



German national Goals and local strategies Exergetic Evaluation

Hans Hertle

Mannheim, September, 24th in 2013

Bewertungsprobleme in der Praxis: Mannheim Glückstein-Areal

- 1.500 Einwohner, 4.600 Arbeitsplätze
- Baustandard EnEV - 30%
- Versorgung durch Fernwärme-RL
- Exergie-Ausnutzungsgrad: Hoch



- **PROBLEM: PE-Faktor wird in der EnEV nicht abgebildet**

Was ist EXERGIE?

- EXERGIE beschreibt die Arbeitsfähigkeit der eingesetzten Energie

ENERGIE $\Rightarrow$ QUANTITÄT

EXERGIE $\Rightarrow$ QUANTITÄT + QUALITÄT

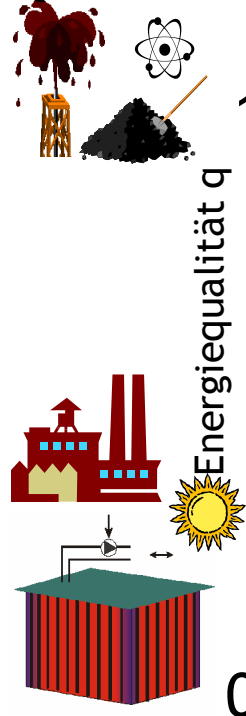
- Beispiel 1: Strom kann theoretisch* in jede beliebig andere Energie umgewandelt werden. EXERGIE = 1,0 bzw 100%
- Beispiel 2: Heißes Wasser mit 100° C könnte theoretisch* noch 25% Arbeit verrichten. EXERGIE = 0,25 bzw. 25%
- Beispiel 3: Abwärme mit 40° C könnte theoretisch* noch 10% Arbeit verrichten. EXERGIE = 0,1 bzw. 10%

* Theoretisch bedeutet in diesen Fällen: Nach Carnot (s.u.) gerechnet.

Energieversorgung muss an Energienutzung angepasst werden

Energieversorgung

Quelle

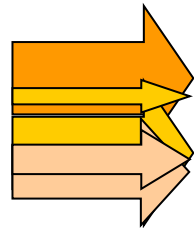
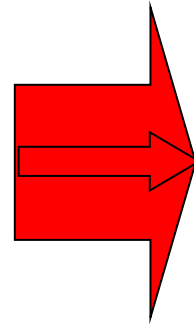


Energiequalität q

1
0

Fossile
Energien,
Strom

Niedertemp.
Fernwärme
45 °C
Mitteltemp.
Versorgung
55 °C
Niedertemp.
Versorgung
40 °C



EXERGIE

Energiequalität q

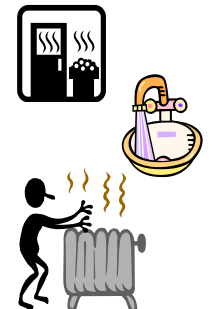
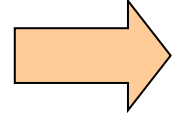
1
0

