

Fachhochschul
Studiengänge



Burgenland

Bildung im
Herzen Europas.



Bilanzierung von Kraft-Wärme-Kälte- Kopplungs-Systemen

11. Symposium Energieinnovation



R. Krottil

11. Februar 2010

Inhalt

- **Einleitung**
- **Bilanzierungsmodell**
- **Bewertung**
- **KWKK-Modell**
- **Zusammenfassung**
- **Ausblick**

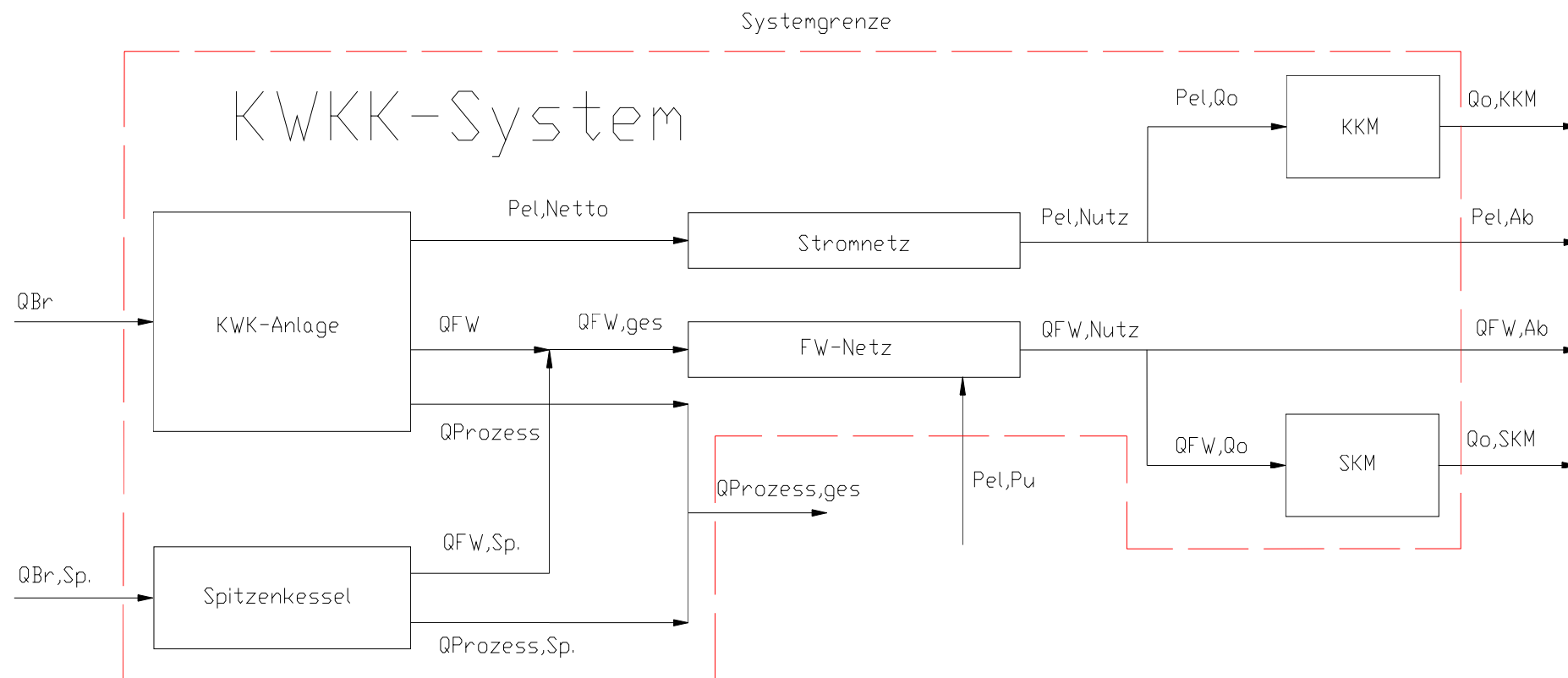


Einleitung

- **KWKK-Systeme leisten einen Beitrag zur:**
 - gleichzeitigen Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte
 - Effizienzsteigerung
 - Primärenergieeinsparung
 - Reduktion der CO₂-Emissionen

