
ENERGIESPEICHERUNG MITTELS WÄRMESPEICHERN; POWER-TO-HEAT UND POWER-TO-GAS – VERGLEICH VERSCHIEDENER FLEXIBILISIERUNGSOPTIONEN

Max Fette

Bielefeld, 04.12.2013



- Vorstellung des Forschungsprojektes MuGriSto
- Hintergrund Stromspeicher
- Betrachtete Energiewandlungsketten
- Analyse der Energiewandlungsketten
- Erste Erkenntnisse der Modellrechnung

Forschungsprojekt MuGristo



Multi Grid Storage - Analyse der Maßnahmen zum Ausgleich unflexibler Stromerzeugung durch Verknüpfung der Strom-, Gas- und Wärmeversorgung im Vergleich zu den übrigen Puffermöglichkeiten

- Förderinitiative Energiespeicher der drei Bundesministerien:
 - für Wirtschaft und Technologie
 - für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und
 - für Bildung und Forschung

ENERGIE SPEICHER

Forschungsinitiative der Bundesregierung



- Thematischer Verbund mit vier anderen Forschungsinstituten

Hintergrund – Stromspeicher

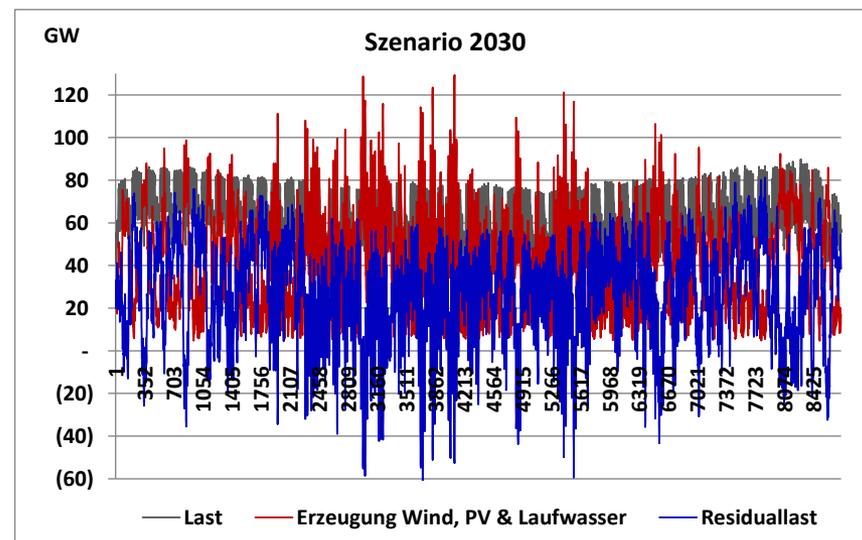
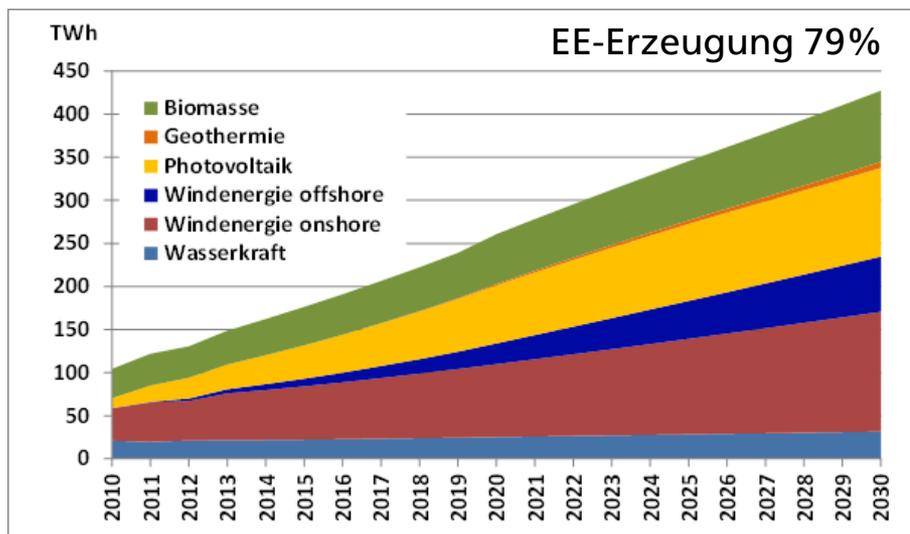


- **Energiewende: Sonne und Wind werden die Stromerzeugung in Deutschland prägen**

BEE-Stromszenario:

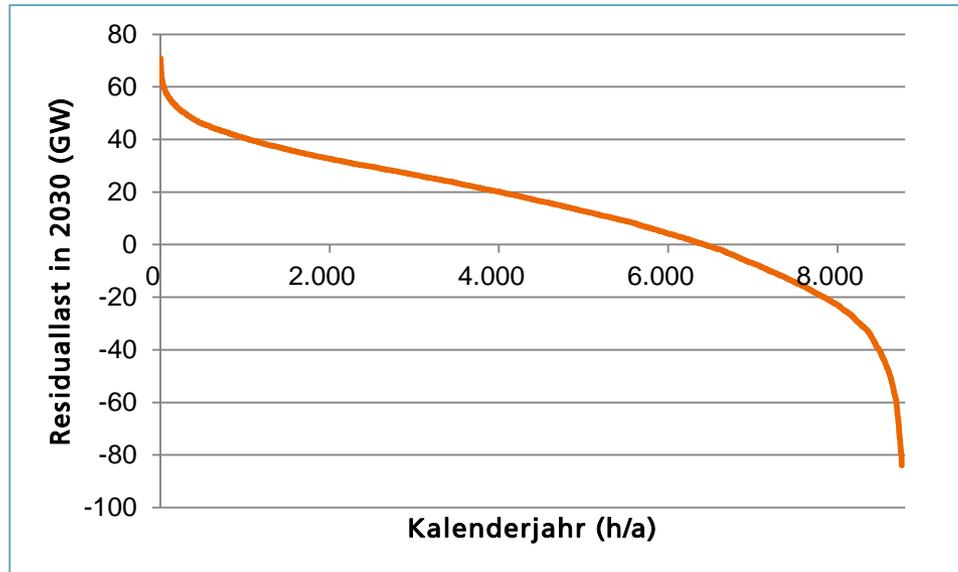
Entwicklung der Einspeisung aus Erneuerbaren Energien

2030 zu erwartender Residuallastverlauf (blau)



aus Norbert Krzikalla et al. (BET): *Möglichkeiten zum Ausgleich fluktuierender Einspeisungen aus Erneuerbaren Energien*, April 2013

■ Geordnete Dauerlinie der in 2030 zu erwartenden Residuallasten

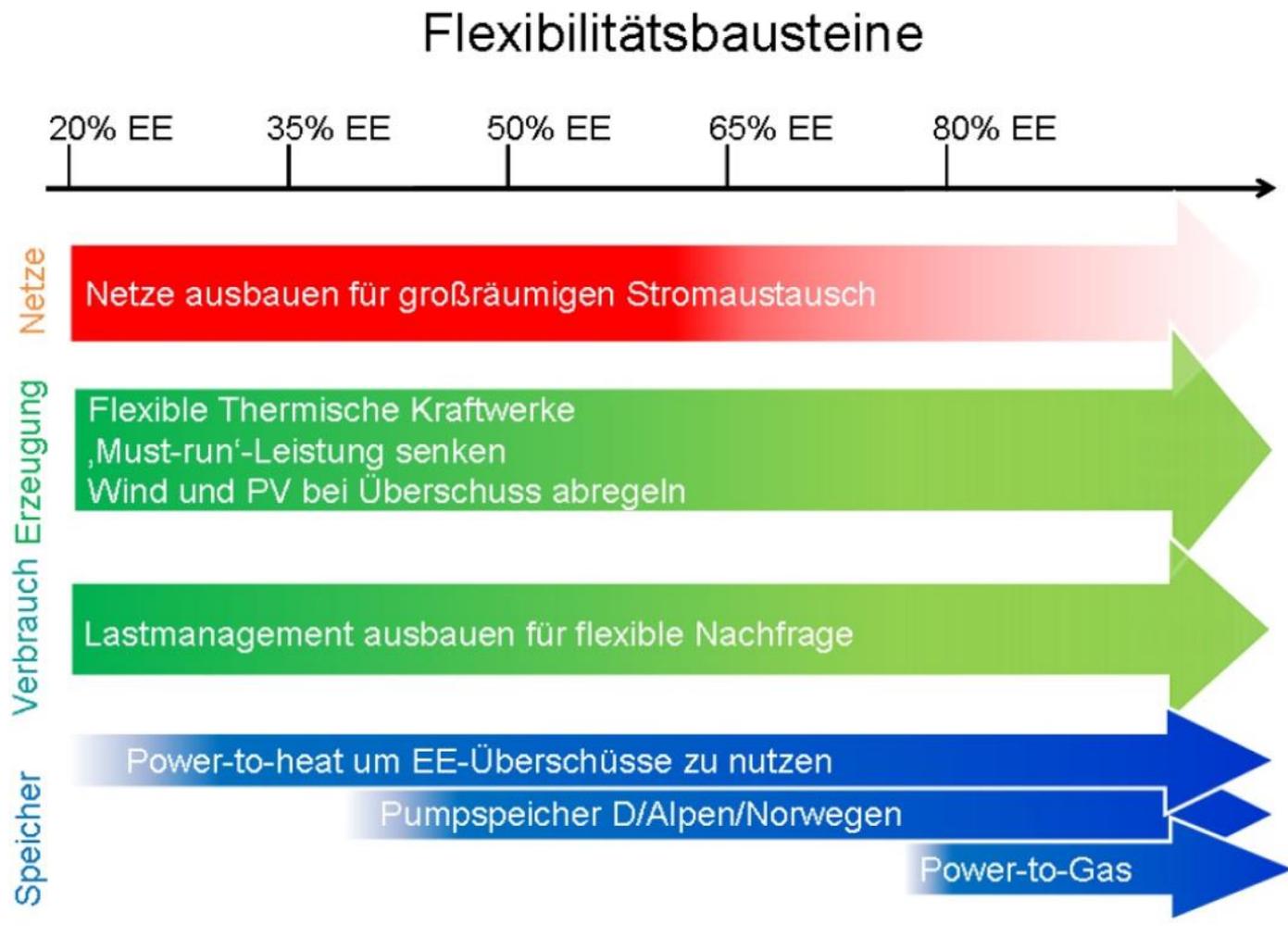


Quelle: Norbert Krzikalla et al. (BET): *Möglichkeiten zum Ausgleich fluktuierender Einspeisungen aus Erneuerbaren Energien*, April 2013