Haushaltsgeräte,
Beleuchtung

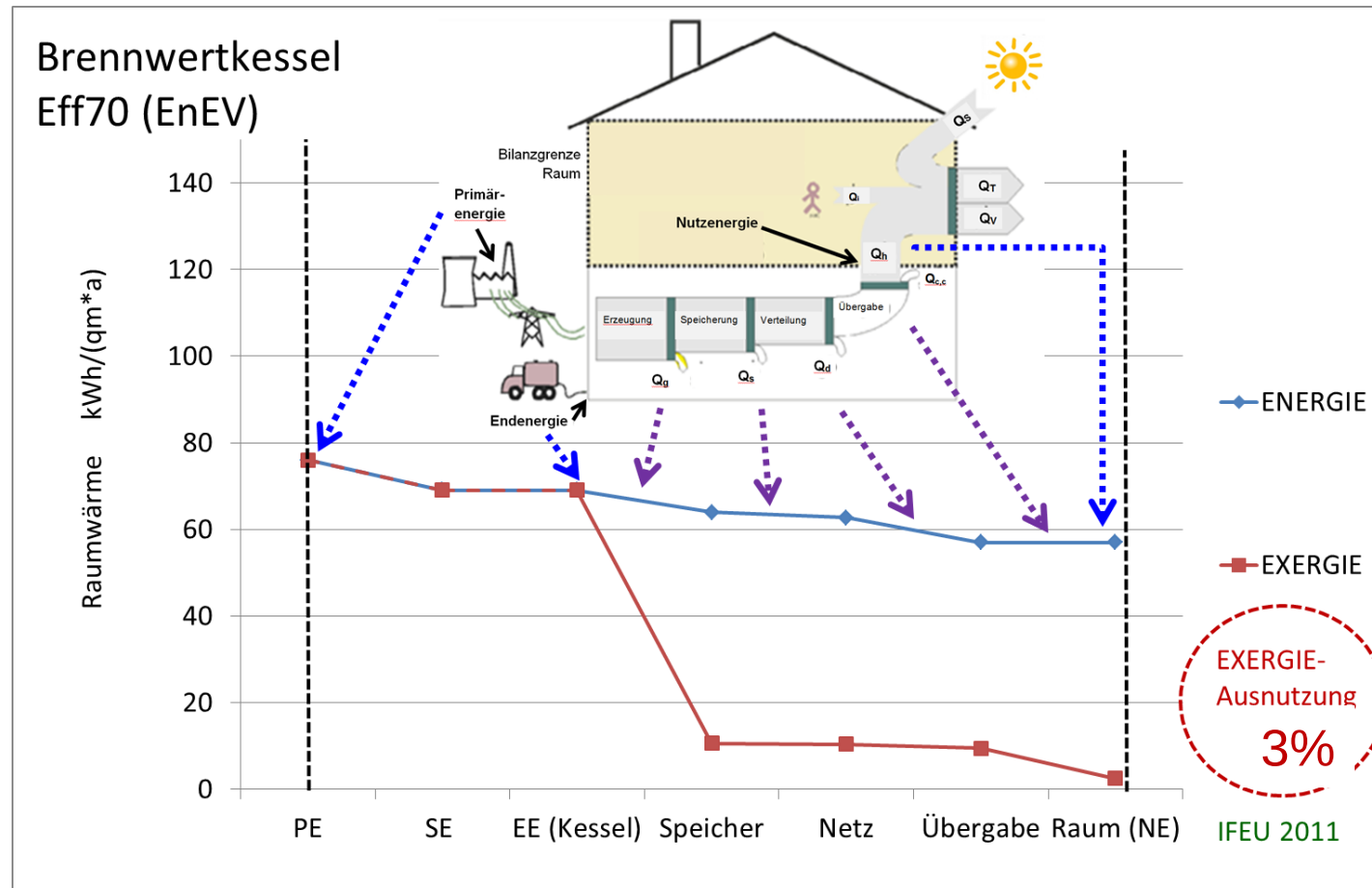
Sauna

Trinkwarmwasser

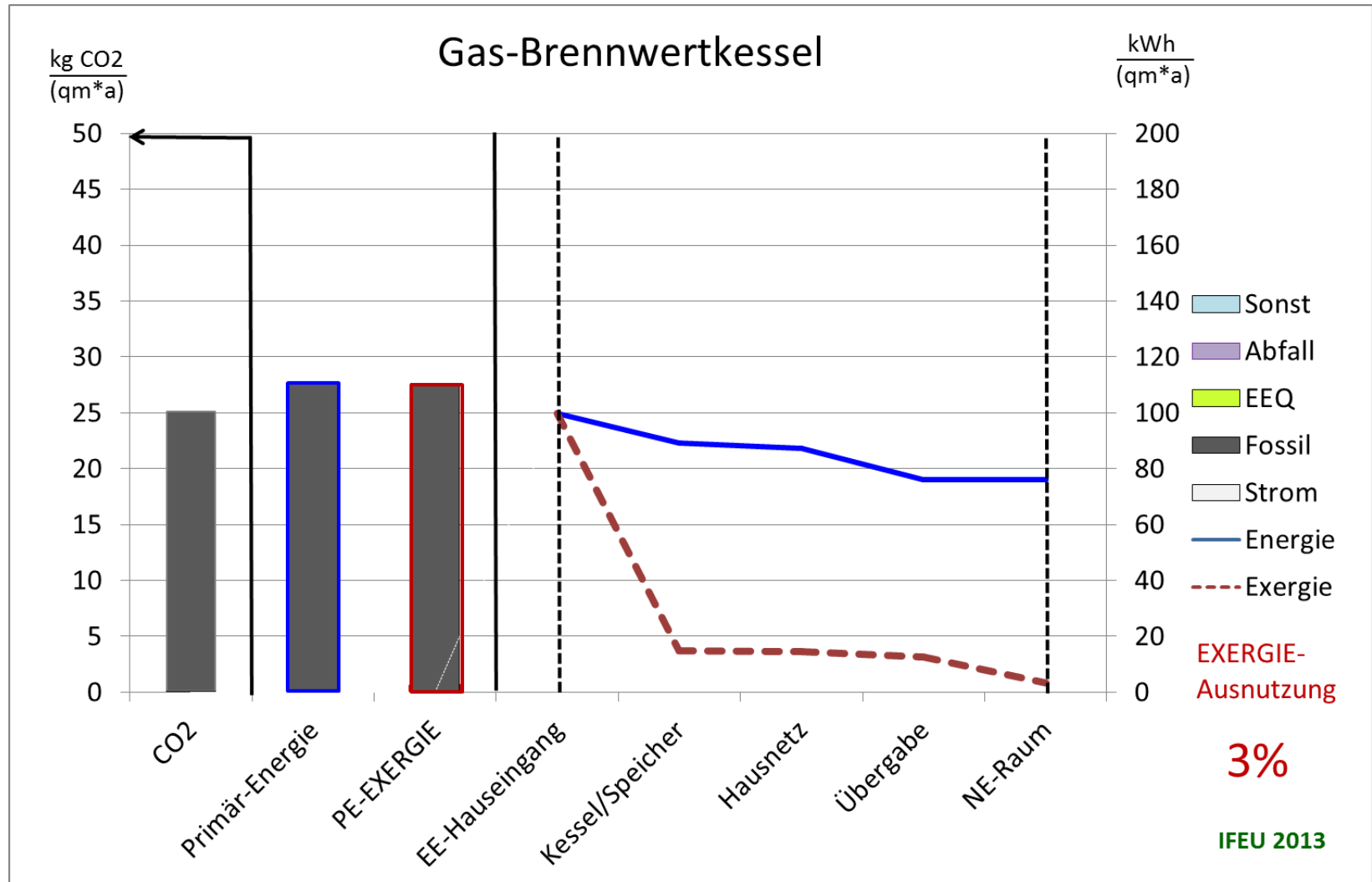
Raumheizung



Brennwertkessel: Fast 100% Nutzungsgrad? EXERGIE-Ausnutzung: 3%

