

---

# AUSGLEICH VON ERNEUERBAREM ÜBERSCHUSSSTROM DURCH POWER-TO-HEAT - UND POWER-TO-GAS

---

Windenergieagentur Bremen/Bremerhaven  
Bremen, 14. März 2016

Christine Brandstätt  
in Zusammenarbeit mit Max Fette, Sabine Meyer und anderen

Ergebnisse des Forschungsprojekts “Multi-Grid-Storage”



# Agenda

---



- **Wozu Power-to-Heat oder Power-to-Gas?**
- **Wie modellieren wir?**
- **Wie schneiden P2H und P2G unter verschiedenen Rahmenbedingungen ab?**
- **Was bleibt?**



Bildquelle: faz.net

# Wozu Power-to-Heat oder Power-to-Gas?

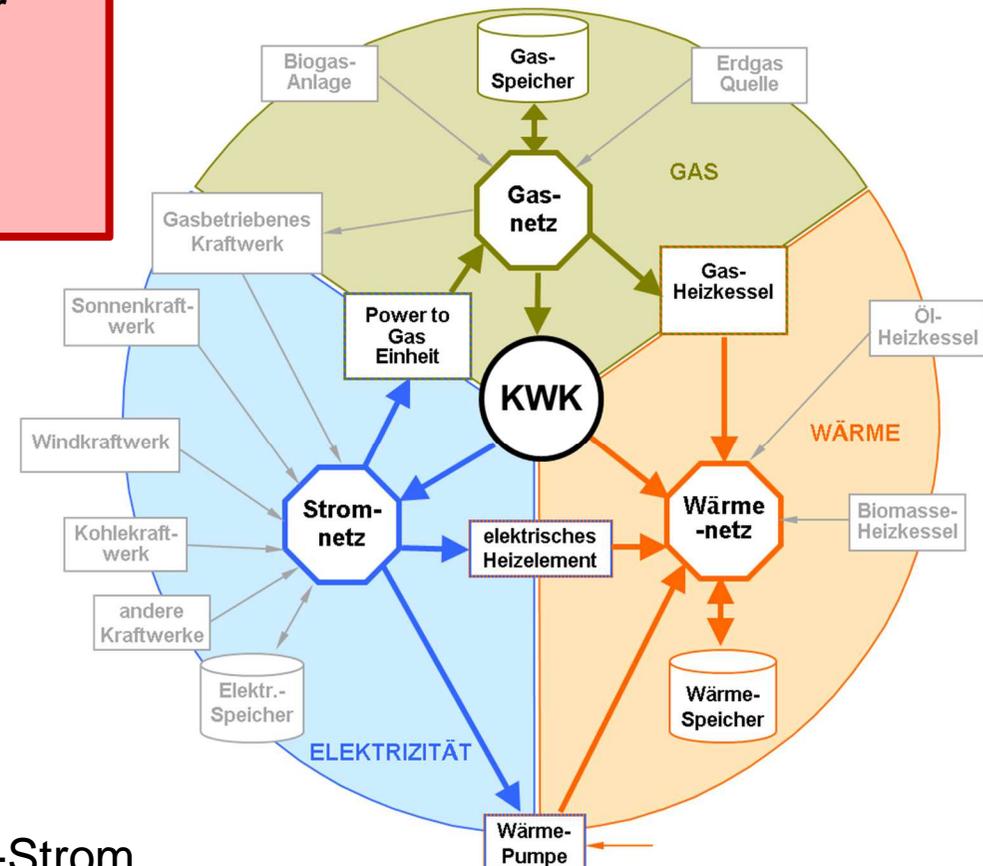


## Integration Erneuerbarer Energien

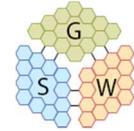
- Ausgleich von Fluktuationen bei der Stromversorgung
  - flexibler Strombedarf
  - Verwertung von Überschüssen
- Vermeidung von Netzengpässen
  - Verwendung von Strom vor Ort
  - alternativer Transportweg im Gasnetz