- **Dies bedarf:**
 - der Kenntnis der technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen
 - einer energetischen, ökonomischen und ökologischen Analyse des Energieversorgungssystems

Bilanzierungsmodell



Bewertung

▪ Energetische und exergetische Bewertung:

$$\eta_{KWKK} = \frac{\dot{Q}_{Br} \cdot \left[\left(\eta_{V,el} \cdot \eta_{el} + \eta_{th} \cdot \eta_{V,FW} + \eta_{th,Prozess} \right) + V_{Br} \cdot \left(\eta_{H,Sp.} \cdot \eta_{V,FW} + \eta_{H,Sp.,Prozess} \right) \right] + \dot{Q}_{0,SKM} \cdot \left[\left(1 - \frac{1}{COP_{th}} \right) + V_{Q_0} \cdot \left(1 - \frac{1}{COP} \right) \right]}{\dot{Q}_{Br} (1 + V_{Br}) + P_{el,Pu}}$$

$$\eta_{ex,KWKK} = \frac{\dot{Q}_{Br} \cdot \left[\eta_{V,el} \cdot \eta_{el} + \eta_{V,ex} \cdot \left(1 - \frac{T_u}{T_{FW,mittel}} \right) \cdot \left(\eta_{th} + \eta_{H,Sp.} \cdot V_{Br} \right) + \left(1 - \frac{T_u}{T_{Prozess,mittel}} \right) \cdot \left(\eta_{th,Prozess} + \eta_{H,Sp.,Prozess} \cdot V_{Br} \right) \right]}{\dot{Q}_{Br} (1 + V_{Br}) + P_{el,Pu}} +$$

$$\frac{\left(\frac{T_u}{T_{K,mittel}} - 1 \right) \cdot \dot{Q}_{0,SKM} \cdot \left[\left(1 - \frac{1}{COP_{th}} \right) + V_{Q_0} \cdot \left(1 - \frac{1}{COP} \right) \right]}{\dot{Q}_{Br} (1 + V_{Br}) + P_{el,Pu}}$$

Bewertung

▪ Spezifischer Primärenergieeinsatz des KWKK-Systems:

- Spezifische Brennstoffwärmebelastung der Stromerzeugung:

$$q_{BP} = \frac{1}{\eta_{KWK} \cdot \eta_{V,el}} \quad [\text{kWh}_{Br}/\text{kWh}_{el}]$$

- Spezifische Brennstoffwärmebelastung der Wärmeerzeugung:

$$q_{BQ} = \frac{v_{th} + V_{Br} \cdot v_{H,Sp.}}{\eta_{V,FW} \cdot (\eta_{th} + \eta_{H,Sp.} \cdot V_{Br})} \quad [\text{kWh}_{Br}/\text{kWh}_{Wärme}]$$

- Spezifische Brennstoffwärmebelastung der Prozesswärmeerzeugung:

$$q_{BQP} = \frac{v_{th,Pr o z e s s} + V_{Br} \cdot v_{H,Sp.,Pr o z e s s}}{\eta_{H,Sp.,Pr o z e s s} \cdot V_{Br} + \eta_{th,Pr o z e s s}} \quad [\text{kWh}_{Br}/\text{kWh}_{Pr o z e s s}]$$

Bewertung

- **Spezifischer Primärenergieeinsatz des KWKK-Systems:**

- Spezifische Brennstoffwärmebelastung der Kälteerzeugung:

- Kompressionskältemaschine:

$$q_{BQ_0, KKM} = \frac{1}{\eta_{KWK} \cdot \eta_{V,el} \cdot COP} \quad [\text{kWh}_{Br}/\text{kWh}_{Kälte}]$$

- Sorptionskältemaschine:

$$q_{BQ_0, SKM} = \frac{v_{th} + V_{Br} \cdot v_{H,Sp.}}{\eta_{V,FW} \cdot COP_{th} \cdot (\eta_{th} + \eta_{H,Sp.} \cdot V_{Br})} \quad [\text{kWh}_{Br}/\text{kWh}_{Kälte}]$$