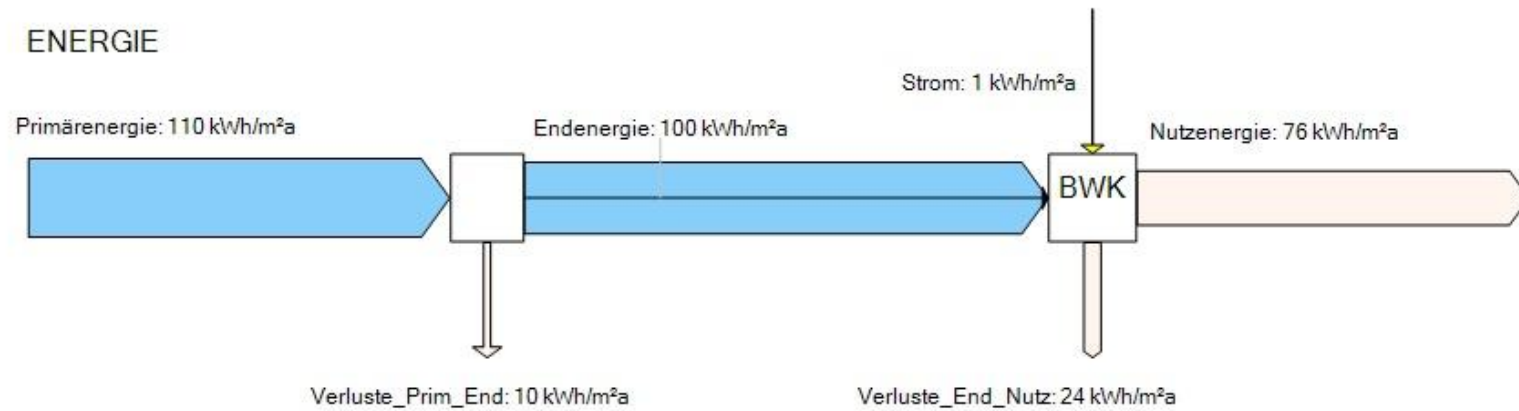


Weitere Faktoren: PE, EE, NE, CO2, EXERGIE



BRENNWERTKESSEL

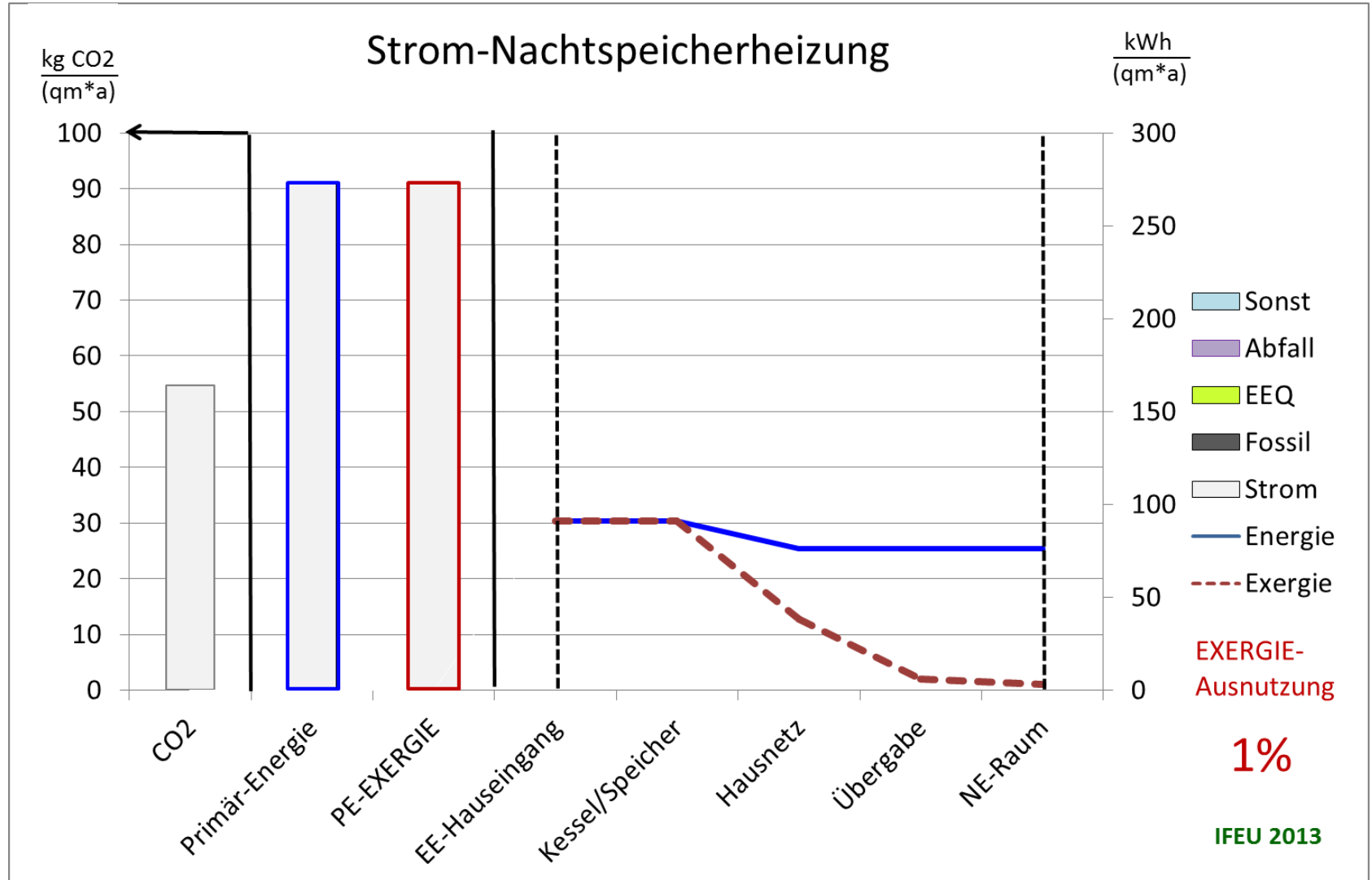
ENERGIE



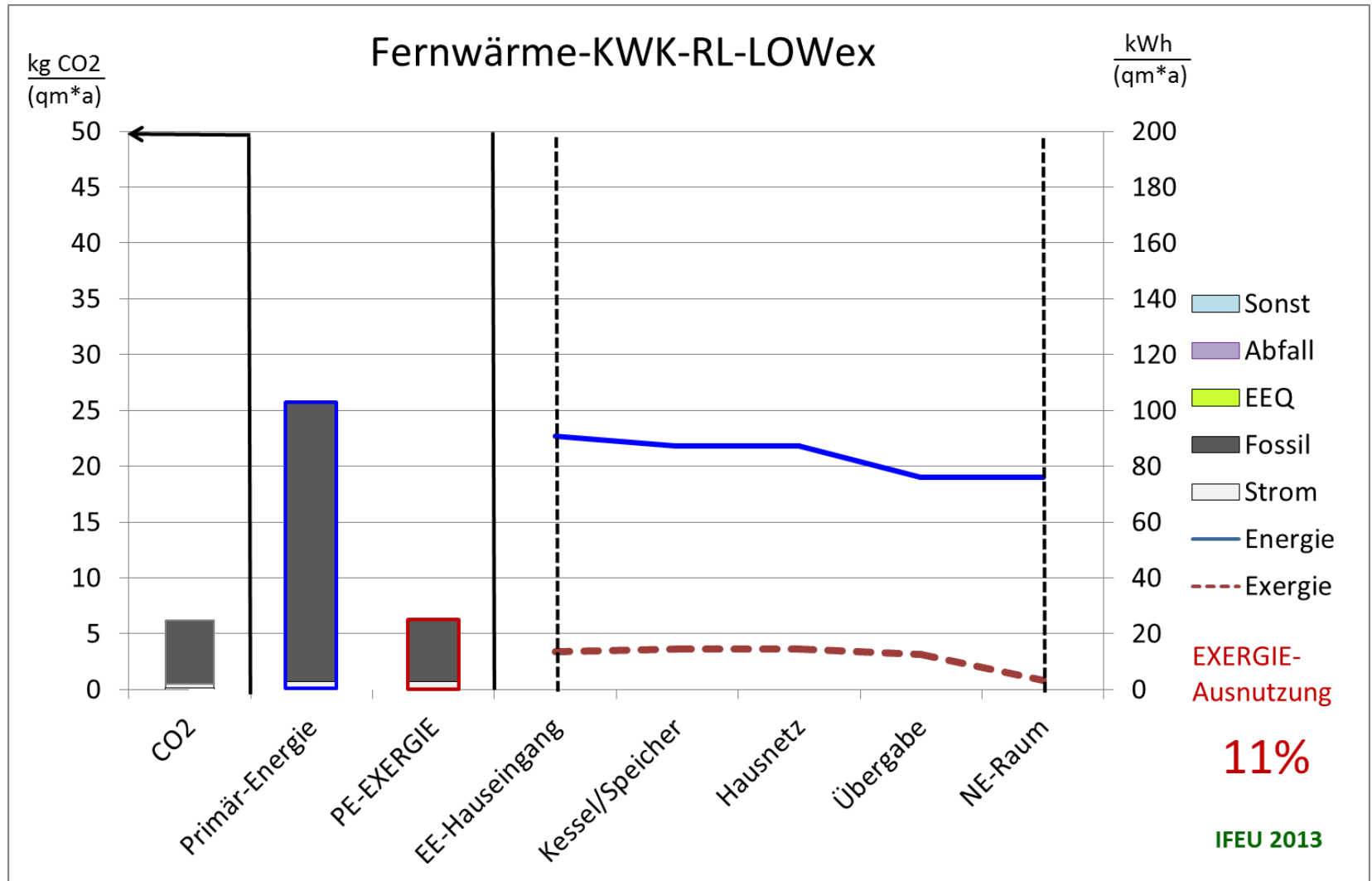