- Zeiträume mit Unterdeckung dominieren
- Es treten aber auch vermehrt Überschüsse aus Erneuerbaren Energien auf, die evtl. auch in der Wärmeversorgung untergebracht werden können

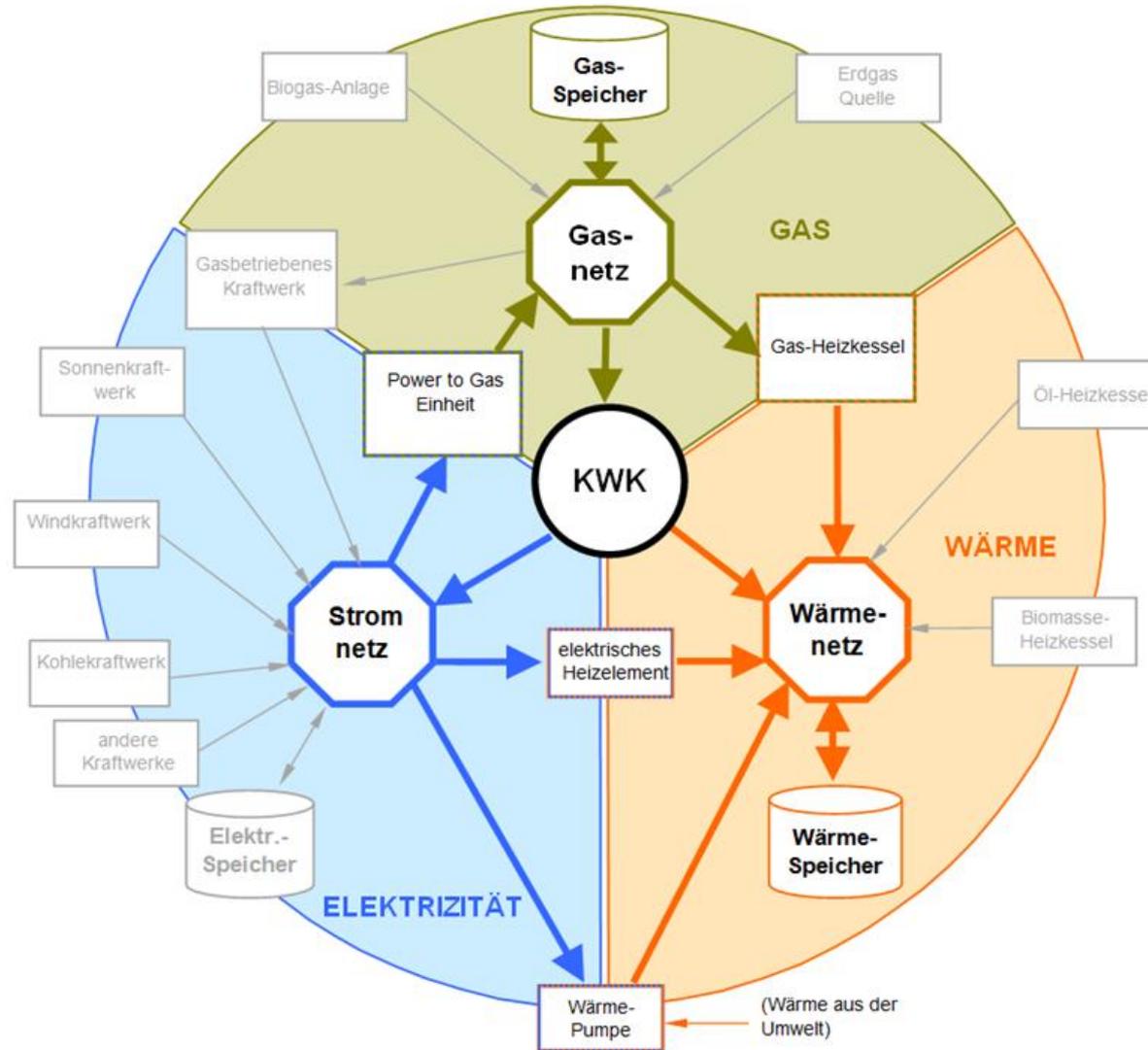
- pos. RL 163 TWh/a
 - neg. RL 46 TWh/a
 - pos. RL 6.384 h/a
 - neg. RL 2.286 h/a
 - max. pos. RL +71 GW
 - max. neg. RL -84 GW
- pos. RL = Unterdeckung
neg. RL = Überschuss

Hintergrund – Stromspeicher

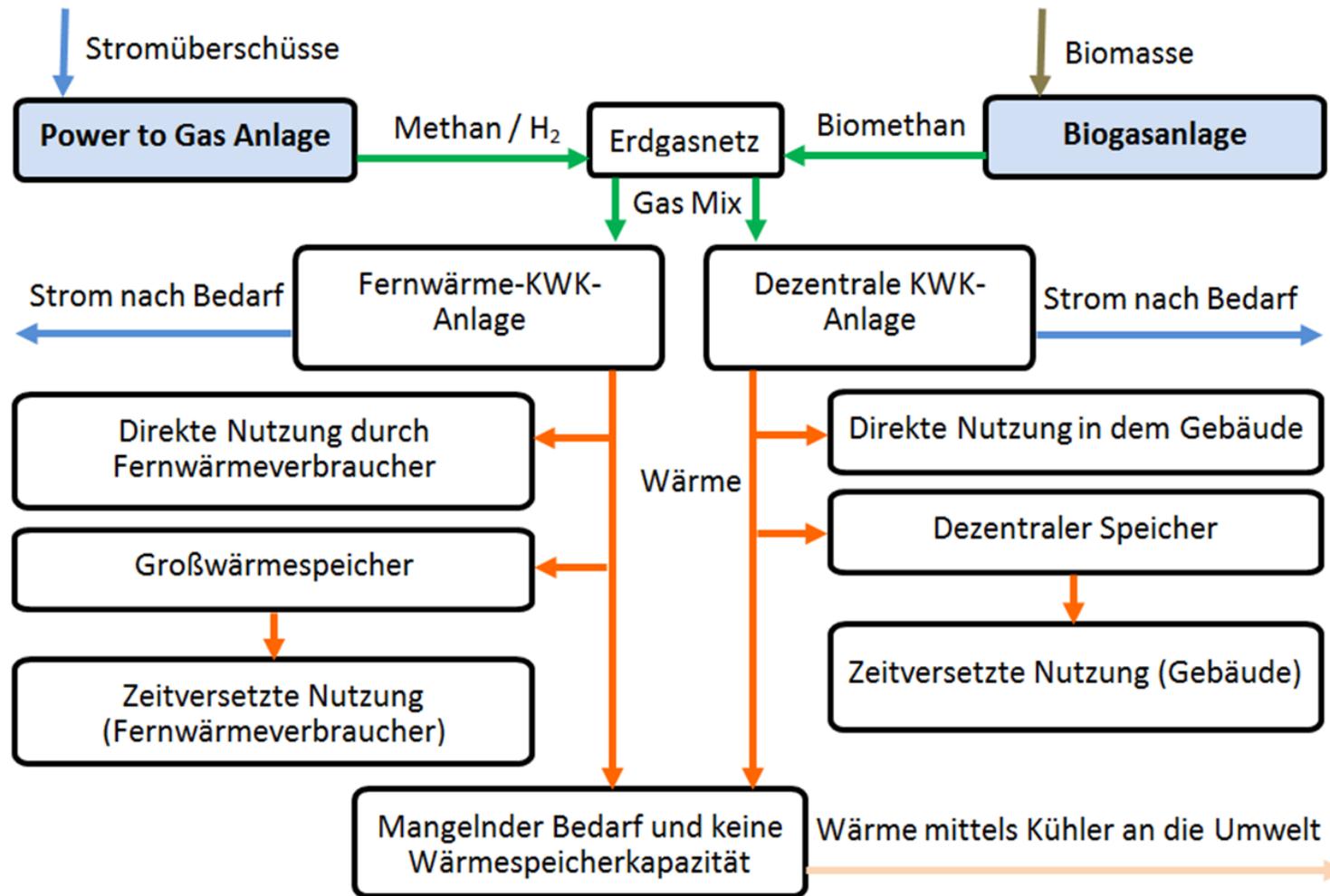


Quelle: Bericht der AG3 (Interaktion) der Plattform Erneuerbare Energien des BMU, Stand 15.10.2012

