

Übung: BHKW - Energieeffizienz

Berechnen Sie für ein wärmegeführtes Erdgas-BHKW

- die jährlichen Betriebsstunden
- die jährlichen Erdgaskosten (0,05 €/kWh_{HS})
- die elektrische Leistung des BHKW
- die jährlichen Erlöse (Stromverkauf 0,10 €/kWh und Erdgassteuer-Rückerstattung 0,5 ct/kWh_{HS})
- die prozentuale Einsparung im Vergleich zu einer getrennten Energieerzeugung ($\eta_{th} = 95\%$; $\eta_{el} = 45\%$ inkl. Verluste)
- den Primärenergiefaktor der Wärme des BHKW ($f_{p_{Erdgas}} = 1,1$; $f_{p_{KWK, Stromgutschrift}} = 1,8$)

Randbedingungen:

- BHKW: 15 kW_{th}; $\eta_{th} = 50\%$; $\eta_{el} = 40\%$
- Wärmeproduktion = 60000 kWh_{th}/a
- Stromverkauf 30 % des erzeugten Stroms

Lösungen: 4000 h/a, 6660 €/a, 12 kW_{el}, 2106 €/a, 29,3 %, 0,76

KWK 1

$$a) \text{ Betriebsstunden: } t = \frac{Q}{\dot{Q}} = \frac{60000 \frac{\text{kWh}_{th}}{a}}{15 \text{ kW}_{th}} = 4000 \frac{h}{a}$$

b) jährliche Erdgaskosten:

$$\text{Erdgasverbrauch} = \frac{Q}{\eta_{th}} = \frac{60000 \frac{\text{kWh}}{a}}{0,5} = 120000 \frac{\text{kWh}_{Hi}}{a}$$

$$\text{Erdgaskosten} = 120000 \frac{\text{kWh}_{Hi}}{a} \cdot 1,11 \frac{\text{kWh}_{HS}}{\text{kWh}_{Hi}} \cdot 0,05 \frac{\text{€}}{\text{kWh}_{HS}} = 6660 \frac{\text{€}}{a}$$

$$c) \text{ elektrische Leistung} = \frac{\text{Erdgasverbrauch} \cdot \eta_{el}}{t} = \frac{120000 \frac{\text{kWh}}{a} \cdot 0,4}{4000 \frac{h}{a}} = \frac{48000 \frac{\text{kWh}_{el}}{a}}{4000 \frac{h}{a}} = 12 \text{ kW}_{el}$$

d) jährliche Erlöse:

$$\text{Strom: } 48000 \frac{\text{kWh}_{el}}{a} \cdot 0,3 \cdot 0,10 \frac{\text{€}}{\text{kWh}_{el}} = 1440 \frac{\text{€}}{a}$$

$$\text{Erdgassteuer-Rückerstattung: } 120000 \frac{\text{kWh}_{Hi}}{a} \cdot 1,11 \frac{\text{kWh}_{HS}}{\text{kWh}_{Hi}} \cdot 0,005 \frac{\text{€}}{\text{kWh}_{HS}} = 666 \frac{\text{€}}{a}$$

$$\text{Gesamte Erlöse: } 1440 \frac{\text{€}}{a} + 666 \frac{\text{€}}{a} = 2106 \frac{\text{€}}{a}$$

$$e) \text{ Wärme: } \text{Erdgasverbrauch} = \frac{Q}{\eta_{th}} = \frac{60000 \frac{\text{kWh}}{a}}{0,95} = 63158 \frac{\text{kWh}}{a}$$

$$\text{Strom: } \text{Erdgasverbrauch} = \frac{W}{\eta_{el}} = \frac{48000 \frac{\text{kWh}}{a}}{0,45} = 106667 \frac{\text{kWh}}{a}$$

$$\text{Gesamt: } 63158 \frac{\text{kWh}}{a} + 106667 \frac{\text{kWh}}{a} = 169825 \frac{\text{kWh}}{a}$$

$$\text{Einsparung} = \frac{169825 \frac{\text{kWh}}{a} - 120000 \frac{\text{kWh}}{a}}{169825 \frac{\text{kWh}}{a}} = 29,3\%$$

$$f) f_p = \frac{PE_{KWK} - PE_{KWK, Stromgutschrift}}{Q_{KWK}}$$

1.) über Leistungen

$$PE_{KWK} = \frac{12 \text{ kW}_{el}}{0,4} = 30 \text{ kW}$$

oder

$$PE_{KWK} = \frac{15 \text{ kW}_{th}}{0,5} = 30 \text{ kW}$$

$$f_p = \frac{30 \text{ kW} \cdot 1,1 - 12 \text{ kW}_{el} \cdot 1,8}{15 \text{ kW}_{th}} = 76 \%$$

2.) über Energiemengen

$$f_p = \frac{120000 \frac{\text{kWh}}{a} \cdot 1,1 - 48000 \frac{\text{kWh}_{el}}{a} \cdot 1,8}{60000 \frac{\text{kWh}_{th}}{a}} = 76 \%$$