

zu e)

Diskussion der Ergebnisse unter Wirtschaftlichkeitsaspekten

Einbeziehung bzw. Nichteinbeziehung der Kapitalkosten

- Der Vergleich der Kundenpreise vom IST-Zustand mit den Varianten /1 und /2 muss vor dem Hintergrund geschehen, dass die Alt-Anlage bereits abgeschrieben ist, d.h. es fallen keine Kapitalkosten mehr an. Sie ist sanierungsbedürftig, aber nicht komplett funktionsunfähig. Dies drückt sich durch die Aufteilung der Kapitalkosten für Betreiber und Kunde bei /1 und /2 aus und die Beibehaltung eines Öl-Kessels in /2 zeigt die Einsatzmöglichkeit als Spitzenkessel auf.
- Die Berechnung der Kundenpreise für /1 und /2 berücksichtigt dies durch die Einbeziehung der halben Investitionskosten.
- Eine solche Übereinkunft zwischen Kunde und Betreiber ist also durchaus sinnvoll.

Ergebnis der beiden Sanierungsalternativen aus Sicht des Betreibers und des Kunden.

- Beide Varianten sind aus Betreibersicht wirtschaftlich, da ein Gewinnaufschlag jeweils eingerechnet ist.
- Der Kunde wird sich für die preislich günstigere Variante /2 entscheiden.

Lohnt sich Einsparcontracting?

- In der Variante B ist Einsparcontracting möglich, weil der Wärmepreis bei Einbeziehung der mittleren Jahreskosten $K_{a,Ø/2}$ mit Gewinnaufschlag bei 77,33 €/MWh liegt.
- Werden die Kapitalkosten für die gesamte die Investition in die Jahreskostenrechnung einbezogen ($2 \cdot K_{1/2}$), ist der Wärmepreis 84,16 €/MWh. Auch dieser Preis liegt unter dem Kundenpreis, der bei der Altanlage gezahlt wurde. Bei diesen Konditionen wäre Einsparcontracting ebenfalls möglich.

BEISPIEL

Berechnung der mittleren Jahreskosten ($K_{a,\emptyset/2}$) über 10 Jahre

$$\begin{aligned}
 \{40\} K_{a,\emptyset/2} &= m_e \cdot K_{e/2} + m_W \cdot K_{W/2} + K_{I/2} \\
 &= 1,35 \cdot 250.480 \text{ €/a} + 1,16 \cdot 40.000 \text{ €/a} + 37.250 \text{ €/a} \\
 &= 338.148 \text{ €/a} + 46.400 \text{ €/a} + 37.250 \text{ €/a} \\
 &= \underline{421.798 \text{ €/a}}
 \end{aligned}$$

Die mittleren Jahreskosten $K_{a,\emptyset/2}$ belaufen sich auf 421.798 €/a.

Indizes

a,\emptyset =Mittelwert über 10 Jahre

e =Energiepreis

W =Wartung/Instandhaltung

I =Investition

m =Mittelwertfaktor [-]

$K_{e/2}$ =Energiekosten [€/a] {35}

Tabellenwerte bei Kalkulationszinsatz 8%,

Vertragsdauer 10 Jahre für:

m_e mit Energiepreissteigerung von 6% = 1,35

m_W mit Wartungspreissteigerung von 3% = 1,16

Berechnung des Wärmepreises ($P_{1W\ddot{a}rme/2}$)

$$\{41\} \frac{K_{1a/2} \cdot f_A}{Q_N} = \frac{327.730 \frac{\text{€}}{\text{a}} \cdot 1,1}{6.000 \text{ MWh}} = \underline{60,08 \text{ €/(MWh}\cdot\text{a)}}$$

Der Wärmepreis $P_{1W\ddot{a}rme/2}$ im ersten Jahr je MWh beträgt 60,08 €.

$K_{1a/2}$ =jährliche Kapitalkosten [€/a] {39}

f_A =Gewinnaufschlag [-]=10%

Q_N =Nutzwärmemenge [MWh] {5}

Berechnung des über 10 Jahre gemittelten Wärmepreises ($P_{W\ddot{a}rme,\emptyset 10 \text{ Jahre}/2}$)

$$\{41a\} \frac{K_{a,\emptyset/2} \cdot f_A}{Q_N} = \frac{421.798 \frac{\text{€}}{\text{a}} \cdot 1,1}{6.000 \text{ MWh}} = \underline{77,33 \text{ €/(MWh}\cdot\text{a)}}$$

Der Wärmepreis $P_{W\ddot{a}rme,\emptyset 10 \text{ Jahre}/2}$ je MWh beträgt 77,33 €.

