a,
- Regelung 12 a,
- Verteilung 30 a,
- Kessel 15 a,
- Nutzerschulung 2a.

Es sind nacheinander für jede Variante zu bestimmen:

- die Einsparung in kWh/a,
- die Annuität im Betrachtungszeitraum,
- die jährlichen Kapitalkosten,
- daraus der äquivalente Energiepreis,
- der Mittelwert der Energiepreisverteuerung im Betrachtungszeitraum,
- der mittlere Energiepreis im Betrachtungszeitraum.
- Die Entscheidung über die Wirtschaftlichkeit ist zu fällen.

Stellen Sie die Ergebnisse der Übersichtlichkeit wegen in einer Tabelle dar!

Maßnahme	Betrachtungszeitraum in Jahren	äquivalenter Energiepreis im Betrachtungszeitraum	heutiger Energiepreis	Mittelwertfaktor der Energiepreisverteuerung	mittlerer Energiepreis im Betrachtungszeitraum	Wirtschaftlich? (ja / nein)
	n, in [a]	$k_{\text{äqu}}$, in [€/kWh]	k_0 , in [€/kWh]	m_e , in [-]	k_m , in [€/kWh]	
I	30		0,06			
II			0,06			
III			0,06			
IV			0,06			
V	2		0,06	1,05		

Anlage

Annuitäten $a_{p,n}$, in [1/a]												
Betrach- tungszeitraum n, in [a]	Kapitalzinssatz p, in [%/a]											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0,500	0,508	0,515	0,523	0,530	0,538	0,545	0,553	0,561	0,568	0,576	0,584
12	0,083	0,089	0,095	0,100	0,107	0,113	0,119	0,126	0,133	0,140	0,147	0,154
15	0,067	0,072	0,078	0,084	0,090	0,096	0,103	0,110	0,117	0,124	0,131	0,139
30	0,033	0,039	0,045	0,051	0,058	0,065	0,073	0,081	0,089	0,097	0,106	0,115

Mittelwertfaktoren für Preissteigerungen m_e und m_w , in [-]												
Kapitalzins p = 6 %/a												
Betrachtungszeitraum n, in [a]	Preissteigerung s, in [%/a]											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33	
10	1,00	1,05	1,11	1,16	1,23	1,29	1,36	1,43	1,51	1,59	1,68	
12	1,00	1,06	1,12	1,19	1,27	1,35	1,43	1,52	1,62	1,72	1,84	
15	1,00	1,07	1,15	1,24	1,33	1,43	1,54	1,67	1,80	1,94	2,10	
18	1,00	1,08	1,18	1,28	1,39	1,52	1,66	1,82	1,99	2,19	2,41	
20	1,00	1,09	1,19	1,31	1,44	1,58	1,74	1,93	2,13	2,37	2,63	
25	1,00	1,11	1,23	1,38	1,54	1,73	1,96	2,21	2,52	2,87	3,28	
30	1,00	1,12	1,27	1,44	1,64	1,89	2,18	2,53	2,95	3,46	4,07	
Kapitalzins p = 7 %/a												
Betrachtungszeitraum n, in [a]	Preissteigerung s, in [%/a]											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,19	1,22	1,25	1,29	1,33	
10	1,00	1,05	1,10	1,16	1,22	1,29	1,35	1,42	1,50	1,58	1,66	
12	1,00	1,06	1,12	1,19	1,26	1,34	1,42	1,51	1,61	1,71	1,82	
15	1,00	1,07	1,15	1,23	1,32	1,42	1,53	1,65	1,78	1,92	2,07	
18	1,00	1,08	1,17	1,27	1,38	1,50	1,64	1,79	1,96	2,14	2,35	
20	1,00	1,09	1,19	1,30	1,42	1,56	1,71	1,89	2,08	2,31	2,56	
25	1,00	1,10	1,22	1,36	1,51	1,69	1,90	2,15	2,43	2,75	3,13	
30	1,00	1,12	1,25	1,41	1,60	1,83	2,10	2,42	2,80	3,26	3,82	

Wirtschaftlichkeit Sanierung EFH

I)

neuer Transmissionswärmeverlust:

$$Q_{T,neu} = 8000 \text{ kWh/a} \cdot \frac{0,25}{0,4}$$

$$= 5000 \text{ kWh/a}$$

Veränderung der Transmissionswärmeverluste:

$$\Delta Q_T = Q_{T,alt} - Q_{T,neu}$$

$$= 8000 - 5000 = 3000 \text{ kWh/a}$$

Kapitalkosten für Dämmung:

$$K_I = I \cdot a$$

$$= 6000 \text{ EURO} \cdot 0,081 \text{ a}$$

$$= 486 \text{ EURO/a}$$

$$a_{(30a \ 7\%)} = 0,081 \text{ 1/a}$$

äquivalenter Energiepreis:

$$k_{\text{äqu}} = \frac{K_I}{\Delta Q} = \frac{486 \text{ EURO/a}}{3000 \text{ kWh/a}} = 0,162 \text{ EURO/kWh}$$

