



Burgenland

Bildung im
Herzen Europas.

Effizienzsteigerung durch Kraft-Wärme-Kälte- Kopplungs-Systeme

Bilanzierungstool

12. Symposium Energieinnovation



R. Krottil



17. Februar 2012

Inhalt

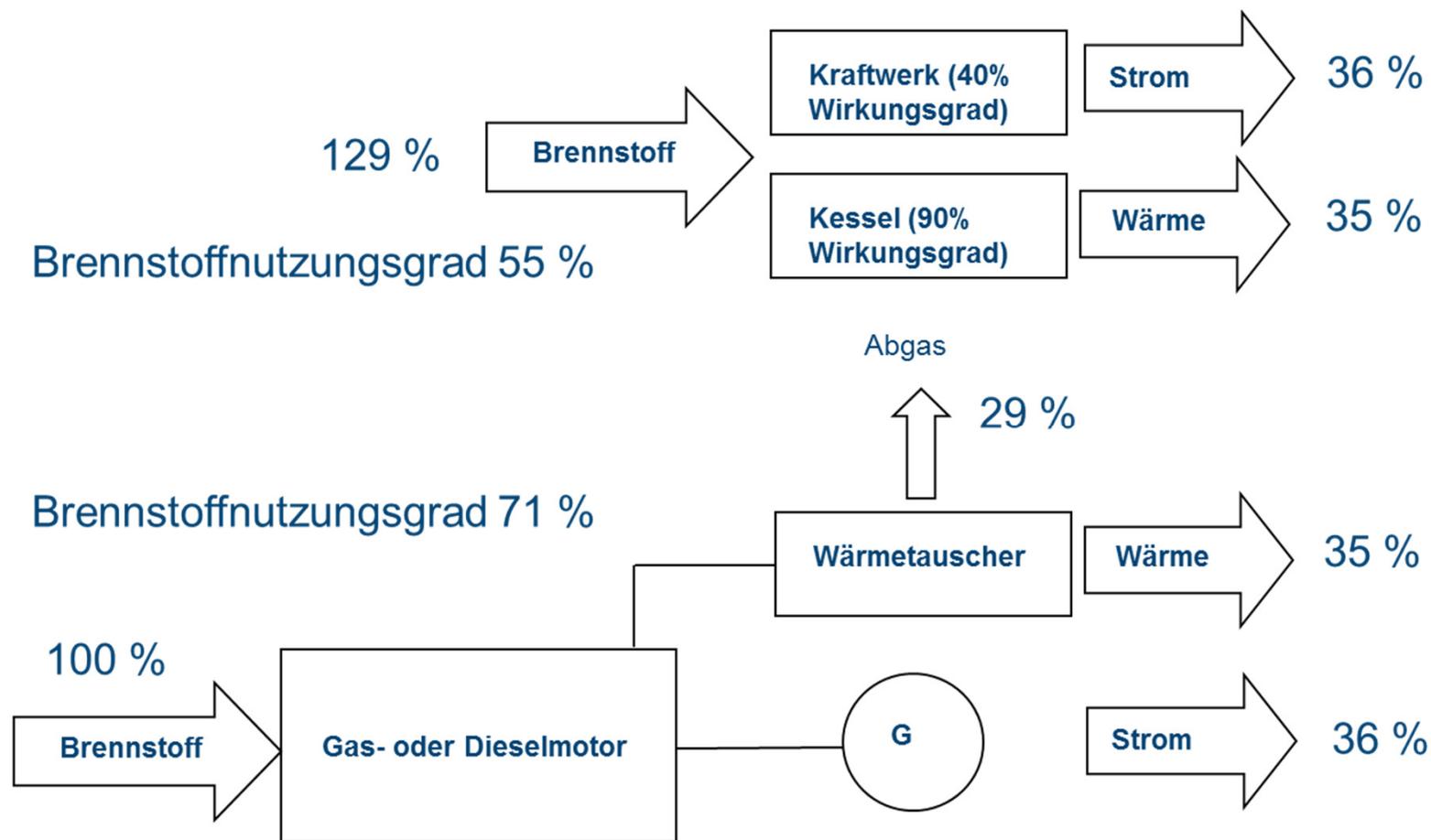
- **Einleitung**
- **Bewertungsmodell**
- **Kenngroßen**
- **KWKK-Tool**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