$K_{a,\emptyset/2}$ =mittlere Jahreskosten über 10 Jahre [€/a] {40}

f_A =Gewinnaufschlag [-]=10%

Q_N =Nutzwärmemenge [MWh] {5}

Berechnung der statischen Amortisation ($n_{st/2}$)

$$\begin{aligned}
 \{42\} n_{st/2} &= \frac{I_{ges/2}}{K_{a,alt} - (K_{e,alt} + K_{W,alt})} \\
 &= \frac{500.000 \text{ €}}{388.400 \frac{\text{€}}{\text{a}} - (250.480 \frac{\text{€}}{\text{a}} + 40.000 \frac{\text{€}}{\text{a}})} \\
 &= \frac{500.000 \text{ €}}{97.920 \frac{\text{€}}{\text{a}}} \cong \underline{5,1 \text{ a}}
 \end{aligned}$$

Die statische Amortisationszeit $n_{st/2}$ beträgt ca. 5,1 Jahre.

$I_{ges/2}$ =Gesamtinvestitionskosten [€]

$K_{a,alt}=K_{1a}$ {11}=Jahreskosten im ersten Jahr [€/a]

$K_{e,alt} \Rightarrow K_{e/2}$ {35}=Energiekosten im ersten Jahr [€/a]

$K_{W,alt} \Rightarrow K_{W,ges/2}$ {37}=Wartungskosten im ersten Jahr [€/a]

BEISPIEL

zu d2) Variante B: Ein neuer BW-Gaskessel und ein alter für Spitzenlast

Berechnung der Nutz-Wärmemenge für den BW-Gaskessel ($Q_{K,Nutz,Gas}$)

$$\begin{aligned} \{31\} Q_{K,Nutz} &= Q_{K,Nutz,Gas} + Q_{K,Nutz,Öl} && (\lll \text{Gleichung umstellen}) \\ \{32\} \Rightarrow Q_{K,Nutz,Gas} &= Q_{K,Nutz} - Q_{K,Nutz,Öl} \\ &= 6.525 \text{ MWh} - 240 \text{ MWh} = \underline{6.285 \text{ MWh}} \end{aligned}$$

Die Nutz-Wärmemenge für den Gaskessel beträgt 6.285 MWh pro Jahr.

$Q_{K,Nutz}$ =Nutzwärme der Kesselanlage [MWh] {17}

Berechnung der jährlichen Energiekosten($K_{e/2}$)

$$\begin{aligned} \{33\} K_{Öl/2} &= B_{a,Öl} * P_{öl} = 32.000 \text{ l/a} * 0,4 \text{ €/l} \\ &= \underline{12.800 \text{ €/a}} \\ \{34\} K_{Gas/2} &= Q_{F,Gas(Ho)} * P_{A,Gas} \\ &= Q_{K,Nutz,Gas} * H_o * P_{A,Gas} \\ &= 6.976 \text{ MWh/a} * 30 \text{ €/MWh} = \underline{209.280 \text{ €/a}} \\ \{35\} K_{e/2} &= K_{Öl/2} + K_{Gas/2} + K_{el} \\ &= 12.800 \text{ €/a} + 209.280 \text{ €/a} + 28.400 \text{ €/a} \\ &= \underline{250.480 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Die jährlichen Energiekosten $K_{e/2}$ betragen 250.480 €.

Berechnung der jährlichen Wartungskosten($K_{W,ges/2}$)

$$\begin{aligned} \{36\} K_{W,neu/2} &= I_{ges/2} * f_w \\ &= 500.000 \text{ €} * 0,03 \text{ 1/a} = \underline{15.000 \text{ €/a}} \\ \{37\} K_{W,ges/2} &= K_{W,neu/2} + K_{W,alt/2} \\ &= 15.000 \text{ €/a} + 25.000 \text{ €/a} = \underline{40.000 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Berechnung der jährlichen Kapitalkosten($K_{I/2}$)

$$\begin{aligned} \{38\} K_{I/2} &= a_p(8\%;10 \text{ Jahre}) * I_{Anteil,neu/2} \\ &= 0,149 \text{ 1/a} * 250.000 \text{ €} = \underline{37.250 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Berechnung der Jahreskosten ($K_{1a/2}$) im 1. Jahr

$$\begin{aligned} \{39\} K_{1a/2} &= K_{I/2} + K_{W,ges/2} + K_{e/2} \\ &= 37.250 \text{ €/a} + 40.000 \text{ €/a} + 250.480 \text{ €/a} \\ &= \underline{327.730 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{F,Gas(Ho)} &= Q_{K,Nutz,Gas} \{32\} * H_o \\ &= 6.285 \text{ MWh/a} * 1,1 = 6.976 \text{ MWh/a} \end{aligned}$$