II)

Änderung von Transmissions- und Lüftungswärmeverlust:

$$\Delta Q_T = 8000 - 8000 \cdot \frac{14}{15} = 533$$

$$\Delta Q_V = 7000 - 7000 \cdot \frac{14}{15} = 467$$

$$\left. \begin{array}{l} = 533 \\ = 467 \end{array} \right\} 1000 \text{ kWh/a}$$

Kapitalkosten Regelung:

$$K_I = 500 \text{ EURO} \cdot 0,126 \text{ a}$$

$$= 63 \text{ EURO/a}$$

$$a_{(12a \ 7\%)} = 0,126 \text{ 1/a}$$

äquivalenter Energiepreis:

$$k_{\text{äqu}} = \frac{63 \text{ EURO/a}}{1000 \text{ kWh/a}} = 0,063 \text{ EURO/kWh}$$

III)

Verminderung Verteilverluste:

$$\Delta Q_{\text{Vert}} = 1100 \text{ kWh/a} - 1100 \text{ kWh/a} \cdot 0,25 \\ = 825 \text{ kWh/a}$$

Kapitalkosten Dämmung:

$$K_I = 250 \text{ EURO} \cdot 0,081 \text{ a} \\ = 20,25 \text{ EURO/a}$$

$$a_{(30a \ 7\%)} = 0,081 \text{ 1/a}$$

äquivalenter Energiepreis:

$$k_{\text{äqu}} = \frac{20,25 \text{ EURO/a}}{825 \text{ kWh/a}} = 0,025 \text{ EURO/kWh}$$

IV)

alter Nutzungsgrad:

$$\eta_{\text{alt}} = \frac{Q_T + Q_U - (Q_S + Q_i) + Q_{\text{Vert}}}{(\quad " \quad) + Q_{\text{Kessel}}} \\ = \frac{8000 + 7000 - 5500 + 1100}{8000 + 7000 - 5500 + 1100 + 900} \\ = 0,922$$

neuer Nutzungsgrad:

$$\eta_{\text{neu}} = 0,972$$

alte und neue Energiebilanz:

$$Q_{\text{alt}} = 8000 + 7000 - 5500 + 1100 + 900 = 11500$$

$$Q_{\text{neu}} = (8000 + 7000 - 5500 + 1100) / 0,972 = 10900$$

Einsparung:

$$\Delta Q = 600 \text{ kWh/a}$$

Kapitalkosten Kessel:

$$K_I = 1000 \text{ EURO} \cdot 0,11 \text{ a} \\ = 110 \text{ EURO/a}$$

$$a_{(15a \ 7\%)} = 0,110 \text{ 1/a}$$

äquivalenter Energiepreis:

$$k_{\text{äqu}} = \frac{110 \text{ EURO/a}}{600 \text{ kWh/a}} = 0,183 \text{ EURO/kWh}$$

V)

neue Transmissions- und Lüftungsverluste:

$$\begin{array}{rcl}
 Q_T = 8000 \cdot \frac{13}{15} & = & 6933 \\
 Q_V = 7000 \cdot \frac{13}{15} \cdot \frac{0,45}{0,65} & = & 4200
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} Q_T \\ Q_V \end{array}} \right\} 11133 \text{ kWh/a}$$

Einsparung:

$$\Delta Q = 8000 + 7000 - 11133 = 3867 \text{ kWh/a}$$

Kapitalkosten Nutzerschulung:

$$\begin{aligned}
 K_I &= 250 \text{ EURO} \cdot 0,553 \text{ a} \\
 &= 138,3 \text{ EURO/a}
 \end{aligned}$$

$$a_{(2a \ 7\%)} = 0,553 \text{ 1/a}$$

äquivalenter Energiepreis:

$$k_{\text{äqu}} = \frac{138,3 \text{ EURO/a}}{3867 \text{ kWh/a}} = 0,036 \text{ EURO/kWh}$$

Übersicht

n	$k_{\text{äqu}}$	k_0	m_e	k_m	Wirtschaftlich?
I) 30	0,162	0,06	1,41	0,085	nein
II) 12	0,063	0,06	1,19	0,071	ja
III) 30	0,025	0,06	1,41	0,085	ja
IV) 15	0,183	0,06	1,23	0,074	nein
V) 2	0,036	0,06	1,05	0,063	ja