EXERGIE



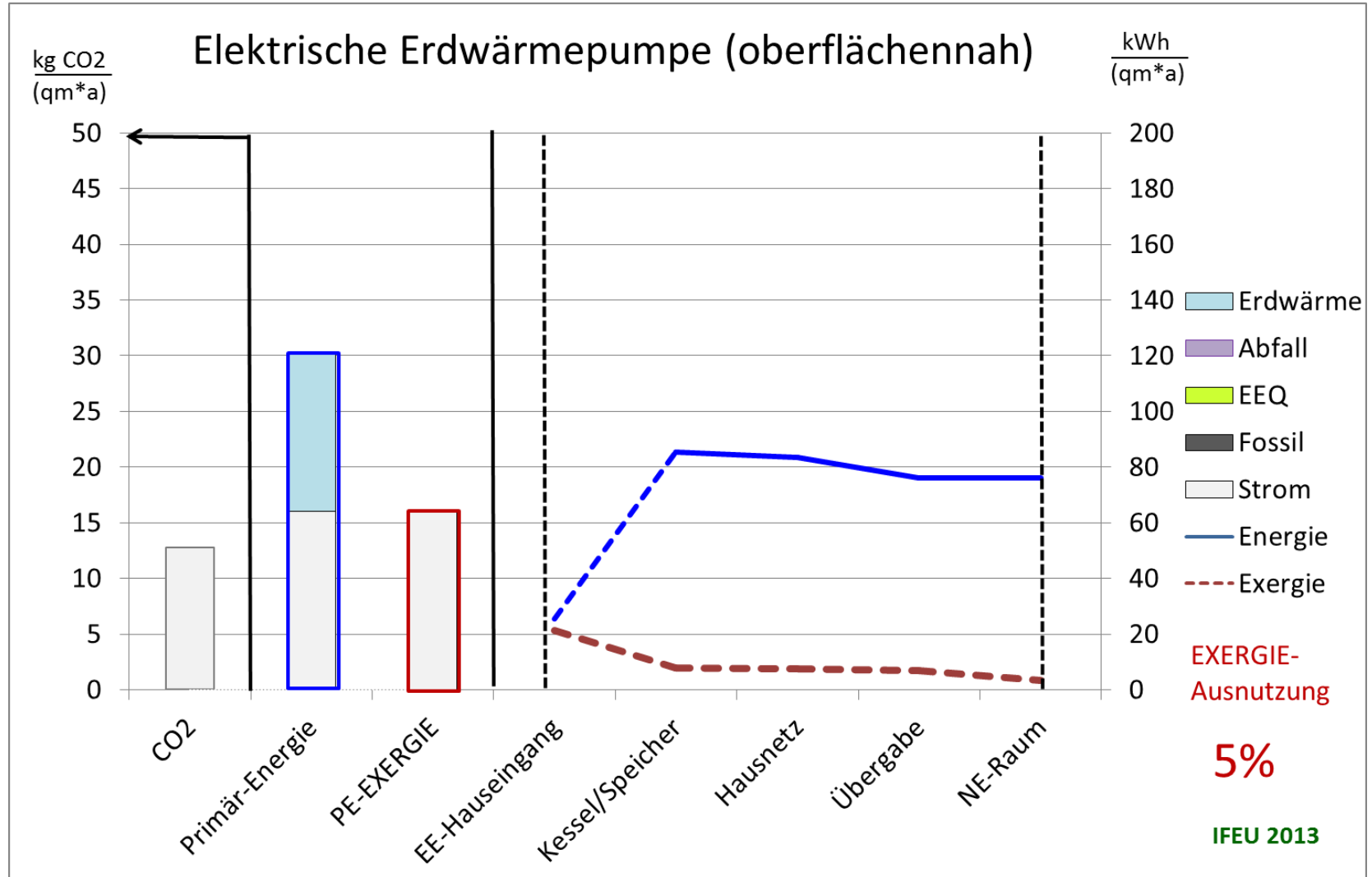
Weitere Systeme: PE, EE, NE, CO2, EXERGIE



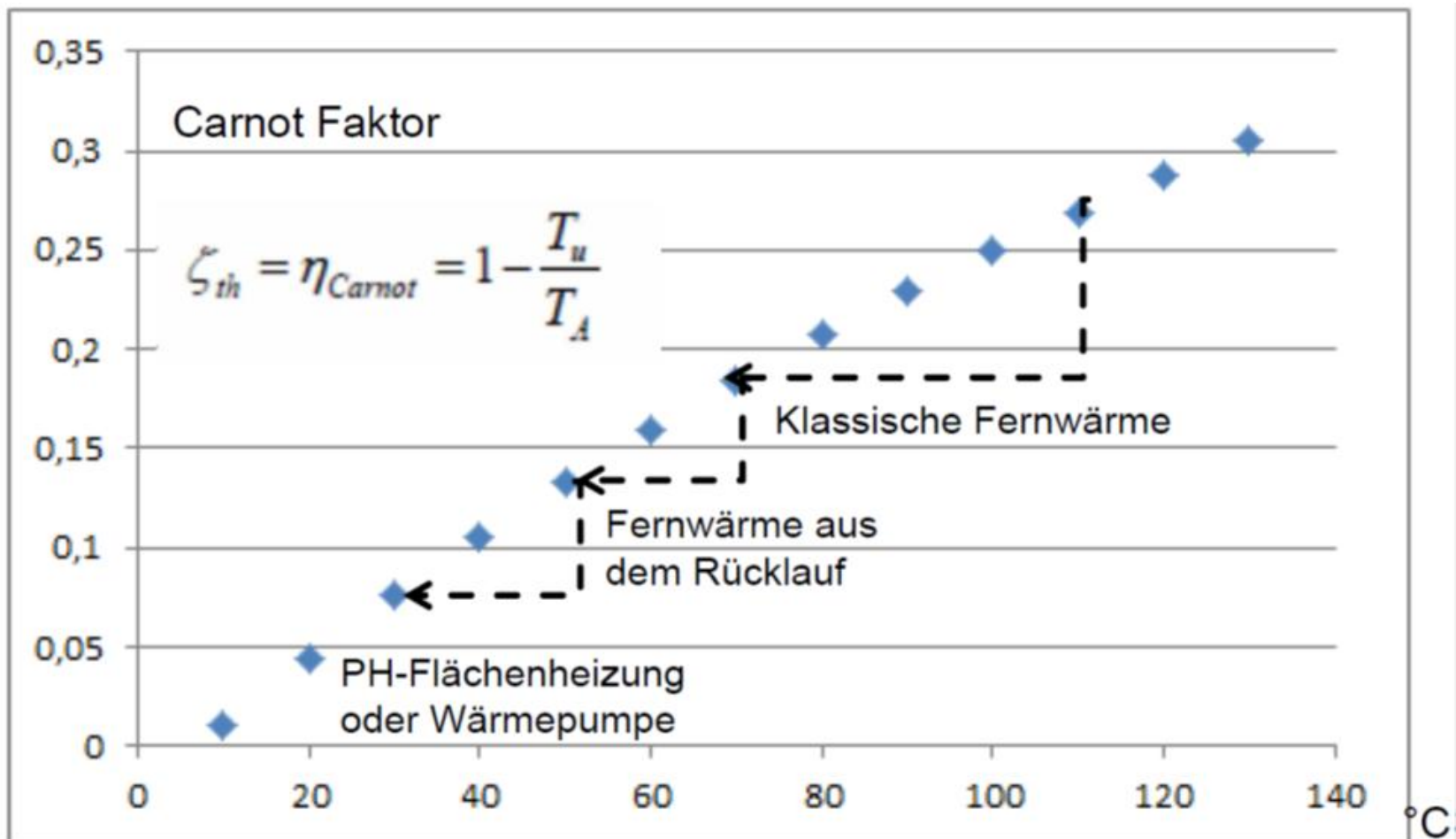
Weitere Systeme: PE, EE, NE, CO2, EXERGIE