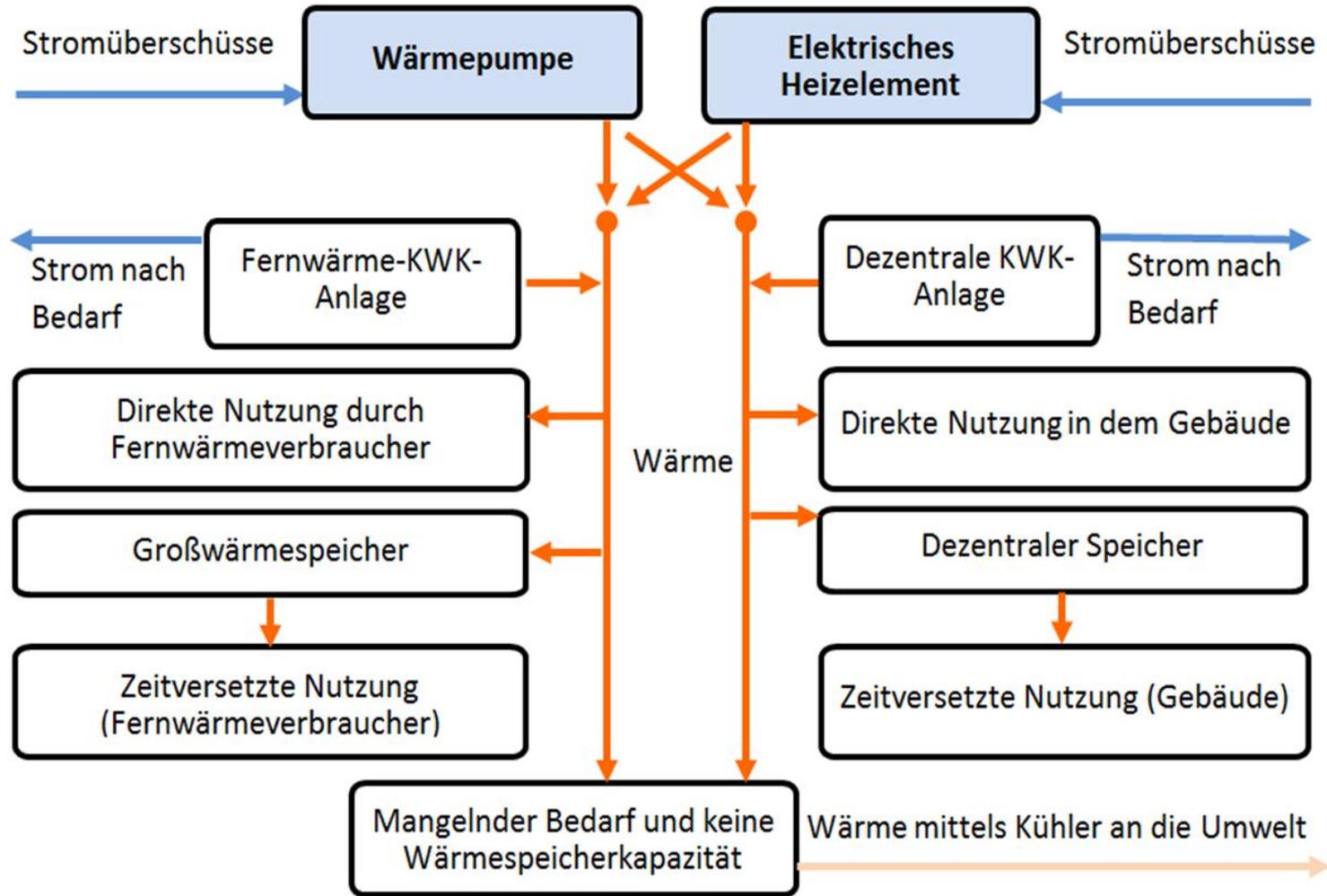
MuGriSto – betrachtete Energiewandlungsketten



Power to Gas Kette



Power to Heat Kette





- Große Speicherkapazitäten durch vorhandene Gasleitungs- und -speicher Infrastruktur
- Verlustarme Langzeitspeicherung

- Geringer Wirkungsgrad
- Abhängigkeit von CO₂- Quelle (Methanisierung)
- Zur Zeit schlechtes dynamisches Lastverhalten
- Teillastbetrieb nur bedingt möglich
- Hohe Investitionskosten
- Abhängigkeit von Gas-Infrastruktur

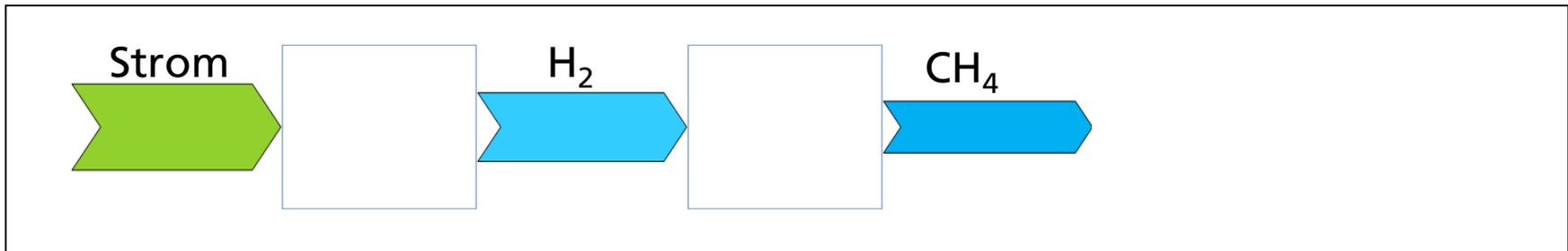


- Geringe Investitionskosten (wenn KWK-Anlage, Wärmespeicher vorhanden)
- Gutes bzw. sehr gutes Teil-Lastverhalten (KWK bzw. Elektrokessel)
- Sehr gutes dynamisches Lastverhalten
- Bei vorhandener Wärmesenke lange „Ausspeicherzeiten“ bzw. „Einspeicherzeiten“ möglich
- Abhängigkeit von Wärme-Infrastruktur
- Einsatz von Wärmebedarf abhängig
- Rückverstromung nur in Verbindung mit Erdgas / synthetischem Gas / Biomasse möglich

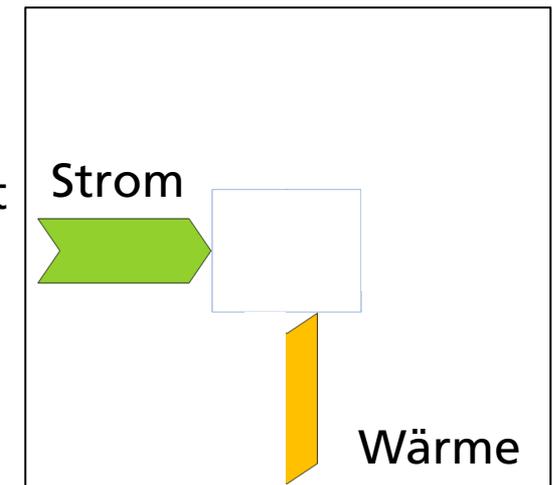
Analyse der Energiewandlungsketten



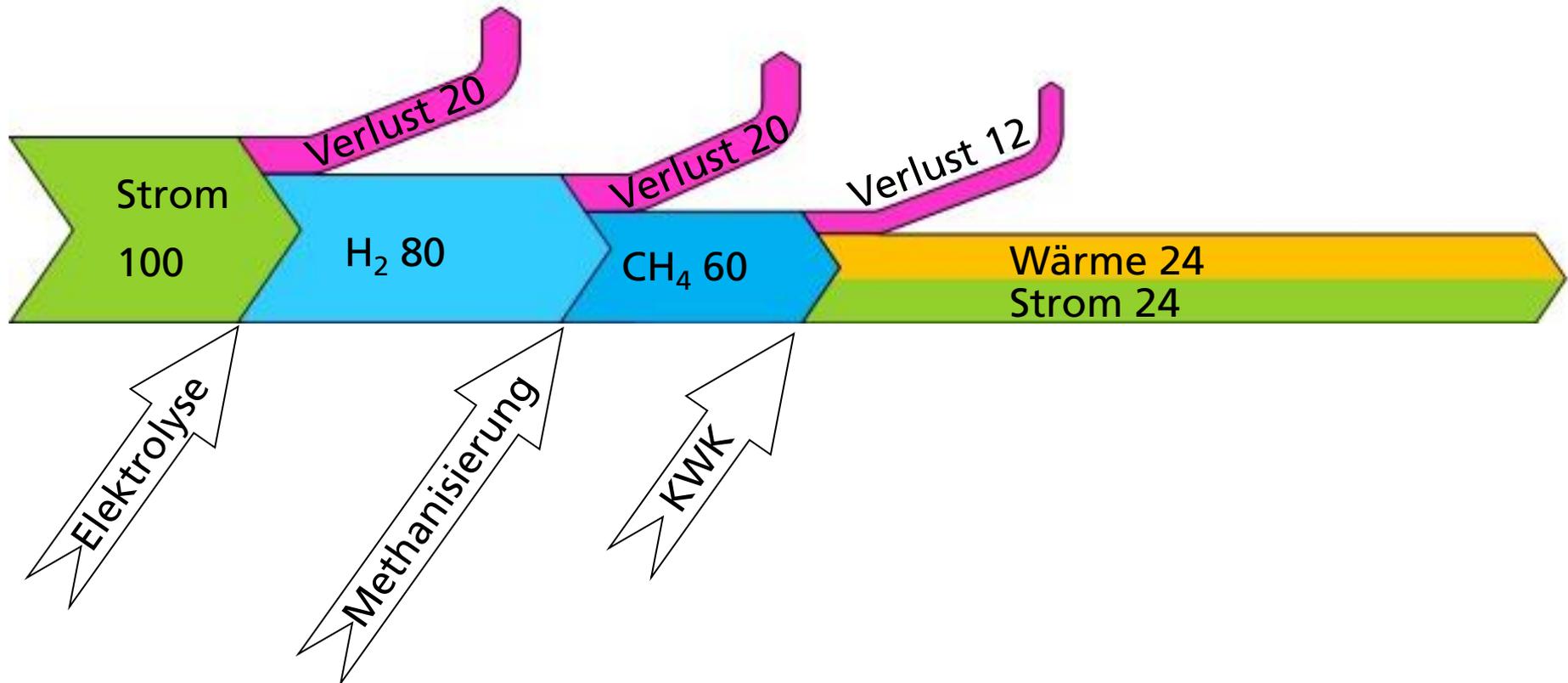
- Problematik: Vergleichbarkeit von Power to Gas mit Power to Heat
- Power to Gas:



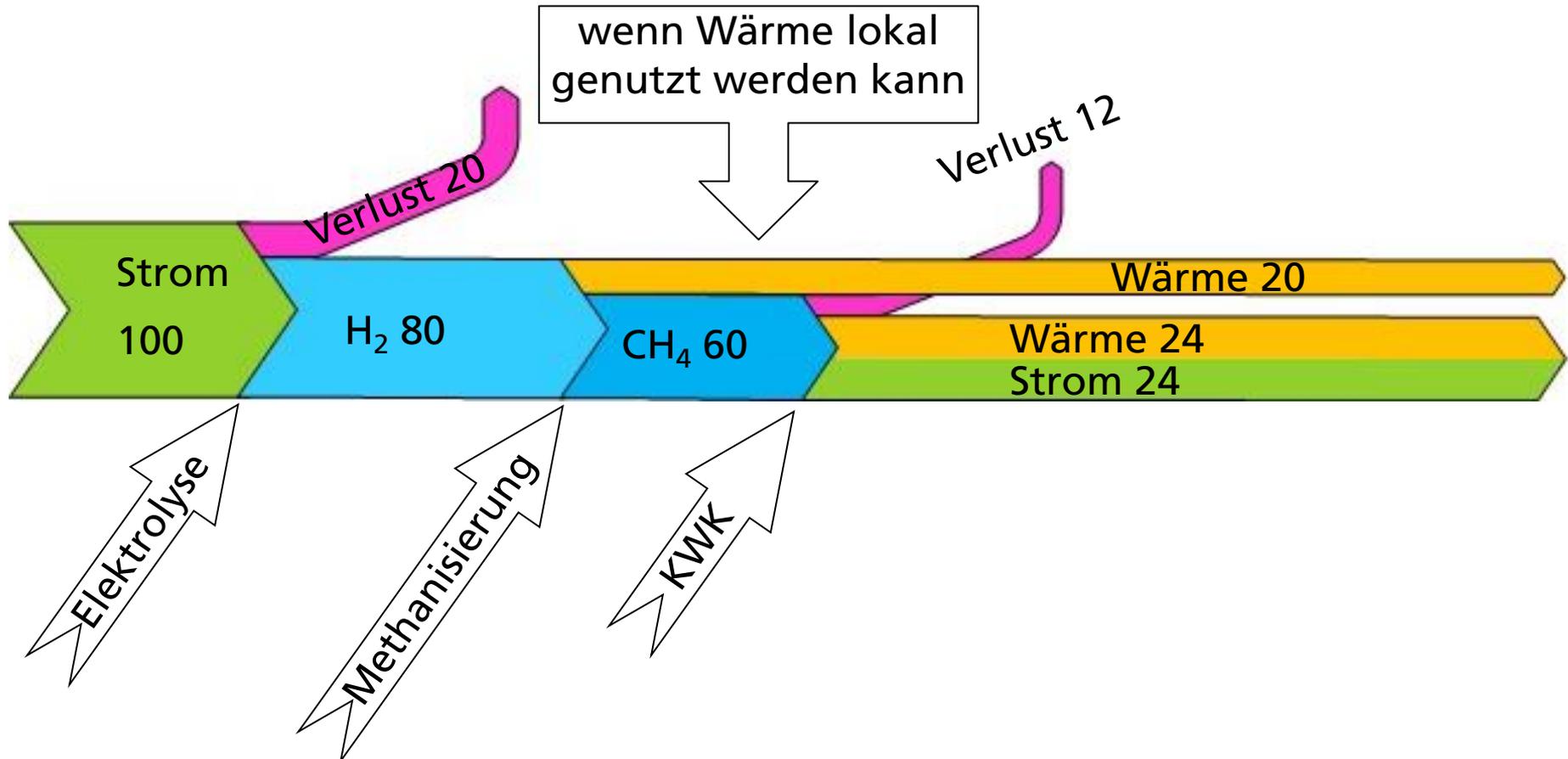
- Direkte Rückverstromung möglich (optionale Wärmeproduktion)
- Power to Heat:
 - Direkte Rückverstromung nicht möglich
 - Wärmenutzung bei Stromverbrauch gefordert
 - Gasverbrauch bei Rückverstromung
 - Optionale Wärmeproduktion bei Rückverstromung