$P_{A,Gas}$ =Gas-Arbeitspreis=0,03 €/kWh_(Ho)

$I_{ges/2}$ =Neuinvestition [€]

f_w =Faktor für Wartungskosten [-]=3%/a

$a_p(8\%;10 \text{ Jahre})$ =Annuität [1/a] (Tabellenwert)

$I_{Anteil,neu/2}$ =Investitionsanteil [€]

=die Hälfte von $I_{ges/2}$

K_{el} =Elektrische Energiekosten €/a {10}

$K_{I/2}$ =jährliche Kapitalkosten [€/a]

$K_{W,ges/2}$ =jährliche Wartungskosten [€/a]

$K_{e/2}$ =jährliche Energiekosten

$K_{W,alt/2}$ =angenommene Wartungskosten für den Altanlageanteil =25.000 €/a

Indizes:
/2=Variante 2

BEISPIEL

Berechnung der mittleren Jahreskosten ($K_{a,\emptyset/1}$) über 10 Jahre

$$\begin{aligned}
 \{28\} K_{a,\emptyset/1} &= m_e \cdot K_{e/1} + m_W \cdot K_{W/1} + K_{I/1} \\
 &= 1,35 \cdot 333.657 \text{ €/a} + 1,16 \cdot 22.500 \text{ €/a} + 55.875 \text{ €/a} \\
 &= 450.437 \text{ €/a} + 26.100 \text{ €/a} + 55.875 \text{ €/a} \\
 &= \underline{532.412 \text{ €/a}}
 \end{aligned}$$

Die mittleren Jahreskosten $K_{a,\emptyset/1}$ belaufen sich auf 532.412 €/a.

	Indizes	
	a, \emptyset =Mittelwert über 10 Jahre	Tabellenwerte bei Kalkulationszinsatz 8%, Vertragsdauer 10 Jahre für:
$K_{e/1}$ =Energiekosten [€/a] {24}	e=Energiepreis	m_e mit Energiepreissteigerung von 6% = 1,35
m=Mittelwertfaktor [-]	I=Investition	m_W mit Wartungspreissteigerung von 3% = 1,16
	W=Wartung/Instandhaltung	

Berechnung der statischen Amortisation ($n_{st/1}$)

$$\begin{aligned}
 \{29\} n_{st/1} &= \frac{I_{ges/1}}{K_{a,alt} - (K_{e,alt} + K_{W,alt})} \\
 &= \frac{750.000\text{€}}{388.400 \frac{\text{€}}{\text{a}} - (333.657 \frac{\text{€}}{\text{a}} + 22.500 \frac{\text{€}}{\text{a}})} \\
 &= \frac{750.000\text{€}}{32.243 \frac{\text{€}}{\text{a}}} \cong \underline{23,3 \text{ a}}
 \end{aligned}$$

Die statische Amortisationszeit $n_{st/1}$ beträgt ca. 23,3 Jahre.

$I_{ges/1}$ =Gesamtinvestitionskosten [€]	$K_{e,alt} \Rightarrow K_{e/1}$ {24}=Energiekosten im ersten Jahr
$K_{a,alt}=K_{1a}$ {11}=Jahreskosten im ersten Jahr	$K_{W,alt} \Rightarrow K_{W/1}$ {25}=Wartungskosten im ersten Jahr

Berechnung des Wärmepreises ($P_{1W\ddot{a}rme/1}$)

$$\{30\} \frac{K_{1a/1} \cdot f_A}{Q_N} = \frac{412.075 \frac{\text{€}}{\text{a}} \cdot 1,1}{6.000\text{MWh}} = \underline{75,55 \text{ €/(MWh*a)}}$$

Der Wärmepreis $P_{1W\ddot{a}rme/1}$ im ersten Jahr je MWh beträgt 75,55 €.

