

Fachhochschul  
Studiengänge



**Burgenland**

Bildung im  
Herzen Europas.



# Bilanzierung von Kraft-Wärme-Kälte- Kopplungs-Systemen

11. Symposium Energieinnovation



R. Krotil

11. Februar 2010

# Inhalt

---

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

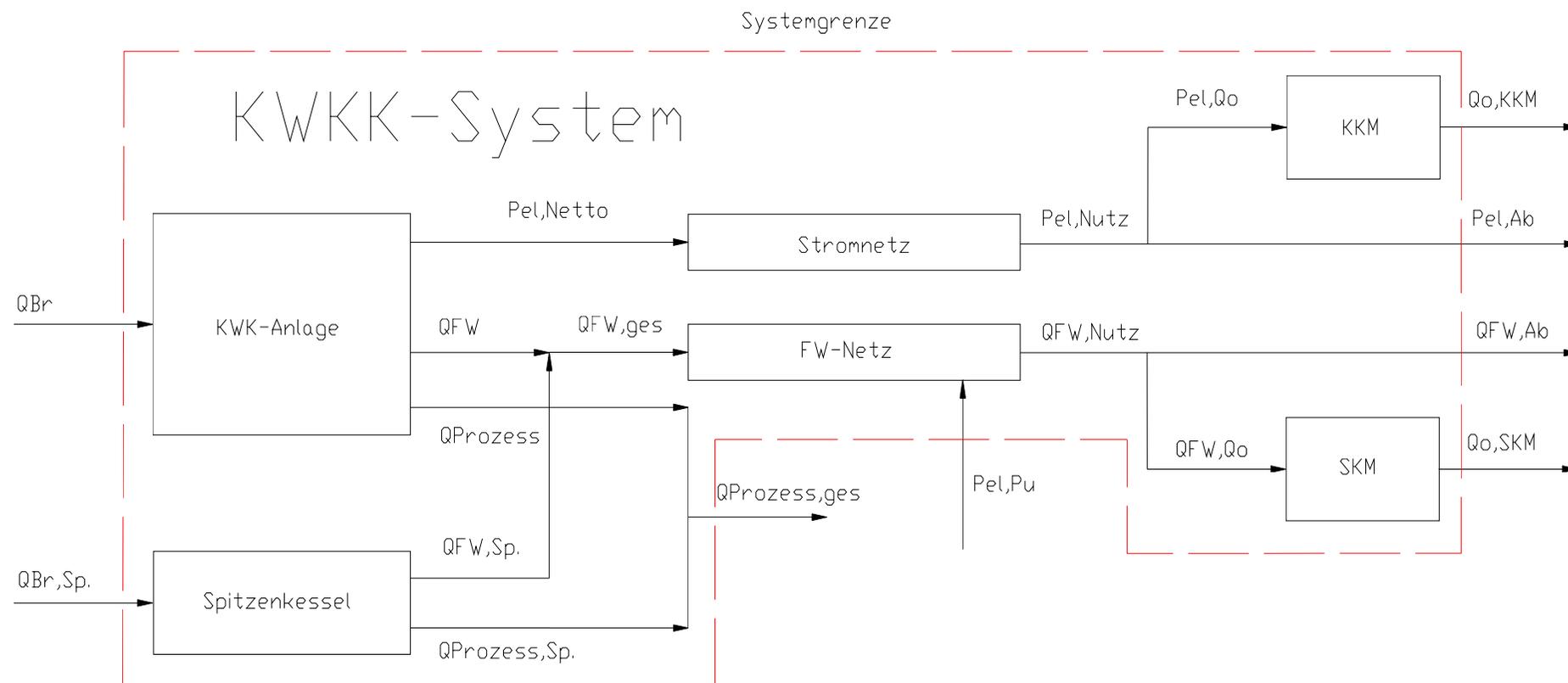


# Einleitung

---

- **KWKK-Systeme leisten einen Beitrag zur:**
  - gleichzeitigen Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte
  - Effizienzsteigerung
  - Primärenergieeinsparung
  - Reduktion der CO<sub>2</sub>-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:

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

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

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

# 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<sub>el</sub>]

(2) spezifische Emissionen der Strombereitstellung  $e_{Stoff,el}$  [kg<sub>Stoff</sub>/kWh<sub>el</sub>]

$X_{Br}$  (1) spezifische Brennstoffkosten  $k_{Br}$  [Cent/kWh<sub>Br</sub>]

(2) spezifische Emissionen des Brennstoffes  $e_{Stoff,Br}$  [kg<sub>Stoff</sub>/kWh<sub>Br</sub>]

(z.B. Stoffe: CO<sub>2</sub>, CO, Staub (TSP), SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, 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<sub>Wärme</sub>]

(2) spezifische Emissionen der Wärme  $e_{\text{Stoff,Wärme}}$  [kg<sub>Stoff</sub>/kWh<sub>Wärme</sub>]