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



Einleitung

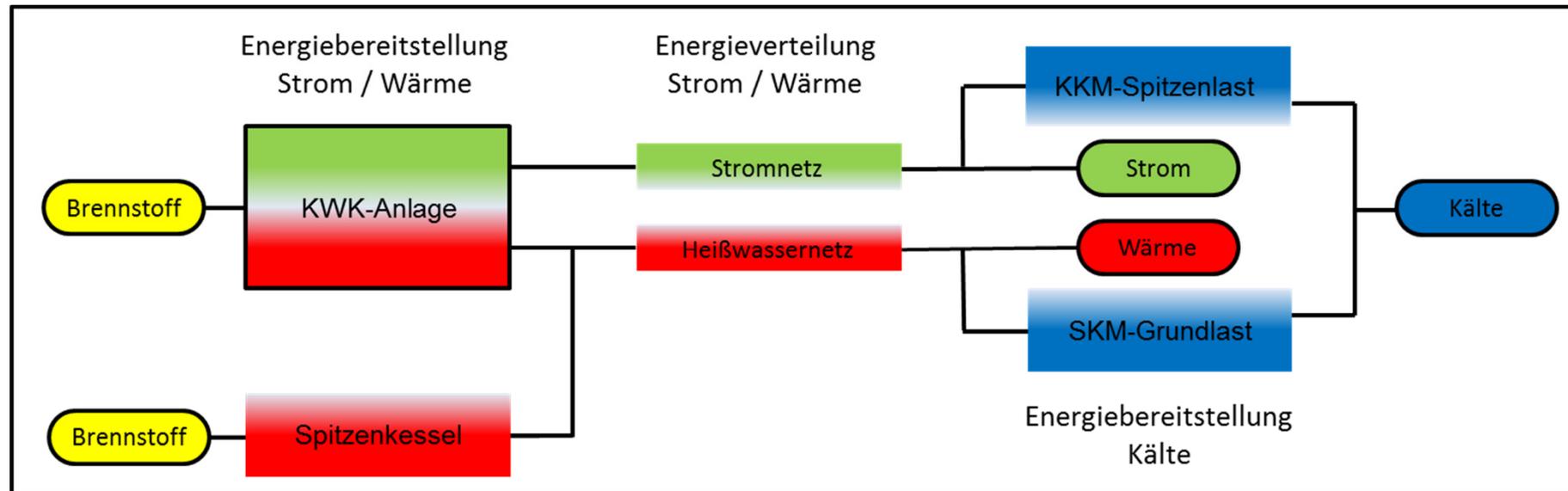
▪ Getrennte und gekoppelte Energiebereitstellung



Einleitung

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

Bewertungsmodell



Kenngrößen

▪ Energetische und exergetische Bewertung:

$$\eta_{KWKK} = \frac{Q_{Br} \cdot [(\eta_{V,el} \cdot \eta_{el} + \eta_{th} \cdot \eta_{V,HW}) + V_{Br} \cdot \eta_{SPK} \cdot \eta_{V,HW}] + Q_{0,SKM} \cdot \left[\left(1 - \frac{1}{\beta_{SKM}}\right) + V_{Q_0} \cdot \left(1 - \frac{1}{\beta_{KKM}}\right) \right]}{Q_{Br} (1 + V_{Br})}$$

$$\eta_{ex,KWKK} = \frac{Q_{Br} \cdot \left[\eta_{V,el} \cdot \eta_{el} + \eta_{V,ex} \cdot \left(1 - \frac{T_u}{T_{HW,mittel}}\right) \cdot (\eta_{th} + \eta_{SPK} \cdot V_{Br}) \right] + \left(\frac{T_u}{T_{K,mittel}} - 1 \right) \cdot Q_{0,SKM} \cdot \left[\left(1 - \frac{1}{\beta_{SKM}}\right) + V_{Q_0} \cdot \left(1 - \frac{1}{\beta_{KKM}}\right) \right]}{Q_{Br} (1 + V_{Br})}$$

Kenngrößen

▪ Primärenergieeinsatz des KWKK-Systems:

- Strom: $PE_{Strom} = f_{PE} \cdot q_{BP} \cdot E_{el,Ab} \quad [kWh_{PE}]$

- Wärme: $PE_{Wärme} = f_{PE,Wärme} \cdot Q_{HW,Ab} \quad [kWh_{PE}]$

$$f_{PE,Wärme} = \frac{v_{th} + V_{Br} \cdot V_{PE}}{\eta_{V,HW} \cdot (\eta_{th} + \eta_{SPK} \cdot V_{Br} \cdot V_{PE})} \quad [kWh_{PE}/kWh_{Wärme}]$$

- Kälte:

- Kompressionskältemaschine: $PE_{Kälte,KKM} = f_{PE} \cdot q_{BQ_0,KKM} \cdot Q_{0,KKM} \quad [kWh_{PE}]$

- Sorptionskältemaschine: $PE_{Kälte,SKM} = \frac{f_{PE,Wärme}}{\beta_{SKM}} \cdot Q_{0,SKM} \quad [kWh_{PE}]$

Kenngrößen

▪ **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,.....)