$K_{1a/1}$ =jährliche Kosten [€/a] {27}
f_A =Gewinnaufschlag [-]=10%
Q_N =Nutzwärmemenge [MWh] {5}

Berechnung des über 10 Jahre gemittelten Wärmepreises

$$\{30a\} \frac{K_{a,\emptyset/1} \cdot f_A}{Q_N} = \frac{532.412 \frac{\text{€}}{\text{a}} \cdot 1,1}{6.000\text{MWh}} = \underline{97,61 \text{ €/(MWh*a)}}$$

Der Wärmepreis $P_{W\ddot{a}rme,\emptyset 10 \text{ Jahre/1}}$ je MWh beträgt 97,61 €.

$K_{a,\emptyset/1}$ =mittlere Jahreskosten über 10 Jahre [€/a] {28}
f_A =Gewinnaufschlag [-]=10%
Q_N =Nutzwärmemenge [MWh] {5}

BEISPIEL

Berechnung der Jahreskosten ($K_{a,0/1}$) ohne Preissteigerungen

Berechnung der Gas-Arbeitspreiskosten ($K_{A,Gas/1}$)

$$\begin{aligned} \{20\} K_{A,Gas/1} &= \dot{Q}_{F(H_0)} \quad * P_{A,Gas} \\ &= 7.788.000 \text{ kWh/a} \quad * 0,03 \text{ €/kWh}_{(H_0)} \\ &= \underline{233.647 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Berechnung der Gas-Leistungspreiskosten ($K_{L,Gas/1}$)

$$\begin{aligned} \{21\} K_{L,Gas/1} &= \dot{Q}_{F(H_0)} \quad * P_{L,Gas} \\ \{22\} \dot{Q}_{F(H_0)} &= \frac{\dot{Q}_{N,Geb} \cdot H_0}{\eta_{a/1}} = \frac{4\text{MW} \cdot 1,11}{0,93} = 4,774\text{MW} \\ \{23\} K_{L,Gas/1} &= 4,774\text{MW} \cdot 15 \frac{\text{€}}{\text{kW}} * 1/a = \underline{71.610 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Berechnung der Energiekosten ($K_{e/1}$)

$$\begin{aligned} \{24\} K_{e/1} &= K_{A,Gas/1} + K_{L,Gas/1} + K_{el} \\ &= 233.647 \text{ €/a} + 71.610 \text{ €/a} + 28.400 \text{ €/a} \\ &= \underline{333.657 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Berechnung der Wartungskosten ($K_{W/1}$)

$$\begin{aligned} \{25\} K_{W/1} &= I_{ges/1} \quad * f_W \\ &= 750.000 \text{ €} \quad * 0,03 \text{ 1/a} = \underline{22.500 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Berechnung der jährlichen Kapitalkosten ($K_{I/1}$)

$$\begin{aligned} \{26\} K_{I/1} &= a_p(8\%;10 \text{ Jahre}) * I_{Anteil/1} \\ &= 0,149 \text{ 1/a} \quad * 375.000 \text{ €} = \underline{55.875 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Berechnung der Jahreskosten ($K_{1a/1}$) im 1. Jahr

$$\begin{aligned} \{27\} K_{1a/1} &= K_{e/1} + K_{W/1} + K_{I/1} \\ &= 333.657 \text{ €/a} + 22.500 \text{ €/a} + 55.875 \text{ €/a} \\ &= \underline{412.032 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Die jährlichen Kosten $K_{1a/1}$ belaufen sich auf 412.032 €.

$\dot{Q}_{N,Geb}$ = Norm-Wärmebedarf = 4MW
 $\dot{Q}_{F(H_0)}$ = Feuerungsleistung (H₀)
 $\eta_{a/1}$ = Jahresnutzungsgrad= 93%

$P_{L,Gas}$ = Gas-Leistungspreis = 15 €/kW_(H₀)
 $P_{A,Gas}$ = Gas-Arbeitspreis = 0,03 €/kWh_(H₀)
 $K_{A,Gas/1}$ = Gas-Arbeitspreiskosten [€/a]
 $K_{L,Gas/1}$ = Gas-Leistungspreiskosten [€/a]
 K_{el} = Elektrische Energiekosten [€/a] {10}

$I_{ges/1}$ = Gesamtinvestition [€]
 f_W = Faktor für Wartungskosten [1/a] = 3%
 $a_p(8\%;10 \text{ Jahre})$ = Annuität [1/a]
 $I_{Anteil/1}$ = Investitionsanteil [€]
 = die Hälfte von $I_{ges/1}$

BEISPIEL

zu c)

Kundenpreis-Berechnung (P_{1a}) für das erste Jahr

$$\{13\} P_{1a} = \frac{K_{1a} \cdot f_A}{Q_N} = \frac{388.400 \frac{\text{€}}{\text{a}} \cdot 1,1}{6.000 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}} = \underline{71,21 \text{ €/MWh}}$$

Der Kundenpreis P_{1a} je MWh für das erste Jahr beläuft sich auf 71,21 €.