Bewertung

▪ Ökonomische und ökologische Bewertung:

▪ Strom: $X_{el} = q_{BP} \cdot X_{Br}$

X_{el} (1) spezifische Stromkosten k_{el} [Cent/kWh_{el}]

(2) spezifische Emissionen der Strombereitstellung $e_{Stoff,el}$ [kg_{Stoff}/kWh_{el}]

X_{Br} (1) spezifische Brennstoffkosten k_{Br} [Cent/kWh_{Br}]

(2) spezifische Emissionen des Brennstoffes $e_{Stoff,Br}$ [kg_{Stoff}/kWh_{Br}]

(z.B. Stoffe: CO₂, CO, Staub (TSP), SO₂, NO_x, NMVOC,.....)

Bewertung

▪ Ökonomische und ökologische Bewertung:

▪ Wärme:

$$X_{\text{Wärme}} = \frac{v_{th} \cdot X_{Br} + X_{Br,Sp.} \cdot V_{Br} \cdot v_{H,Sp.}}{\eta_{V,FW} \cdot (\eta_{th} + \eta_{H,Sp.} \cdot V_{Br})}$$

$X_{\text{Wärme}}$ (1) spezifische Wärmekosten $k_{\text{Wärme}}$ [Cent/kWh_{Wärme}]

(2) spezifische Emissionen der Wärme $e_{\text{Stoff,Wärme}}$ [kg_{Stoff}/kWh_{Wärme}]

$X_{Br,Sp.}$ (1) spezifische Brennstoffkosten Spitzenkessel $k_{Br,Sp.}$ [Cent/kWh_{Br,Sp.}]

(2) spezifische Emissionen des Brennstoffes Spitzenkessel $e_{\text{Stoff,Br,Sp.}}$ [kg_{Stoff}/kWh_{Br,Sp.}]

▪ Prozesswärme:

$$X_{\text{Prozess}} = \frac{v_{th,Prozess} \cdot X_{Br} + X_{Br,Sp.} \cdot V_{Br} \cdot v_{H,Sp.,Prozess}}{\eta_{H,Sp.,Prozess} \cdot V_{Br} + \eta_{th,Prozess}}$$

X_{Prozess} (1) spezifische Prozesswärmekosten k_{Prozess} [Cent/kWh_{Prozess}]

(2) spezifische Emissionen der Prozesswärme $e_{\text{Stoff,Prozess}}$ [kg_{Stoff}/kWh_{Prozess}]



Bewertung

▪ Ökonomische und ökologische Bewertung:

▪ Kälte:

▪ Kompressionskältemaschine: $X_{KKM, Kälte} = q_{BQ_0, KKM} \cdot X_{Br}$

$X_{KKM, Kälte}$ (1) spezifische Kältekosten KKM $k_{KKM, Kälte}$ [Cent/kWh_{Kälte}]