Kenngrößen

▪ **Ökonomische und ökologische Bewertung:**

▪ Wärme:

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

- $X_{\text{Wärme}}$
- (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.}]



Kenngrößen

▪ 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}]

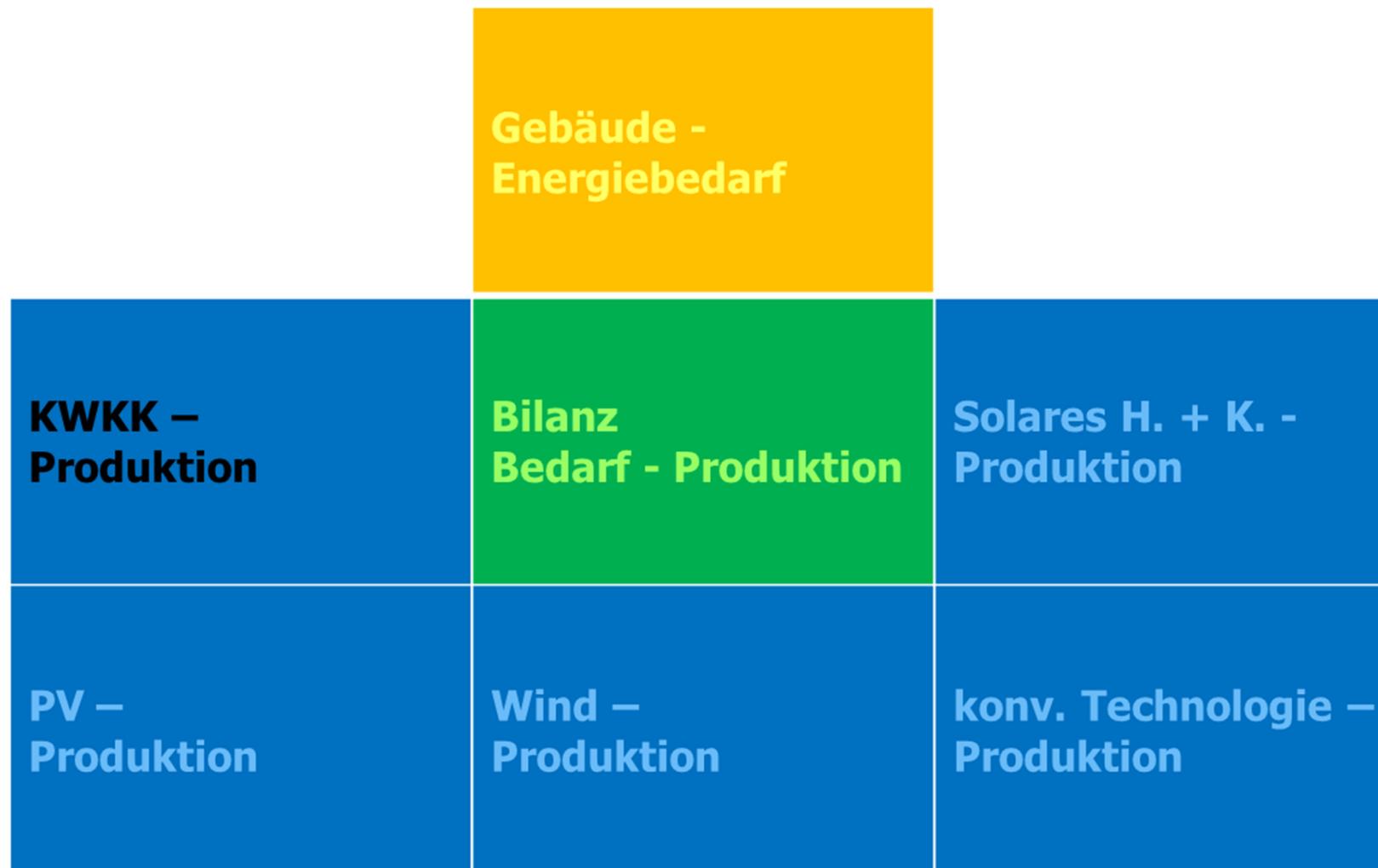
(2) spezifische Emissionen der Kälte KKM $e_{Stoff, KKM, Kälte}$ [kg_{Stoff}/kWh_{Kälte}]