K_{1a} =Kosten für das 1.Jahr [€/a] {11}
 f_A =Gewinnaufschlagsfaktor [-]=10%
 Q_N =Nutzwärmemenge [MWh/a] {5}

mittlerer Kundenpreis-Berechnung ($P_{\emptyset,10 \text{ Jahre}}$)

$$\{14\} P_{\emptyset,10 \text{ Jahre}} = \frac{K_{a,\emptyset} \cdot f_A}{Q_N} = \frac{516.740 \frac{\text{€}}{\text{a}} \cdot 1,1}{6.000 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}} = \underline{94,74 \text{ €/MWh}}$$

Der mittlere Kundenpreis $P_{\emptyset,10 \text{ Jahre}}$ je MWh beläuft sich auf 94,74 €.

$K_{a,\emptyset}$ =mittlere Jahreskosten über 10 Jahre [€/a] {12}
 f_A =Gewinnaufschlagsfaktor [-]=10%
 Q_N =Nutzwärmemenge [MWh/a] {5}

zu d1) Variante A: Zwei neue NT-Gaskessel

Berechnung der Wärmemenge für die benötigte Heizenergie ($Q_F(Ho)$)

$$\{15\} Q_{K,Nutz} = Q_{R,Nutz} + Q_{V,neu}$$

Für die Verteilverluste der neuen Anlage ist vorgegeben, dass sie sich auf Grund der geringeren Vor- und Rücklauftemperaturen um 25 % verringern.

$$\{16\} Q_{V,neu} = f_{V,neu} \cdot Q_V = 0,75 \cdot 700 \text{ MWh/a} = \underline{525 \text{ MWh/a}}$$

$$\{17\} Q_{K,Nutz} = 6.000 \text{ MWh/a} + 525 \text{ MWh/a} = \underline{6.525 \text{ MWh/a}}$$

$$\{18\} Q_F = \frac{Q_{K,Nutz}}{\eta_{a/1}} = \frac{6.525 \text{ MWh/a}}{0,93} = \underline{7.016 \text{ MWh/a}}$$

$$\{19\} Q_{F(Ho)} = Q_{F(Hu)} \cdot 1,11 = 7.016 \text{ MWh/a} \cdot 1,11 = \underline{7.788 \text{ MWh/a}}$$

Indizes:

/1=Variante 1
alt=alte Anlage
F=Heizenergie
K=Kessel

neu=neue Anlage
Nutz=Nutzwärme
R=Raumheizung
V=Verteilung

$\eta_{a/1}$ = mittlerer Jahresnutzungsgrad = 93%
 $f_{V,neu}$ =verringerte Verteilverluste [-]
 $Q_{R,Nutz} = Q_N$ {5} =6.000 MWh/a
 $Q_V = 700 \text{ MWh/a}$ {3}
 $Q_F=Q_{F(Hu)}$ [MWh/a]

BEISPIEL

zu b)

Jahreskosten-Berechnung (K_{1a}) für das 1. Jahr

$$\begin{aligned} \{9\} K_{\text{öl}} &= \text{Brennstoffverbrauch} * \text{Energiepreis} = \text{Brennstoffkosten} \\ &= B_a * P_{\text{öl}} \\ &= 800.000 \text{ l/a} * 0,4 \text{ €/l} = \underline{320.000 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

$$\{10\} K_{\text{el}} = (W_{\text{zus}} + W_{\text{P,el}}) * P_{\text{el}} = \text{Elektrische Energiekosten}$$

$$W_{\text{P,el}} = 4 * 35.000 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{a} = 140.000 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{a}$$

$$\begin{aligned} K_{\text{el}} &= (2.000 \text{ kWh/a} + 140.000 \text{ kWh/a}) * 0,2 \text{ €/kWh}_{\text{el}} \\ &= \underline{28.400 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \{11\} K_{1a} &= K_{\text{öl}} + K_{\text{el}} + K_{\text{W}} \\ &= 320 \text{ T€/a} + 28,4 \text{ T€/a} + 40 \text{ T€/a} = \underline{388,4 \text{ T€/a}} \end{aligned}$$

Die Kosten K_{1a} für das erste Jahr belaufen sich auf 388.400 €.