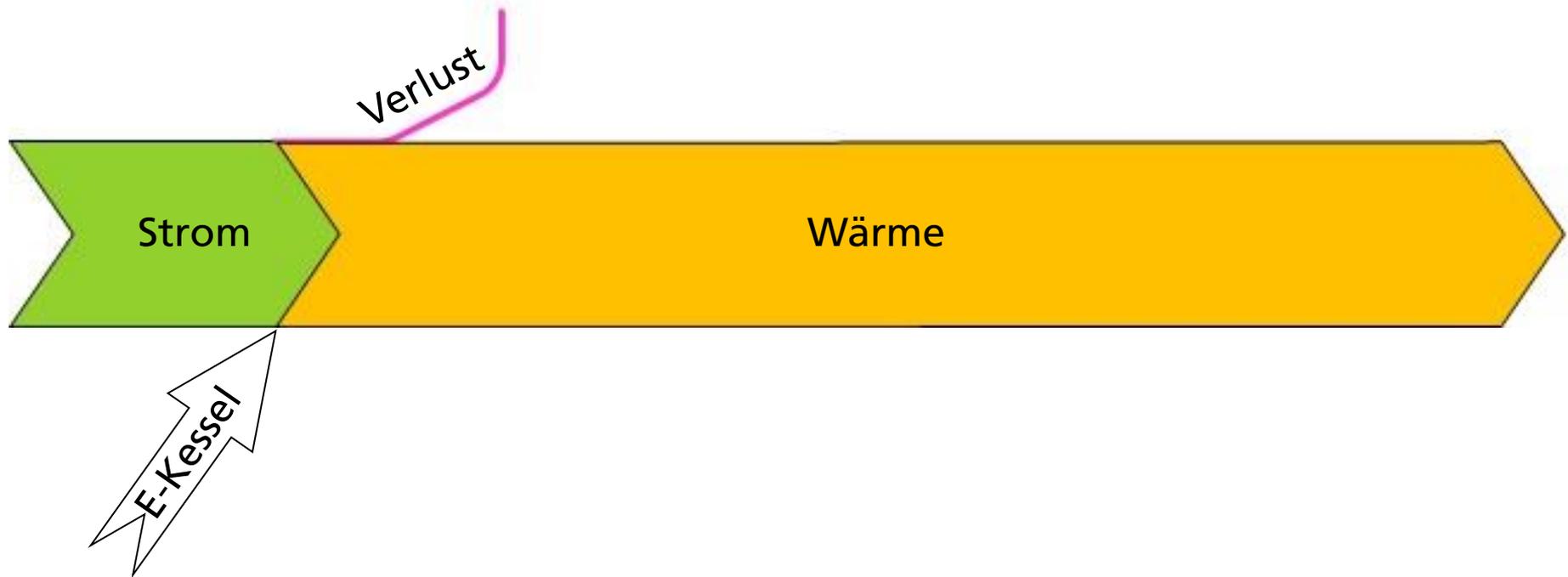
Energie Fluss – Power-to-Gas-to-Power



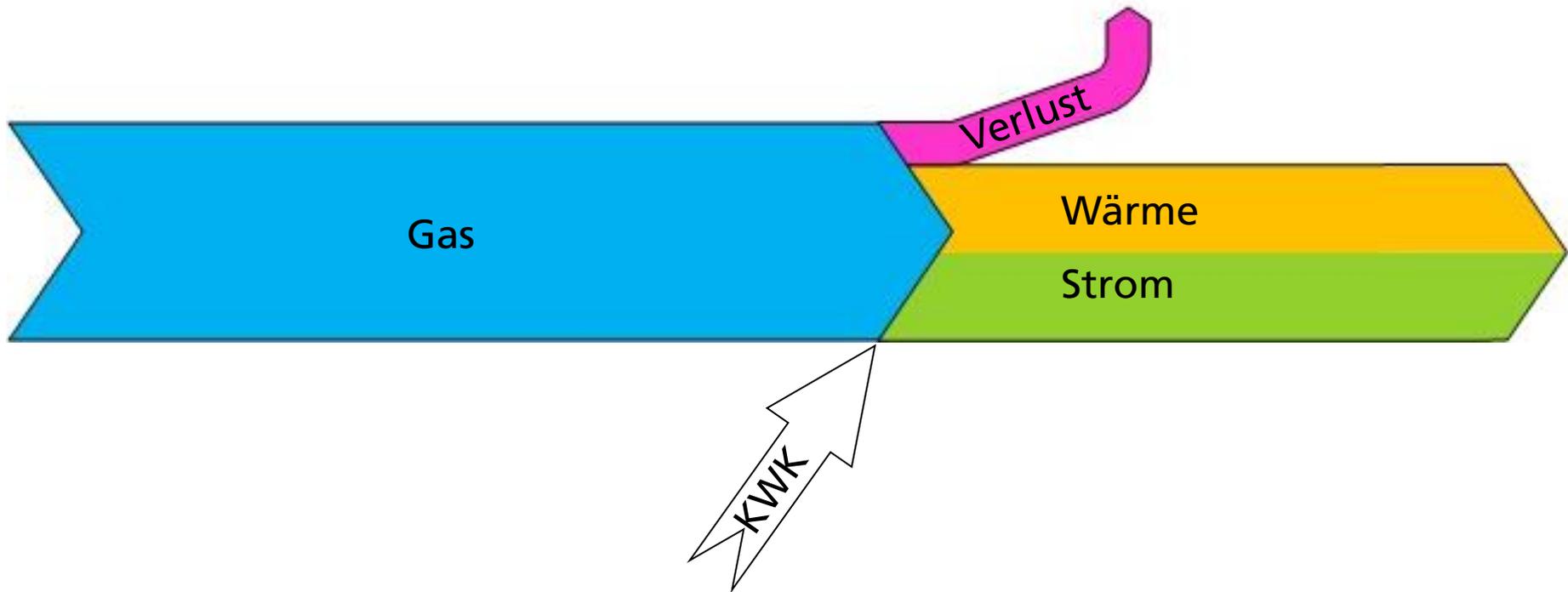
Energie Fluss – Power-to-Gas-to-Power



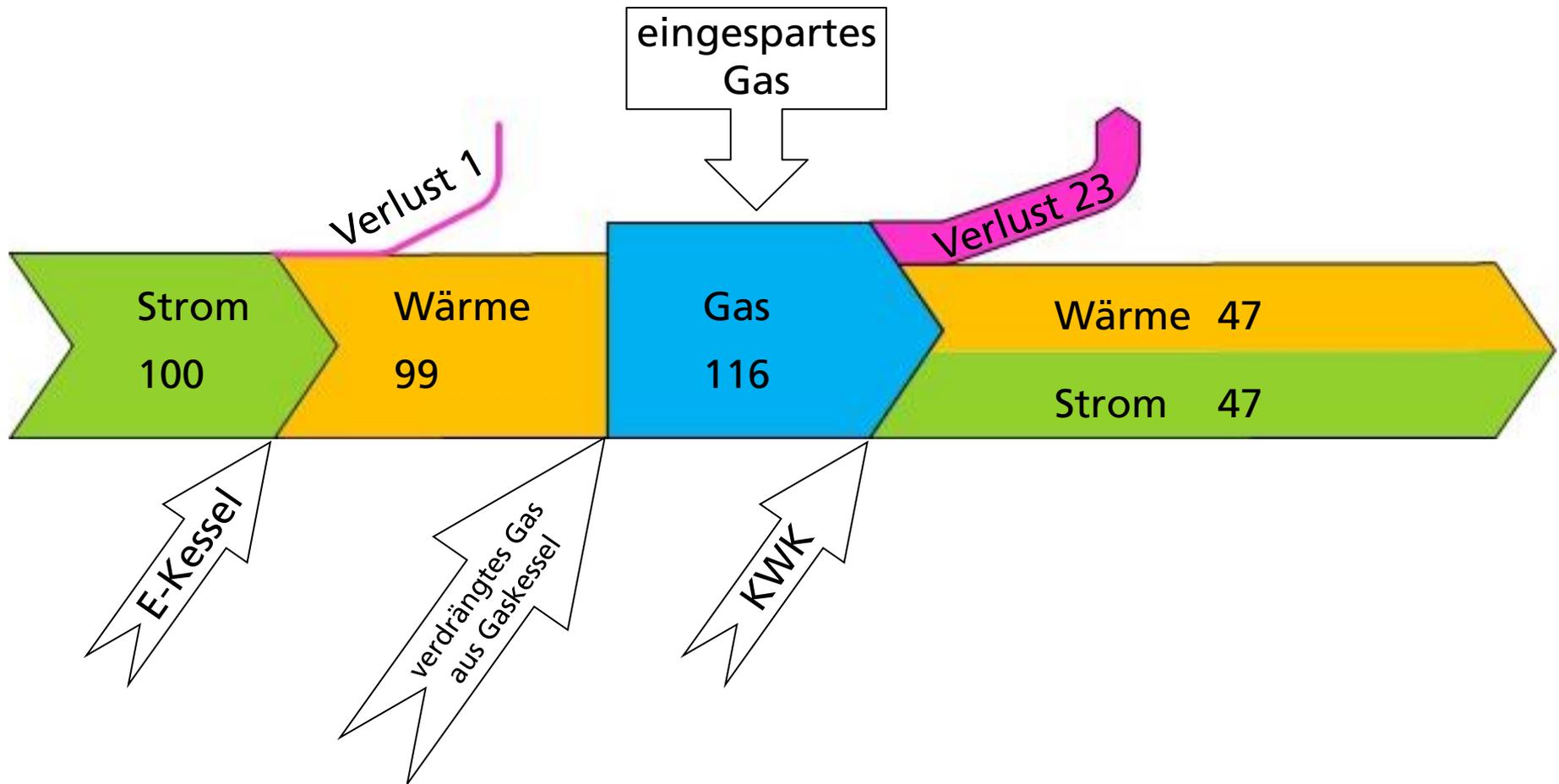
Energie Fluss – E-Kessels (Power-to-Heat)



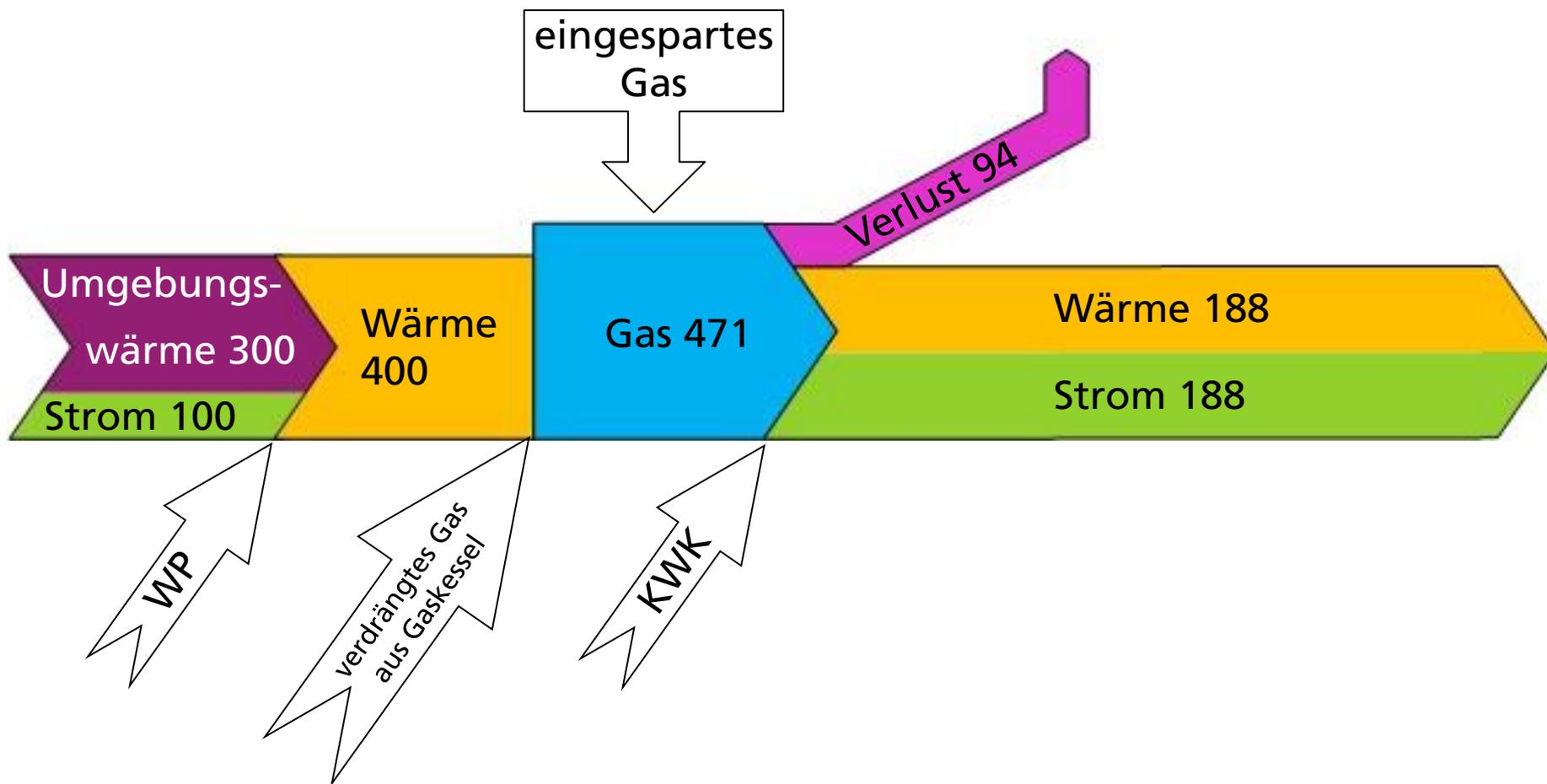
Energie Fluss – KWK-Anlage („displaced Gas“-to-Power)