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

$X_{SKM, Kälte}$ (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-Tool



KWKK-System

Energetische Daten

Energiebedarf Gebäude einlesen
 Energiebedarf Gebäude manuell eingeben

Strom: [kWh/a]
Wärme: [kWh/a]
Kälte: [kWh/a]

Spitzenkessel:

Spitzenlast Wärme: $V_{QHW} = 0,40$ [-]
Spitzenlast Kälte: $V_{Q0} = 0,20$ [-]

Heißwasservorlauftemperatur: [°C]
Heißwasserrücklauftemperatur: [°C]
Kaltwasservorlauftemperatur: [°C]
Kaltwasserrücklauftemperatur: [°C]
Kühlwasservorlauftemperatur: [°C]
Kühlwasserrücklauftemperatur: [°C]

Energieverteilung

Stromnetz:

Heißwassernetz:

Verteilungsgrad: [-]

Ökonomische & ökologische Daten

Brennstoffkosten KWKK-Anlage:
 [EUR/m³_{Bt}]

Brennstoffkosten Spitzenkessel:
 [EUR/m³_{Bt}]

Das Projekt „Build2Zero – ganzheitliche Konzepte zur Umsetzung von Nullenergiegebäuden“ wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BVI/T) innerhalb der Programme „Fplus“ & „OCER“ (Kooperationsrahmen) unterstützt.

R. Krottil

Ergebnisse

Energetische Daten

Primärenergiebedarf:
Strom: 49540 [kWh/a]
Wärme: 42749 [kWh/a]
Kälte KKM: 3230 [kWh/a]
Kälte SKM: 55318 [kWh/a]
Summe: 150836 [kWh/a]

Brennstoffenergie Gesamt: 143953 [kWh/a]
Brennstoffenergie KWKK-Anlage: 116065 [kWh/a]
Brennstoffenergie Spitzenkessel: 27888 [kWh/a]

Kälteenergie KKM: 7492 [kWh/a]
Kälteenergie SKM: 37458 [kWh/a]

Nutzungsgrad KWKK-Anlage: 0,786 [-]
Exergetischer Nutzungsgrad KWKK-Anlage: 0,367 [-]
Nutzungsgrad KWKK-Anlage: 0,84 [-]

Elektrischer Nutzungsgrad: 0,334 [-]
Thermischer Nutzungsgrad KWKK-Anlage: 0,511 [-]
Nutzungsgrad Spitzenkessel: 0,85 [-]

Jahresarbeitszahl KKM: 3,22 [-]
Jahresarbeitszahl SKM: 0,89 [-]

Ökonomische & ökologische Daten

Stromkosten: 3003 [EUR/a]
Wärmekosten: 2980 [EUR/a]
Kältekosten KKM: 195,8 [EUR/a]
Kältekosten SKM: 3856 [EUR/a]
Summe: 10034 [EUR/a]

CO₂ Emissionen Strom: 10394 [kg/a]
CO₂ Emissionen Wärme: 10315 [kg/a]
CO₂ Emissionen KKM: 677,7 [kg/a]
CO₂ Emissionen SKM: 13348 [kg/a]
Summe: 34734 [kg/a]

Spezifische Energiekosten

Strom: 0,08422 [EUR/kWh_{el}]
Wärme: 0,09154 [EUR/kWh_{Wärme}]
Kälte KKM: 0,02613 [EUR/kWh_{Kälte}]
Kälte SKM: 0,1029 [EUR/kWh_{Kälte}]

Spezifische CO₂ Emissionen

Strom: 292 [gCO₂/kWh_{el}]
Wärme: 317 [gCO₂/kWh_{Wärme}]
Kälte KKM: 90 [gCO₂/kWh_{Kälte}]
Kälte SKM: 356 [gCO₂/kWh_{Kälte}]



Zusammenfassung und Ausblick

- **Effizienter Einsatz von KWKK-Systemen bedarf:**
 - **einer energetischen, ökologischen und ökonomischen Gesamtanalyse des Energieversorgungssystems**
 - **unter Berücksichtigung der dort vorherrschenden technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen.**
- **KWKK-Tool dient zur Analyse von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungs-Systemen**
- **Weiterentwicklung des KWKK-Tool in Richtung stundenabhängiger Verbrauchsenergiedaten**

**Wenn wir Veränderung
haben wollen,
müssen wir uns verändern!**