Weitere Systeme: PE, EE, NE, CO2, EXERGIE

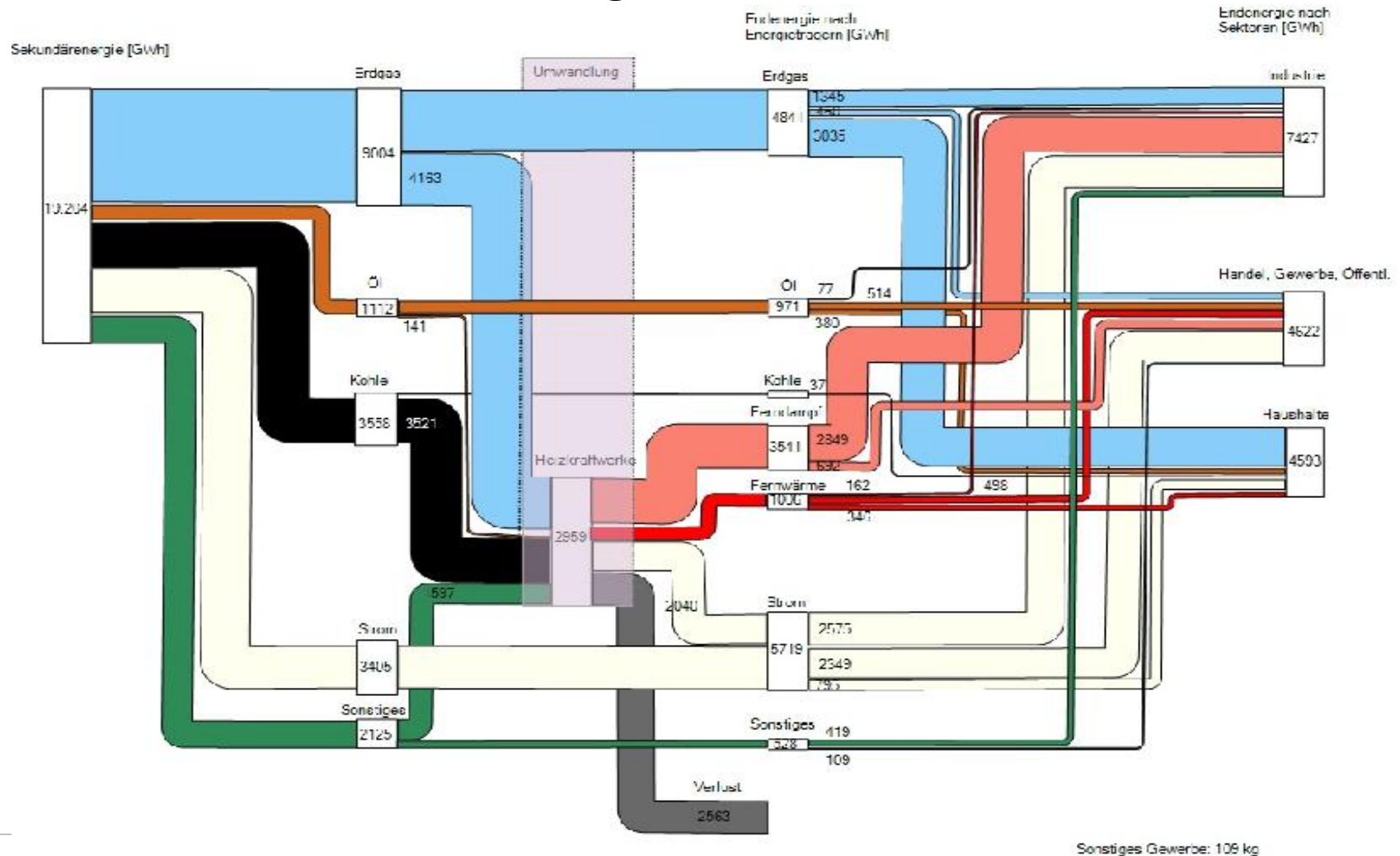


Vorteil: Einfach und neben KWK- auch auf Abwärme- und Kaskadenprozesse anwendbar.



Bewertung Kommunalen Bilanzen

Hier: Klassische Energiebilanz



Bilanz muss für exergetische Betrachtung aufgeweitet werden!

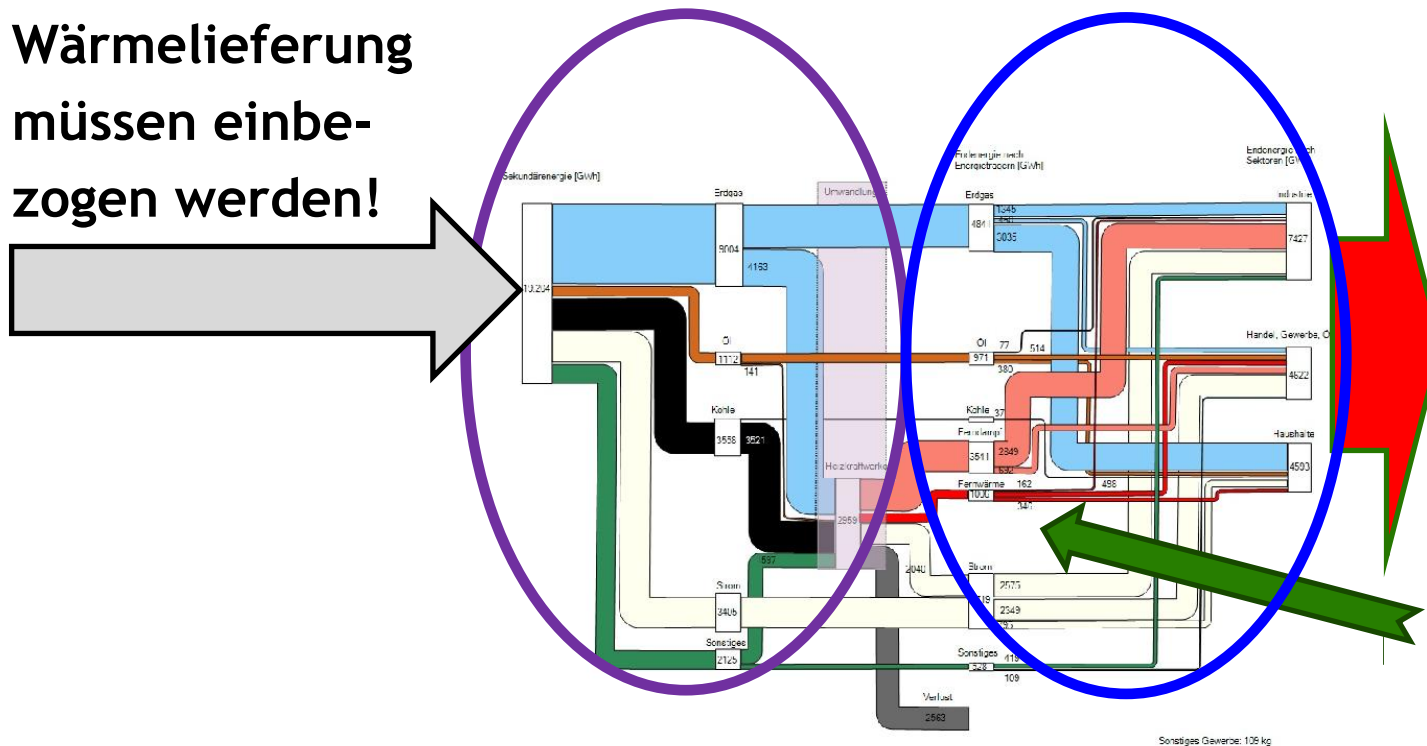
Was fehlt?