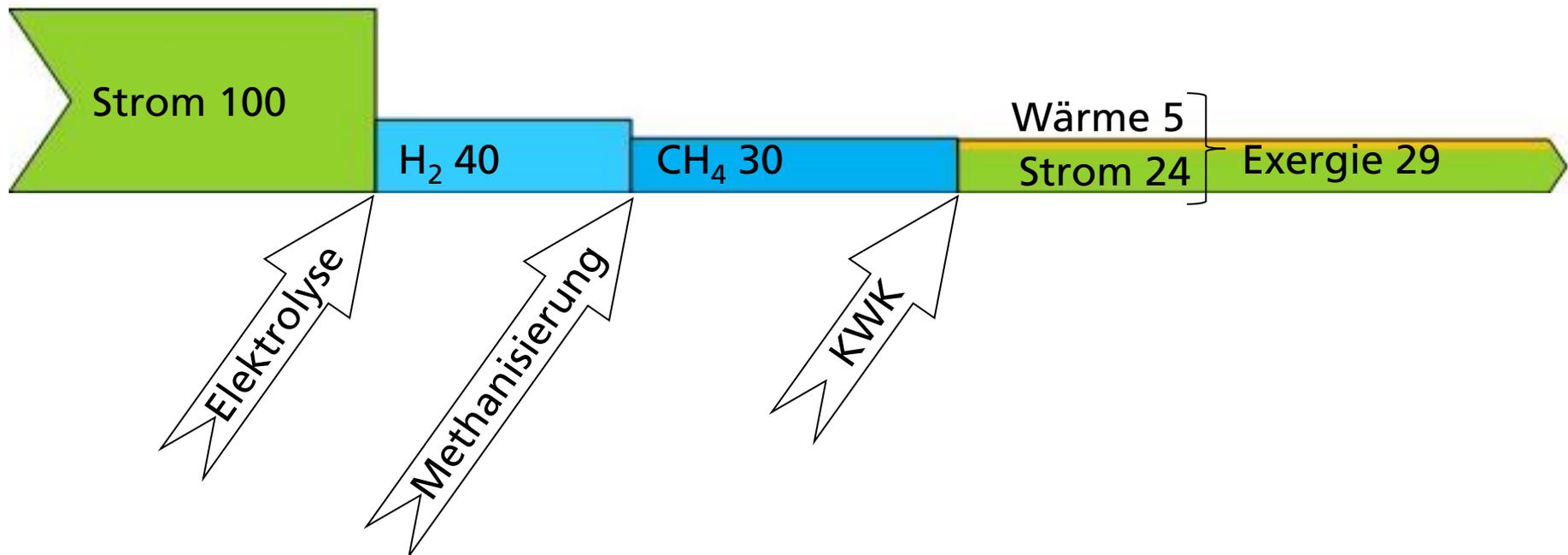
Energie Fluss – Power-to-Heat-to-Power



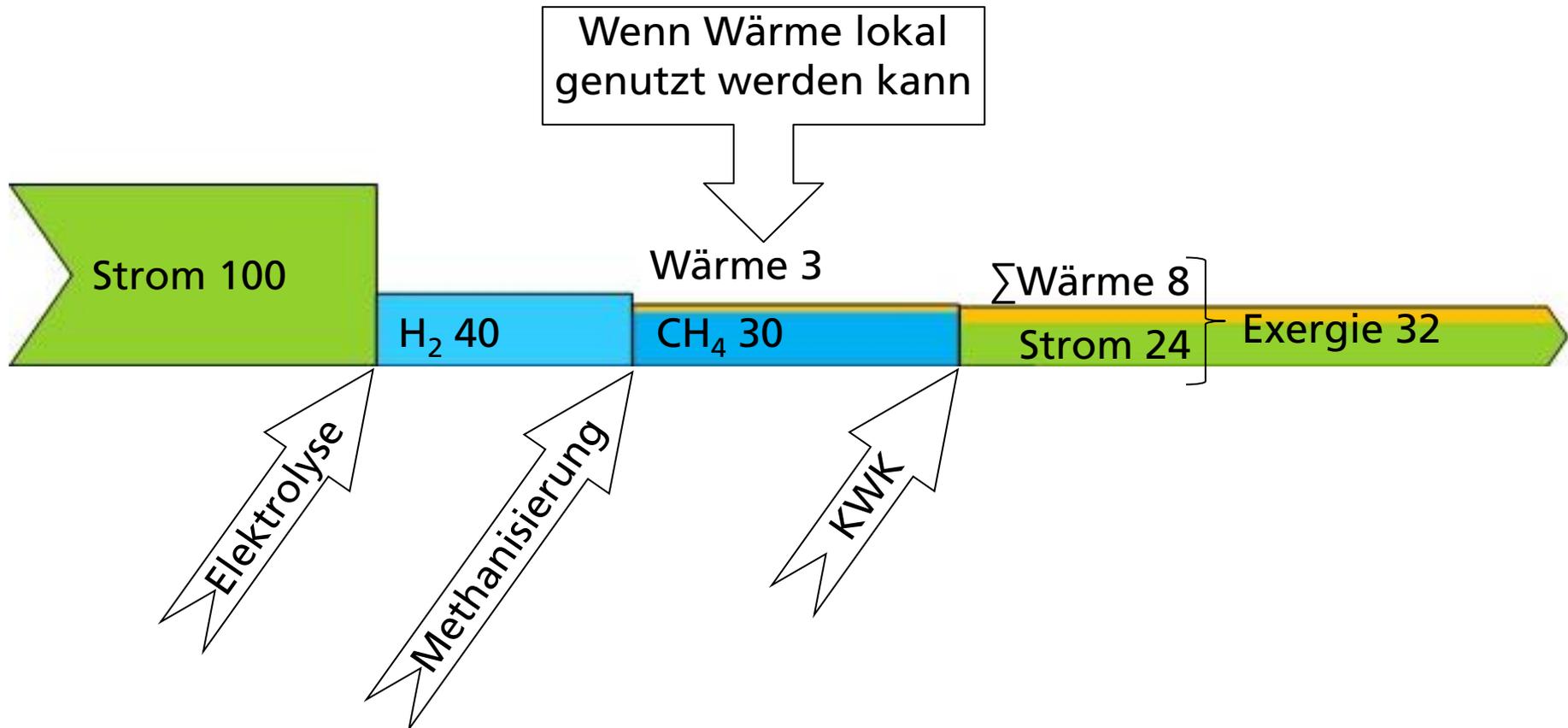
Energie Fluss – Power-to-Heat-to-Power (mit Wärmepumpe)