$X_{Br,Sp.}$  (1) spezifische Brennstoffkosten Spitzenkessel  $k_{Br,Sp.}$  [Cent/kWh<sub>Br,Sp.</sub>]

(2) spezifische Emissionen des Brennstoffes Spitzenkessel  $e_{\text{Stoff,Br,Sp.}}$  [kg<sub>Stoff</sub>/kWh<sub>Br,Sp.</sub>]

### ▪ Prozesswärme:

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

$X_{\text{Prozess}}$  (1) spezifische Prozesswärmekosten  $k_{\text{Prozess}}$  [Cent/kWh<sub>Prozess</sub>]

(2) spezifische Emissionen der Prozesswärme  $e_{\text{Stoff,Prozess}}$  [kg<sub>Stoff</sub>/kWh<sub>Prozess</sub>]



# 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<sub>Kälte</sub>]

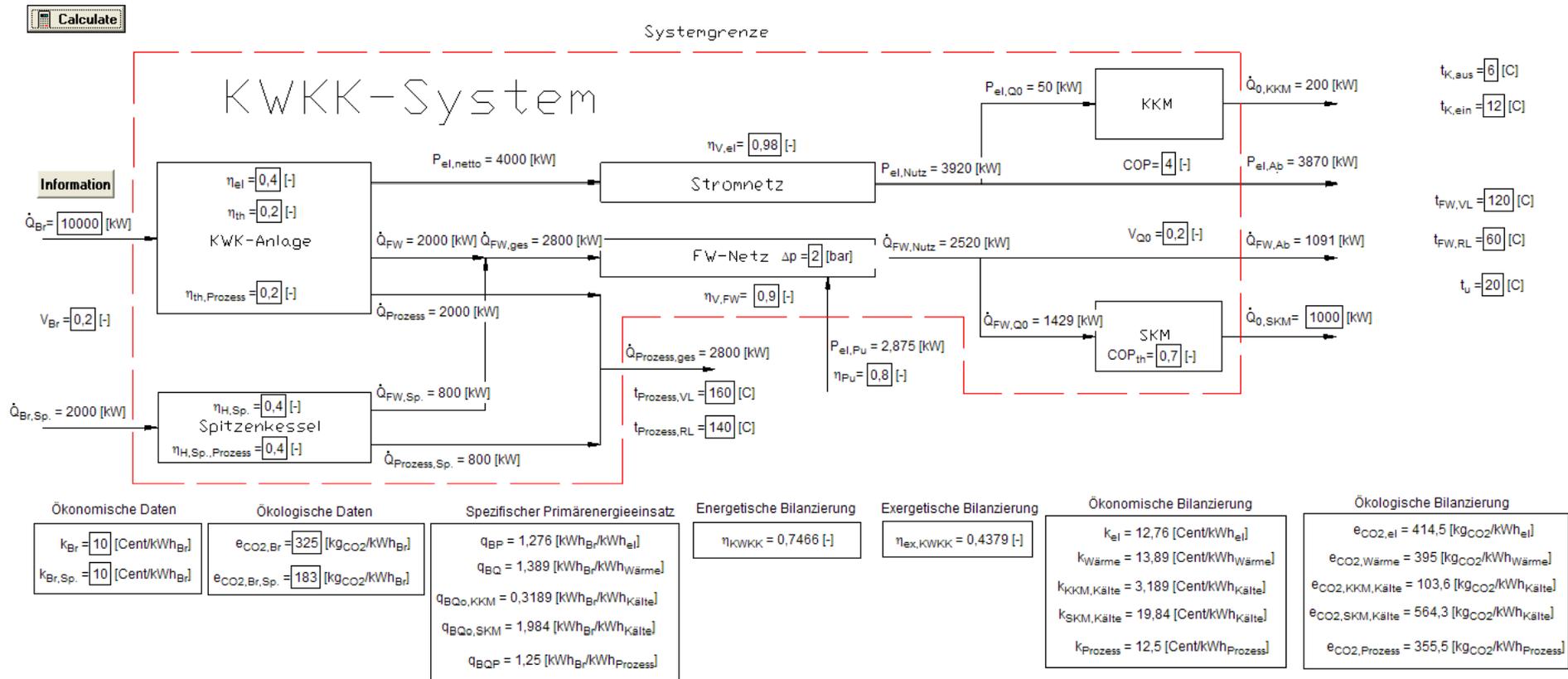
(2) spezifische Emissionen der Kälte KKM  $e_{Stoff, KKM, Kälte}$  [kg<sub>Stoff</sub>/kWh<sub>Kälte</sub>]

▪ 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<sub>Kälte</sub>]

(2) spezifische Emissionen der Kälte SKM  $e_{Stoff, SKM, Kälte}$  [kg<sub>Stoff</sub>/kWh<sub>Kälte</sub>]

# KWKK-Modell



$t_{K,aus} = 6$  [C]

$t_{K,ein} = 12$  [C]

$t_{FW,VL} = 120$  [C]

$t_{FW,RL} = 60$  [C]

$t_u = 20$  [C]



# 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