Indizes:
1=1. Jahr
a=Jahr
el=elektrische Energie

Öl=Öl
P,el=elektrische Pumpenergie
W=Wartung/Instandhaltung
zus=elektrische Zusatzenergie

mittlere Jahreskosten-Berechnung ($K_{a,\emptyset}$) über 10 Jahre

$$\{12\} K_{a,\emptyset} = m_e * K_e + m_w * K_w + K_i$$

$$K_e = K_{\text{öl}} + K_{\text{el}} = 348,4 \text{ T€/a}$$

$$\begin{aligned} &= 1,35 * 348,4 \text{ T€/a} + 1,16 * 40 \text{ T€/a} + 0 \text{ €/a} \\ &= 470,34 \text{ T€/a} + 46,4 \text{ T€/a} \\ &= \underline{516,74 \text{ T€/a}} \end{aligned}$$

Die mittleren Jahreskosten $K_{a,\emptyset}$ betragen 516,74 T€/a.

Gemäß dem LEG:
m=Mittelwertfaktor [-]

Indizes
a,∅=Mittelwert über 10 Jahre
e=Energiepreis
Öl=Öl
el=elektrische Energie
W=Wartung/Instandhaltung
I=Investition

Tabellenwerte bei Kalkulationszinsatz 8%,
Vertragsdauer 10 Jahre für:
m_e mit Energiepreissteigerung von 6% = 1,35
m_w mit Wartungspreissteigerung von 3% = 1,16

BEISPIEL

zu a)

Nutzwärmemengen-Berechnung (Q_N)

$$\{1\} Q_N = Q_F - Q_V - Q_K$$

$$\{2\} Q_F = \text{Brennstoffverbrauch} \cdot \text{Heizwert } (H_U) = \text{Heizenergiebedarf}$$

$$= 800.000 \text{ l/a} \cdot 10 \text{ kWh/l} = \underline{8.000 \text{ Wh/a } (H_U)}$$

$$\{3\} Q_V = Q_{V,N} + Q_{V,Z}$$

$$= 600 \text{ MWh/a} + 100 \text{ MWh/a} = \underline{700 \text{ MWh/a}}$$

$$\{4\} Q_K = Q_{K,A} + Q_{K,S} + Q_{K,B}$$

$$= 800 \text{ MWh/a} + 100 \text{ MWh/a} + 400 \text{ MWh/a} = \underline{1.300 \text{ MWh/a}}$$

$$\{5\} Q_N = Q_F - Q_V - Q_K$$

$$= 8.000 \text{ MWh/a} - 700 \text{ MWh/a} - 1.300 \text{ MWh/a} = \underline{6.000 \text{ MWh/a}}$$

Die Nutzwärmemenge Q_N beträgt 6.000 MWh/a.

Indizes:

A=Abgas

B=Bereitschaft

F=Heizenergie (Feuerung)

K=Kessel

N=Nutz

S=Strahlung

V,N=Verteilung,Netz

V,Z=Verteilung,Zentrale

V=Verteilung

Z=Zentrale

Vollbenutzungsstunden-Berechnung (b_{VH})

Brennstoffverbrauchsformel

$$\{6\} B_a = \frac{b_{VH} \cdot \dot{Q}_{N,Geb}}{\eta_V \cdot \eta_a \cdot H_U} \quad \eta_V = \frac{Q_N}{Q_N + Q_V} = \frac{6.000 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}}{6.700 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}} = 0,8955$$

$$\eta_a = \frac{Q_N + Q_V}{Q_N + Q_V + Q_K} = \frac{6.700 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}}{8.000 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}} = 0,8375$$

$$\{7\} \eta_{ges} = \eta_V \cdot \eta_a$$

$$= 0,8955 \cdot 0,8375 = \underline{0,75}$$

durch Umstellung von {6} und Einsetzen folgt:

$$\{8\} b_{HV} = \frac{B_a \cdot \eta_{ges} \cdot H_U}{\dot{Q}_{N,Geb}}$$

$$= \frac{800.000 \frac{\text{l}}{\text{a}} \cdot 0,75 \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}}{4.000 \text{ kW}} = \underline{1.500 \text{ h/a}}$$

Der gesamte Jahresnutzungsgrad η_{ges} beträgt 0,75.
Die Vollbenutzungsstunden b_{HV} betragen 1.500 h/a.