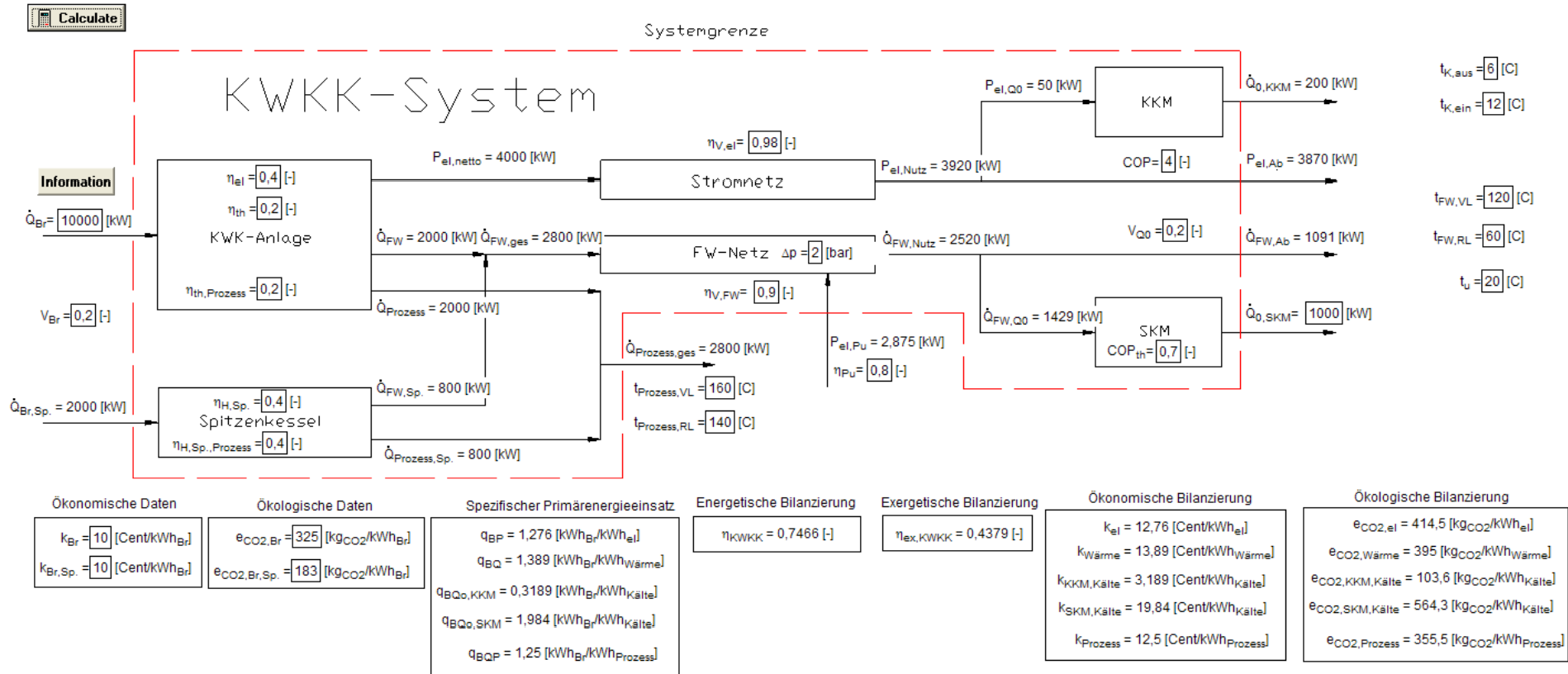
(2) spezifische Emissionen der Kälte KKM $e_{Stoff, KKM, Kälte}$ [kg_{Stoff}/kWh_{Kälte}]

▪ Sorptionskältemaschine:
$$X_{SKM, Kälte} = \frac{X_{Wärme}}{COP_{th}} = \frac{v_{th} \cdot X_{Br} + X_{Br, Sp.} \cdot V_{Br} \cdot v_{H, Sp.}}{COP_{th} \cdot \eta_{V, FW} \cdot (\eta_{th} + \eta_{H, Sp.} \cdot V_{Br})}$$

$X_{SKM, Kälte}$ (1) spezifische Kältekosten SKM $k_{SKM, Kälte}$ [Cent/kWh_{Kälte}]

(2) spezifische Emissionen der Kälte SKM $e_{Stoff, SKM, Kälte}$ [kg_{Stoff}/kWh_{Kälte}]

KWKK-Modell



Zusammenfassung

- **Effizienter Einsatz von KWKK-Systemen für eine Region bzw. ein Gebäude, bedarf einer energetischen, ökologischen und ökonomischen Gesamtanalyse des Energieversorgungssystems unter Berücksichtigung der dort vorherrschenden technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen.**
- **Energieversorger und Planer sind mit dem vorgestellten Bilanzierungsmodell in der Lage eine Analyse von unterschiedlichen KWKK-Systemen durchzuführen.**
- **Das Bilanzierungsmodell von KWKK-Systemen soll in Richtung bedarfsabhängige Jahresverbrauchsenergie-daten von Gebäuden bzw. von einer Region weiterentwickelt werden.**

Energie sparen!

Veränderung des Wirtschaftssystems!

Nachhaltiger Umgang der Menschen mit unserer Umwelt