Primärenergie
Vorketten von
Strom- und
Wärmelieferung
müssen einbe-
zogen werden!

Sekundärenergie
ist abgebildet
inkl. KWK in der Stadt

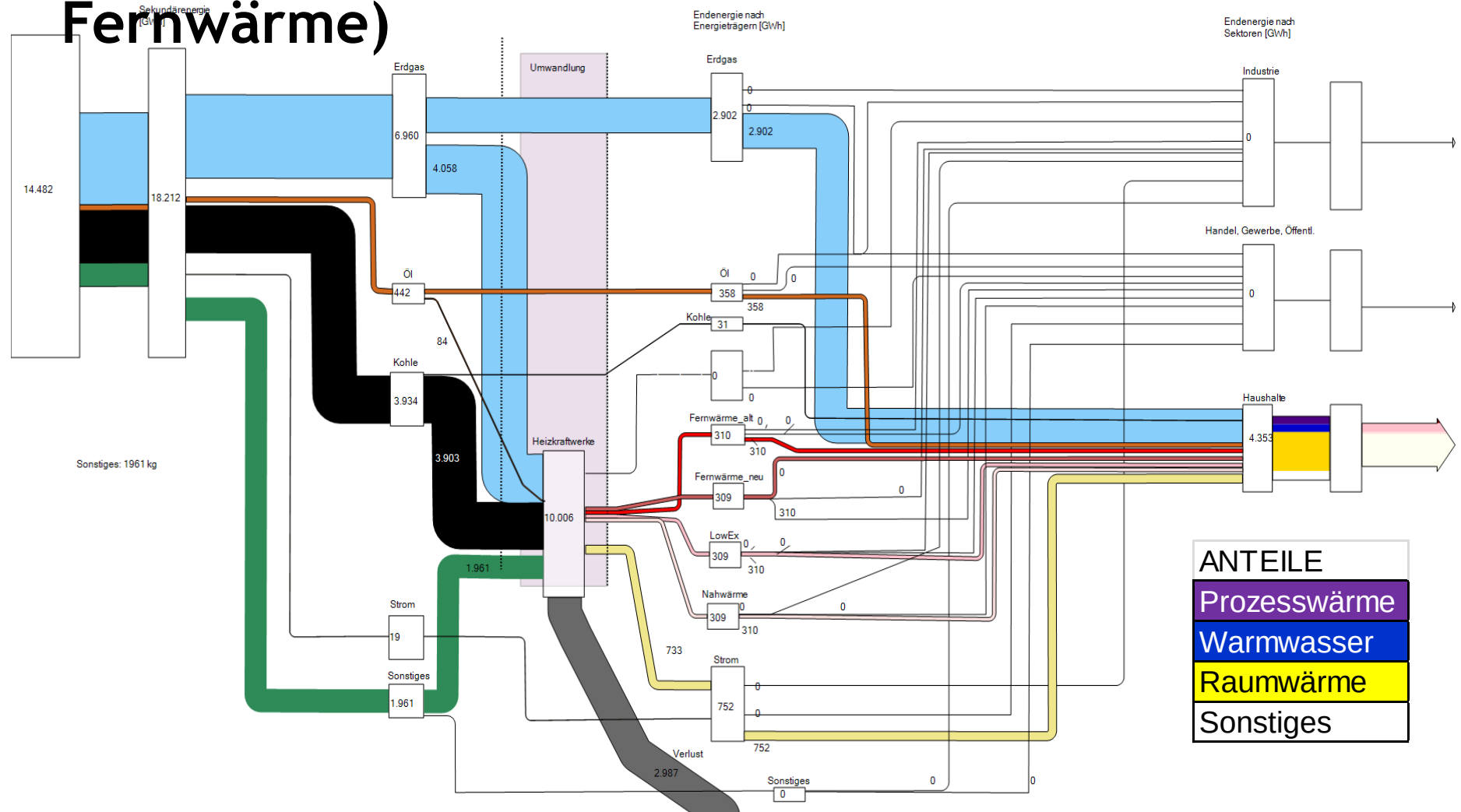
Endenergie
ist abgebildet

Wärmeverlust-
ströme sind
nicht abgebildet
(für Cascaden-
Systeme)