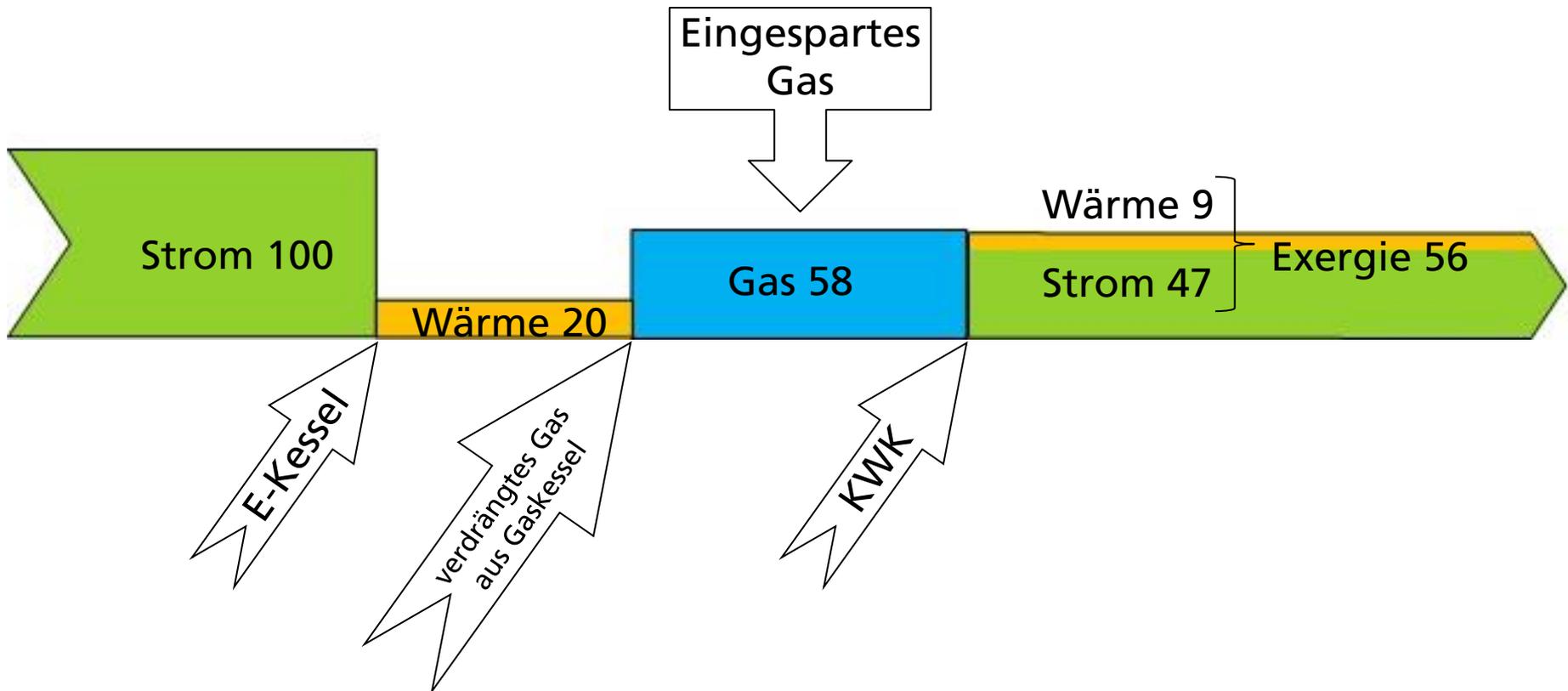
Exergie Fluss – Power-to-Gas-to-Power



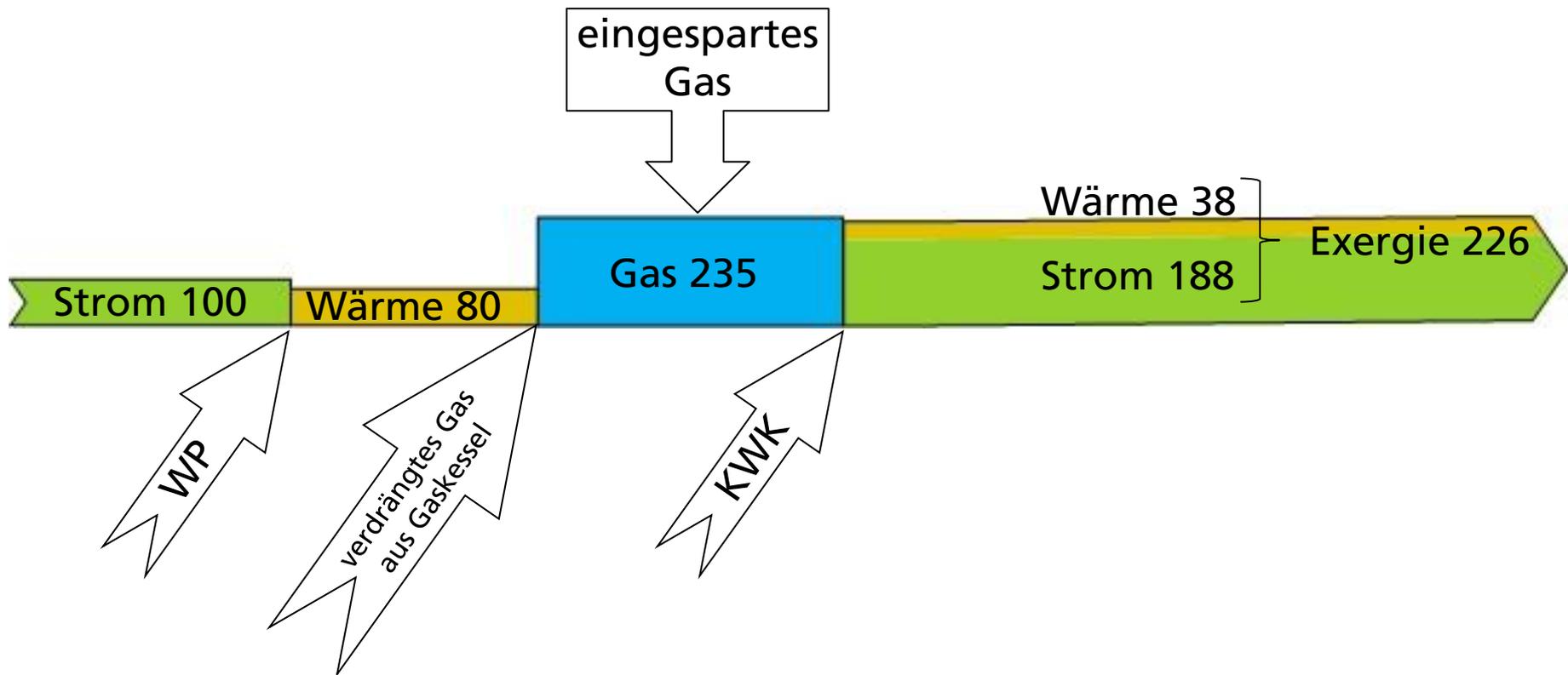
Exergie Fluss – Power-to-Gas-to-Power



Power-to-Heat-to-Power – Exergie Fluss



Exergie Fluss – Power-to-Heat-to-Power (mit Wärmepumpe)

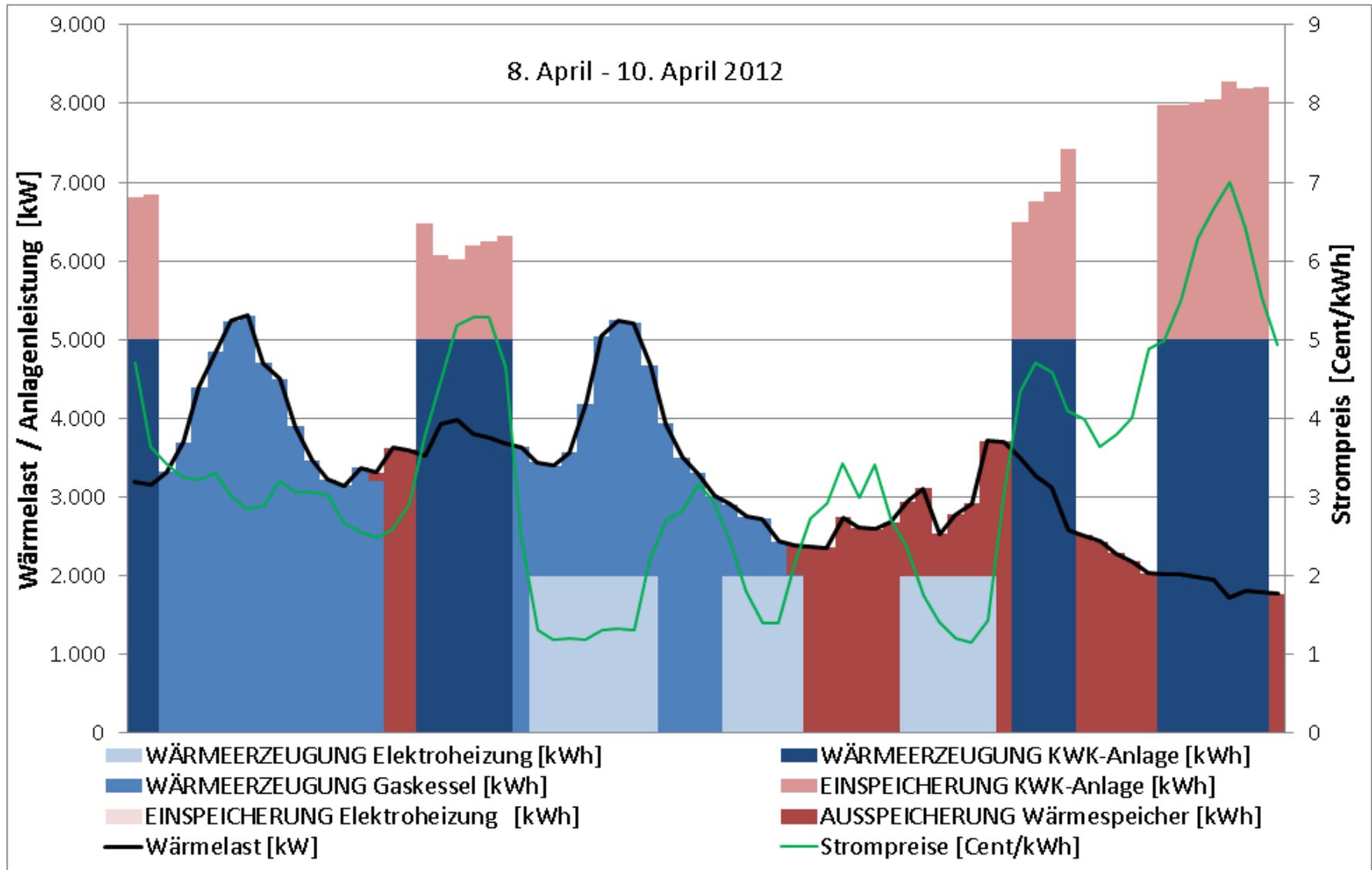




■ Modellansatz

- zur Verfügung stehende Energiewandler:
 - KWK-Anlage
 - E-Kessel (bzw. Wärmepumpe)
 - Gas Kessel
 - Wärmespeicher
- Referenzwärmepreis wird durch Gaskessel festgelegt
- Wärmepreis für KWK und E-Kessel ergibt sich für jede Stunde des Jahres aus Strompreis (variabel) plus Zuschlägen bzw. Entgelten
- In jeder Stunde wird der günstigste Wärmeerzeuger (oder Kombination) aktiviert
- Speicherbe- bzw. Entladung wird wirtschaftlich optimiert