η_a = Jahresnutzungsgrad Kessel [-]

η_{ges} = Gesamtnutzungsgrad [-]

η_V = Verteilungsnutzungsgrad ges. [-]

B_a = Brennstoffverbrauch pro Jahr [l/a]

b_{VH} = Vollbenutzungsstunden [h/a]

H_U = Unterer Heizwert [kWh/l]

$\dot{Q}_{N,Geb}$ = Norm-Wärmebedarf des Gebäudes [kW]

BEISPIEL

Aufgabe e)

Es sollen diskutiert werden:

- Einbeziehung bzw. Nichteinbeziehung der Kapitalkosten des Betreibers bei der Ermittlung des Wärmepreises für den Kunden
- Ergebnis der beiden Sanierungsalternativen aus Sicht des Betreibers und des Kunden.
- Alternative: Einsparcontracting.

BEISPIEL

Variante A:

Parameter	Bezeichnung	Wert	Dimension
Leistung der zwei neuen NT-Gas-Kessel als Ersatz für die Altkessel	$\dot{Q}_{K/1}$	2 * 2	MW
Kesselwirkungsgrad = Mittlerer Jahresnutzungsgrad bezogen auf H_U	$\eta_{a/1}$	93	%
Faktor H_O/H_U		1,11	-
Leistungspreis für Gas (H_O)	$P_{L, Gas}$	15	€/kW
Arbeitspreis für Gas (H_O)	$P_{A, Gas}$	0,03	€/kWh
Momentaner Heizölpreis	$P_{öl}$	0,4	€/l HEL
Gesamtinvestitionen (Belastung Kunde und Betreiber je zur Hälfte)	$I_{ges/1}$	750.000	€
Jährliche Teuerungsraten:			
Energie		6	%
Wartung und Instandhaltung		3	%
Kalkulationszinssatz		8	%
Vertragsdauer		10	a
Faktor für verringerte Verteilverluste durch niedrigere Heizmitteltemperaturen	$f_{V, neu}$	0,75	-
Elektrische Zusatzenergien für Brenner-, Stellmotorantriebe, Regler usw.	W_{zus}	2.000	kWh/a

Variante B:

Ein neuer Brennwert-Gaskessel, unter Beibehaltung eines alten Öl-Kessels, wird installiert. Es wird ein Umschaltvertrag (Umschalten auf Ölbetrieb in Spitzenzeiten des Gas-Versorgungsunternehmens) abgeschlossen, damit der Leistungspreis entfällt. Die Hauptwärme wird durch den BW-Kessel bereitgestellt.

Parameter	Bezeichnung	Wert	Dimension
Leistung des neuen BW-Gaskessels als Ersatz für einen Altkessel	$\dot{Q}_{K/2}$	2,5	MW
Kesselwirkungsgrad = Mittlerer Jahresnutzungsgrad bezogen auf H_U	$\eta_{a/2}$	100	%
Restbrennstoffverbrauch des alten Ölkessels	$B_{a, Öl}$	32.000	l/a
Kesselnutzwärmeabgabe des alten Ölkessels	$Q_{K, Nutz, Öl}$	240	MWh
Gesamtinvestitionen (Belastung Kunde und Betreiber je zur Hälfte)	$I_{ges/2}$	500.000	€
Arbeitspreis für Gas (H_O)	$P_{A, Gas}$	0,03	€/kWh
Momentaner Heizölpreis	$P_{öl}$	0,4	€/l HEL
Jährliche Teuerungsraten:			
Energie		6	%
Wartung und Instandhaltung Neu-Anlage	f_W	0,03	-
Kalkulationszinssatz		8	%
Angenommene Wartungskosten für den Altanlageanteil / Wartungskosten für Altanlage pauschal	$K_{W, alt}$	25.000	€/a
Vertragsdauer		10	a
Faktor für verringerte Verteilverluste durch niedrigere Heizmitteltemperaturen	$f_{V, neu}$	0,75	-
Verluste der Kesselanlage siehe Wirkungsgradangabe			
Elektrische Zusatzenergien für Brenner-, Stellmotorantriebe, Regler usw.	W_{zus}	2.000	kWh/a

Aufgabe a)

Bestimmen Sie:

- die Nutzwärme Q_N der Abnehmer für die Raumheizung und
- nach der Brennstoffverbrauchsformel die Vollbenutzungsstunden der Raumheizung b_{VH} unter Berücksichtigung von $\dot{Q}_{N,Geb}$.