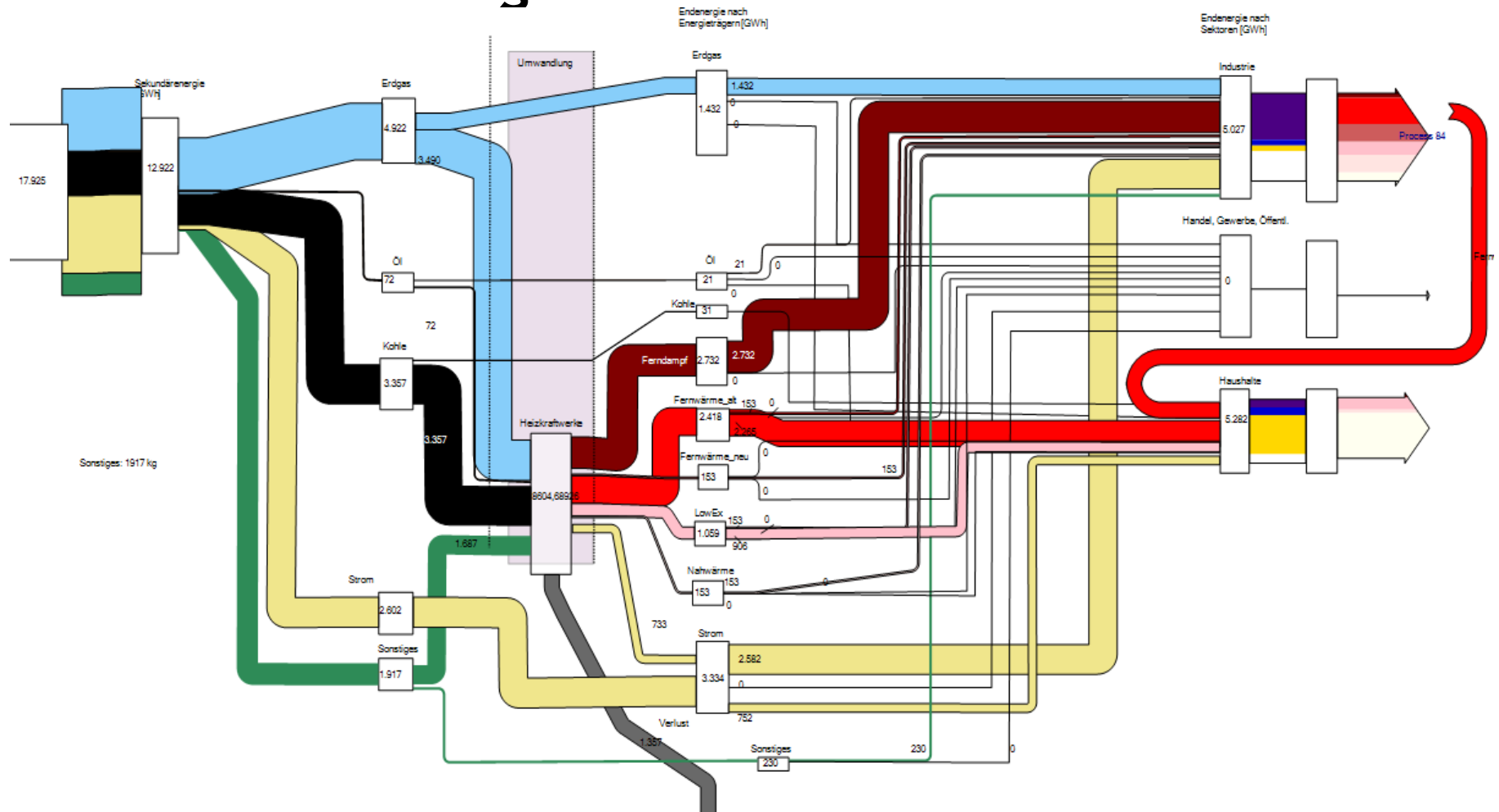


LowEx-Systeme
müssen
dargestellt
werden

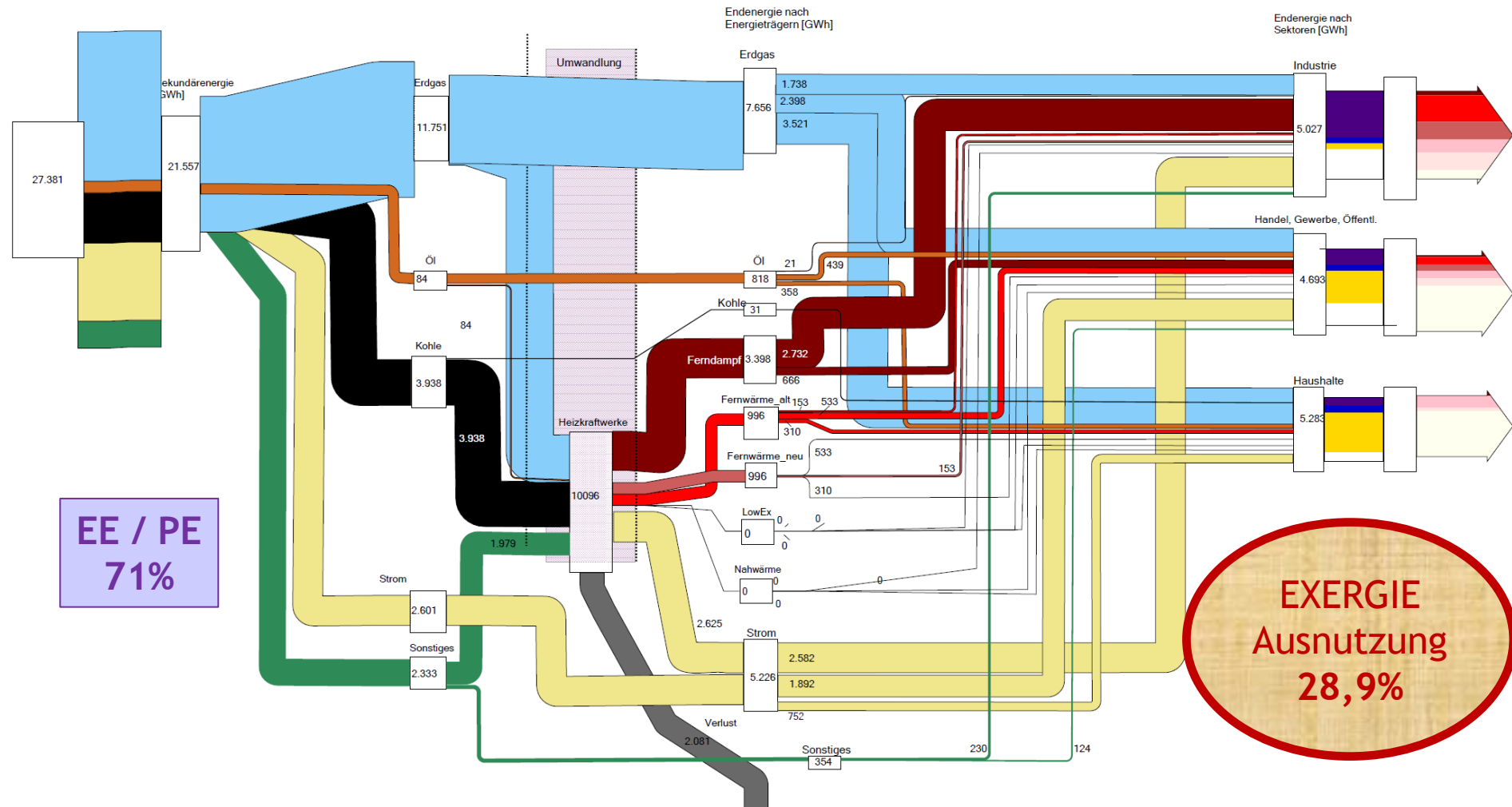
Beispiel Haushalte mit fossilen Energien (kaum Fernwärme)



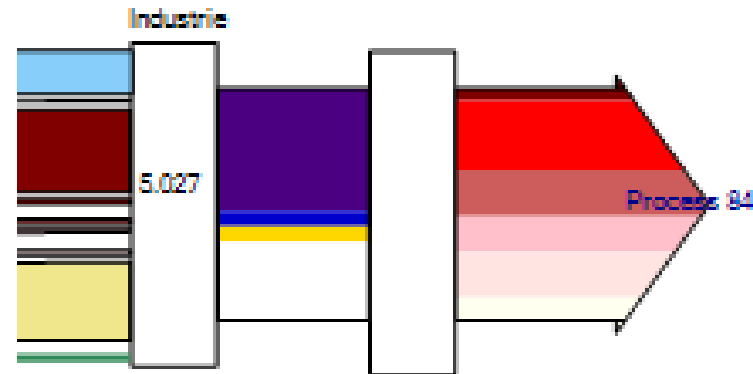
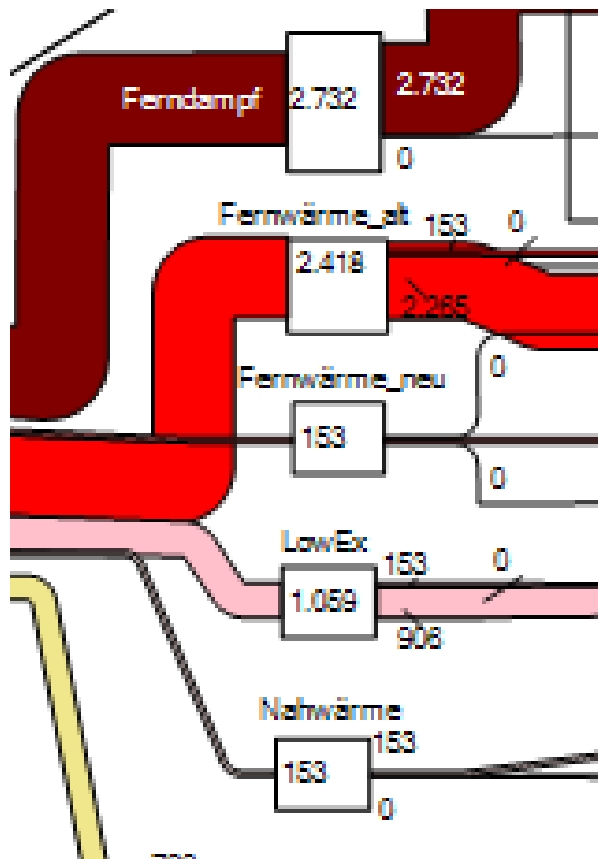
Beispielkommune mit Industrie und Abwärmennutzung