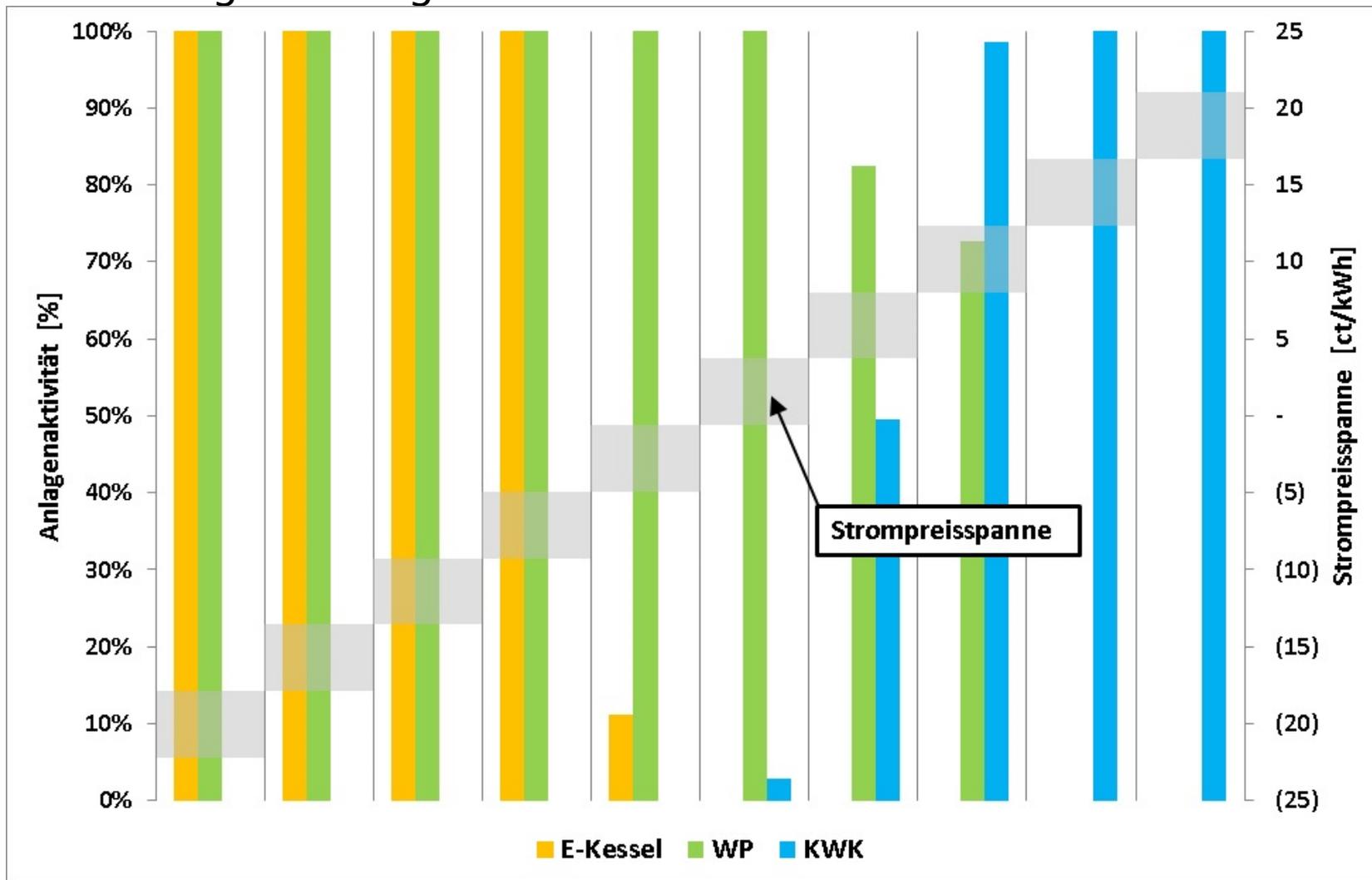
Erste Erkenntnisse der Modellrechnung



Erste Erkenntnisse der Modellrechnung



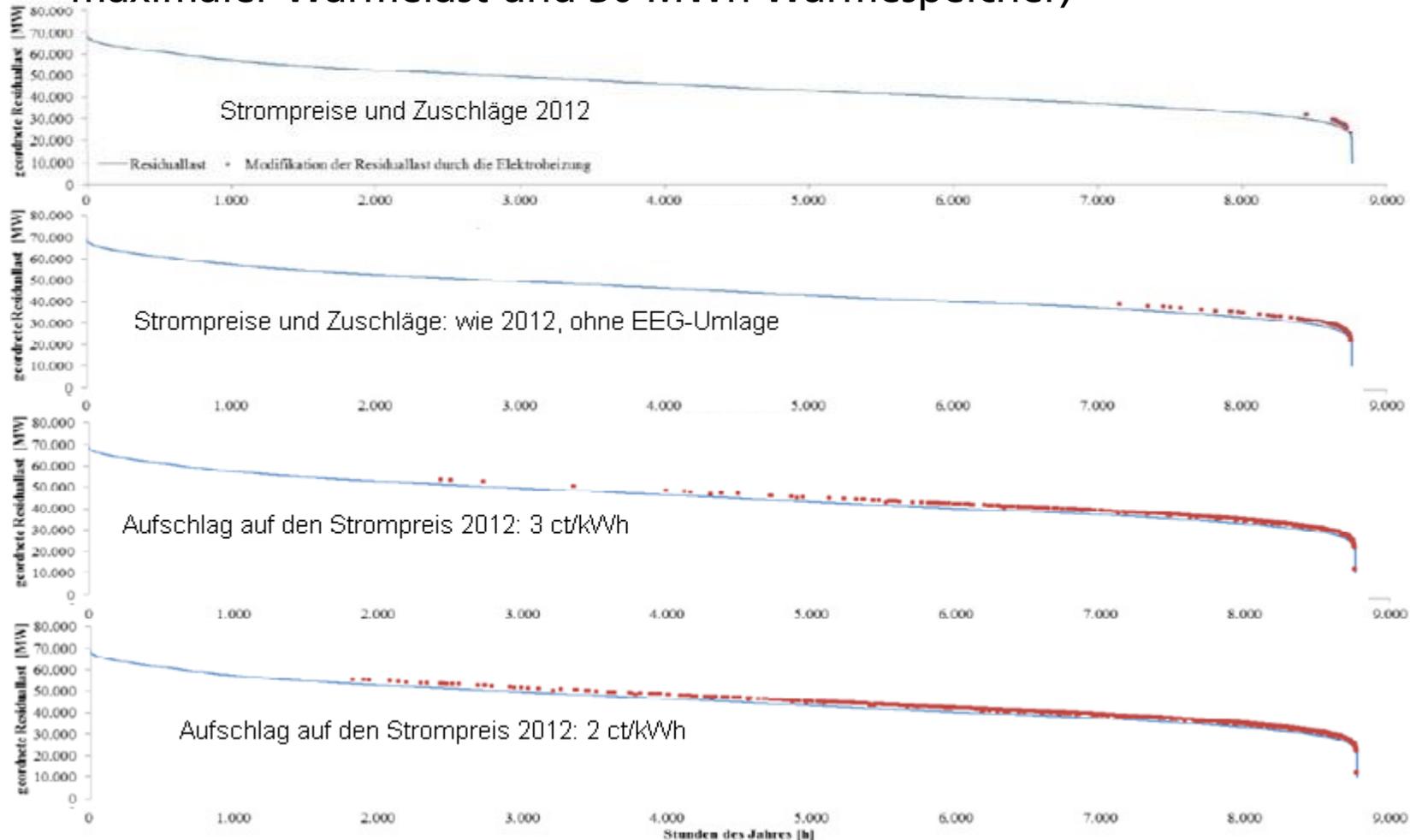
Validierung des Anlageneinsatzes





Erste Erkenntnisse der Modellrechnung

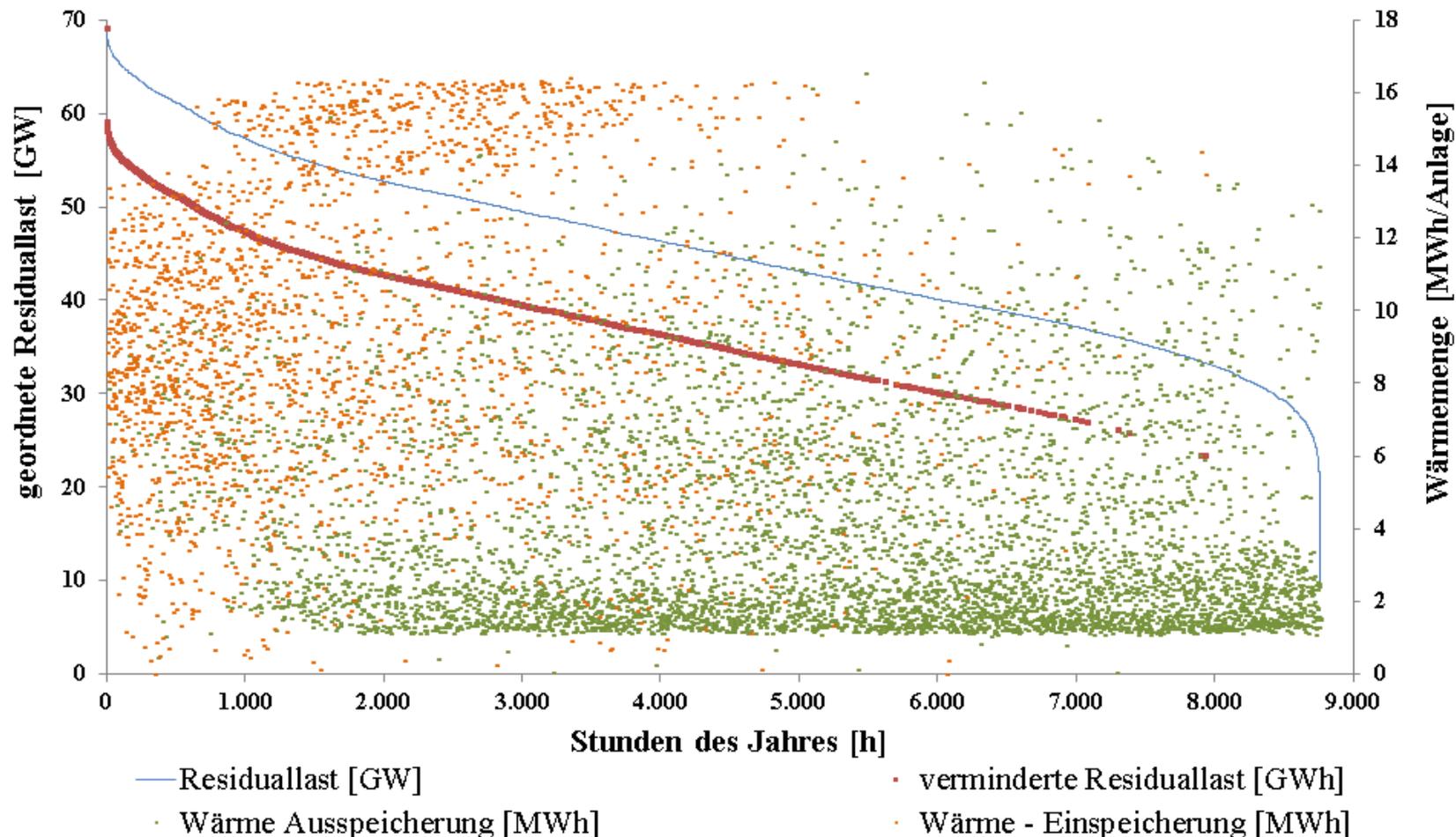
- möglicher Beitrag von E-Kesseln zum Ausgleich der neg. Residuallast (Annahme: z.B. 500 Systeme mit je 2 MW thermischer Leistung (10% von maximaler Wärmelast und 30 MWh Wärmespeicher))



Erste Erkenntnisse der Modellrechnung



- möglicher Beitrag von KWK-Anlagen zum Ausgleich der positiven Residuallast (Annahme: z.B. 500 Systeme mit je $17,5 \text{ MW}_{\text{th}}$ (90% von maximaler Wärmelast), rund $19 \text{ MW}_{\text{el}}$ und 263 MWh Wärmespeicher)





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Fragen?

Kontakt:

Max Fette

Fraunhofer-IFAM – Systemanalyse (ehem. Bremer Energie Institut)

Wiener Straße 12, 28359 Bremen

Tel.: 0421 / 2246 – 7023

Email: max.fette@ifam.fraunhofer.de

www.ifam.fraunhofer.de/energiesystemanalyse