Ermittlung von Anlagen- und Verteilungsnutzungsgrad (gesamt) und Berechnung des Jahresnutzungsgrades der Kesselanlage.

Aufgabe b)

Bestimmen Sie die Jahreskosten K_{1a} im 1. Jahr und die mittleren Jahreskosten $K_{a,\emptyset}$ des Betreibers für den Betrachtungszeitraum unter Berücksichtigung von Mittelwertfaktoren m_e der Energieverteuerung und m_W der Verteuerung der Wartungs- und Instandhaltungskosten nach LEG-Verfahren.

Aufgabe c)

Welchen Wärmepreis P_{1a} muss der Kunde je MWh Nutzwärme Q_N im 1. Jahr bezahlen und welchen über 10 Jahre gemittelten Preis $P_{\emptyset,10 \text{ Jahre}}$, wenn der Betreiber einen Gewinnaufschlag A von 10 % auf seine Gesamtkosten K_{1a} ansetzt? MWSt. bleibt außer Betracht.

Aufgabe d)

Der Betreiber zieht zwei alternative Sanierungsmaßnahmen der Kesselzentrale in Betracht. Die Investitionen teilen sich der Betreiber und der Kunde zur Hälfte. Die Verteilverluste Q_V verringern sich um 25 % durch Absenkung der Vor- und Rücklauftemperaturen.

Für beide Varianten sollen bestimmt werden:

- Gesamtkosten $K_{1a/1}$ des Betreibers im 1. Jahr
- Mittelwert der Jahreskosten $K_{a,\emptyset}$ über 10 Jahre nach LEG
- Statische Amortisation n_{st}
- Wärmepreise $P_{1Wärme}$ für den Kunden im 1. Jahr mit 10 %-igem Gewinnaufschlag
- Wärmepreise $P_{Wärme,\emptyset}$ über 10 Jahre gemittelt bei unveränderter Nutzwärmeabnahme und 10 %-igem Gewinnaufschlag auf die jährlichen Kosten

BEISPIEL

Zweikesselanlage

Es ist die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen der Versorgung einer größeren Liegenschaft mit einer 20 Jahre alten Öl-Zwei-Kesselanlage zu untersuchen, die von einer Betreibergesellschaft mit einer Vertragsdauer von 10 Jahren übernommen und betrieben wird.

Gegebene Daten:			
Parameter	Bezeichnung	Wert	Dimension
Mittlerer Brennstoffverbrauch für Heizung	B_a	800.000	l/a
Unterer Heizwert Heizöl	H_U	10	kWh/l
Norm-Wärmebedarf des Gebäudes	$\dot{Q}_{N,Geb}$	4	MW
Leistung der Kesselanlage	\dot{Q}_K	2 * 4	MW
Auslegungstemperaturen: Vor-/Rücklauf		80/60	°C
Verlustwärmemengen:			
Verteilverlustwärmemenge im Netz	$Q_{V,N}$	600	MWh/a
Verteilverlustwärmemenge in der Zentrale	$Q_{V,Z}$	100	MWh/a
Kesselverlustwärmemenge durch Abgase	$Q_{K,A}$	800	MWh/a
Kesselverlustwärmemenge durch Strahlung	$Q_{K,S}$	100	MWh/a
Kesselverlustwärmemenge durch Bereitschaft	$Q_{K,B}$	400	MWh/a
Elektrische Zusatzenergien für Brenner-, Stellmotorantriebe, Regler usw.	$W_{zus,el}$	2.000	kWh/a
Energieverbrauch der 4 Heizkreispumpen	$W_{P,el}$	4 * 35.000	kWh/a
Thermische Leistung		4 * 1	MW
Momentaner Heizölpreis	$P_{öl}$	0,4	€/l HEL
Momentaner Strompreis	P_{el}	0,2	€/kWh _{el}
Wartung und Instandhaltung	K_W	40.000	€/a
Jährliche Teuerungsraten:			
Energie		6	%
Wartung und Instandhaltung		3	%
Kalkulationszinssatz		8	%
Vertragsdauer		10	a
Gewinnaufschlag	A	10	%

Die Anlage wird als abgeschrieben betrachtet und zunächst mit einer weiteren Lebensdauer von 10 Jahren angesetzt.