Exergieausnutzung mit Fernwärme



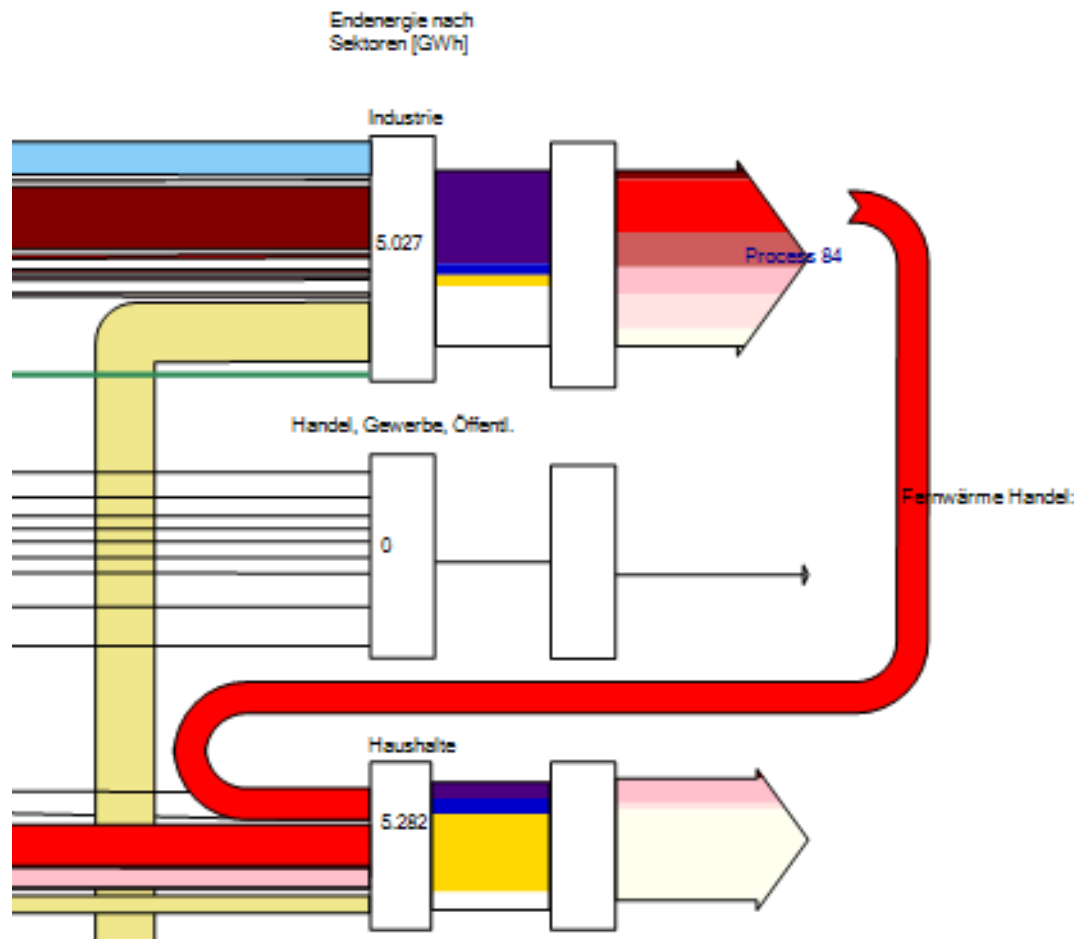
Wärmeströme nach Temperaturniveau ...im KWK-System... Abwärme



Temperaturniveau in 7 Stufen

- Hochtemperatur / Dampf (CF: 0,30)
- Fernwärme alt > $t_m = 95^\circ\text{C}$ (CF: 0,24)
- Fernwärme neu > $t_m = 65^\circ\text{C}$ (CF: 0,17)
- Nahwärme > $t_m = 55^\circ\text{C}$ (CF: 0,15)
- Low-Ex > $t_m = 45^\circ\text{C}$ (CF: 0,12)
- Abwärme > $t_m = 33^\circ\text{C}$ (CF: 0,08)
- Raumwärme > $t_m = 20^\circ\text{C}$ (CF: 0,04)

Nutzung von Abwärmeströmen (z.B. Industrie > Haushalt)



Abwärmestrom
(hier $t_m = 75^\circ\text{C}$)
aus der Industrie
verringert den
sonstigen
Endenergiebedarf
bei den privaten
Haushalten

Für die schnelle Abschätzung einer Gesamtbewertung von Energiesystemen erarbeiten wir zurzeit noch ein ECXEL-Tool.

	Ressourcen	EXERGIE	Primärenergie	CO2	EEQ/Abfall	Dämmstandard 50 kWhNE/qm*a
	☹️ ☺️ 😊 😞 😠 😡 😢 😤 😇 ☹️ ☹️ ☺️ ☹️ ☺️ ☺️ ☹️ ☹️ ☺️					
Gas-Brennwertkessel	●	●	●	● ●		● ● ●
Nachtspeicherheizung				● ●	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	● ● ●
Pelletkessel	●	●	●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ●
BW-Kessel+40% Solar	● ● ●	● ●	● ●	● ● ● ●	● ●	● ● ●
Luft/Wasser-WP	● ●	●	●	● ● ● ●	● ●	● ● ●
Erdwärmepumpe	● ● ●	● ●	●	● ● ● ● ●	● ● ●	● ● ●
FW Gross neu	● ● ● ●	● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●		● ● ●
FW Gross neu RL	● ● ● ●	● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●		● ● ●
Abwärme Industrie (60°C)	● ● ● ● ●	● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ●
KWK Ferndampfsystem alt	● ●	●	● ●	● ● ●		● ● ●
KWK Fernwärmesystem klassisch	● ● ●	● ●	● ● ●	● ● ● ●		● ● ●
KWK Nahwärme Biogas	● ● ●	●	● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ●
solar + BHKW	● ● ● ●	● ● ●	● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ●
Tiefengeothermie	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ●

Warnung bei geringen Wärmedichten

Wärmenetze

Analog könnten auch Marker für hohen Ressourcenverbrauch (z.B. Biomasse) oder notwendige Niedertemperaturheizflächen etc. gesetzt werden.

Thank you for your attention



Hans Hertle

ifeu - Institut für Energie- und
Umweltforschung Heidelberg GmbH
Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg

Fon: +49 (0) 6221 / 47 67 - 0

Fax: +49 (0) 6221 / 47 67 -19

E-Mail: hans.hertle@ifeu.de