## CO<sub>2</sub>-Reduktion bei Wärme, Chemie und Verkehr

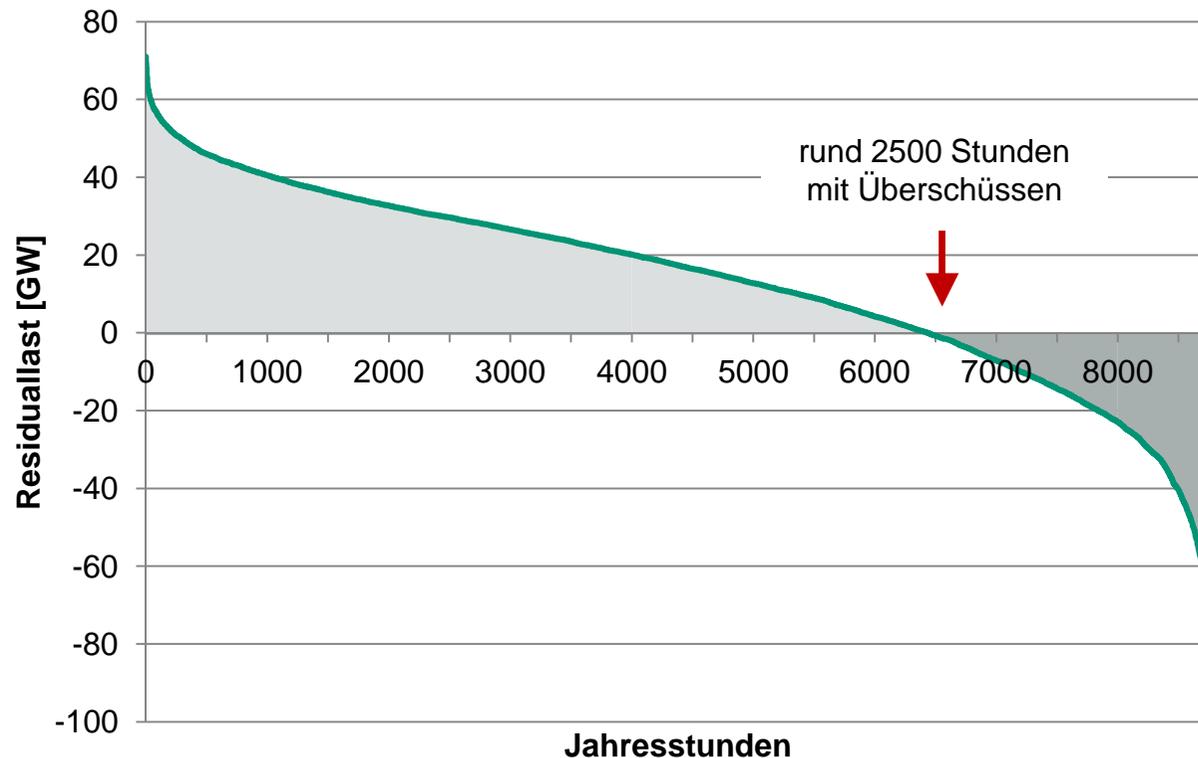
- Überführung von Überschüssen in andere Sektoren
- Steigerung der Nachfrage nach EE-Strom



# Ausgleichsbedarf in der Stromversorgung



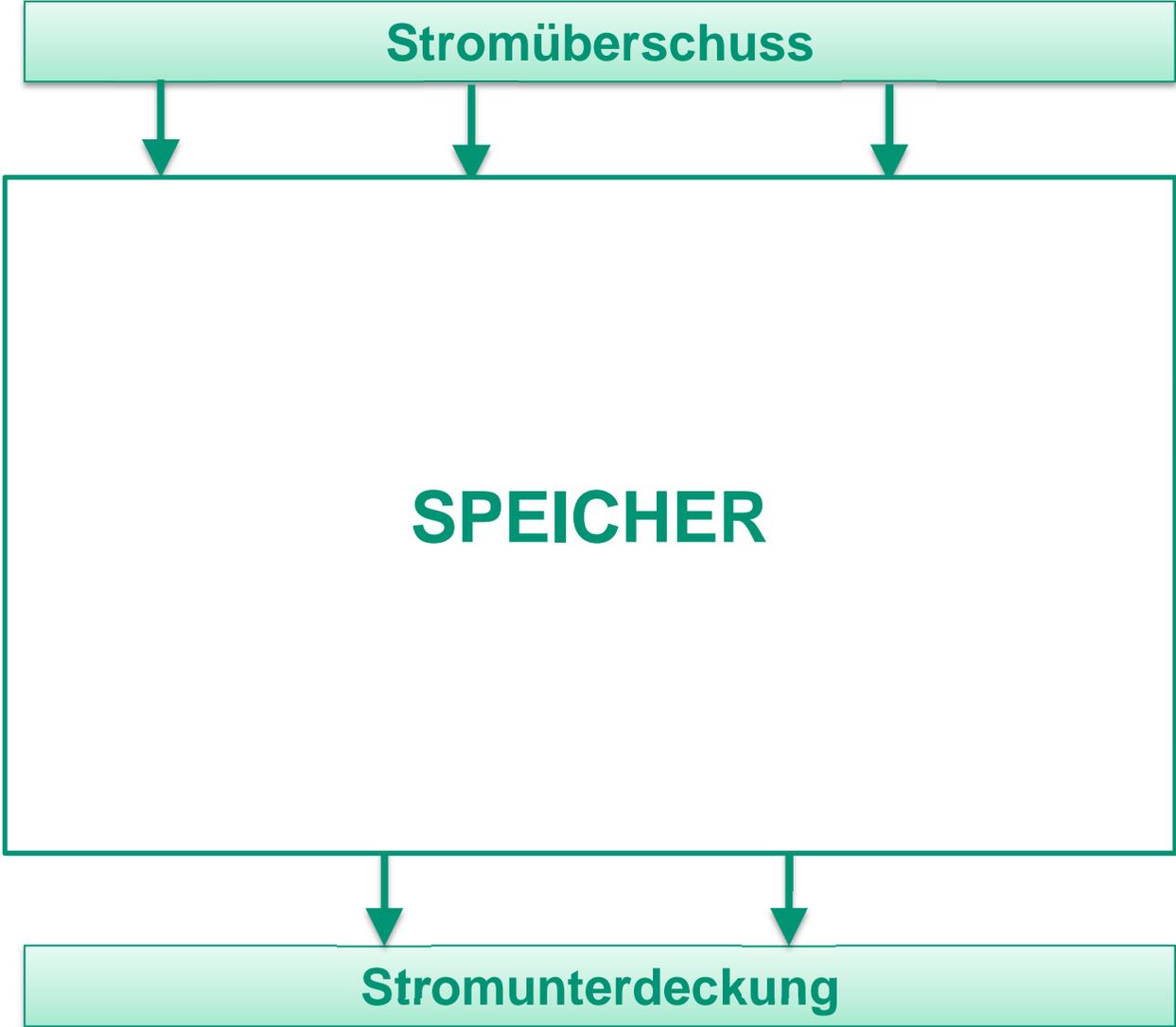
- geordnete Dauerlinie der Residuallast bei hohen EE-Anteilen



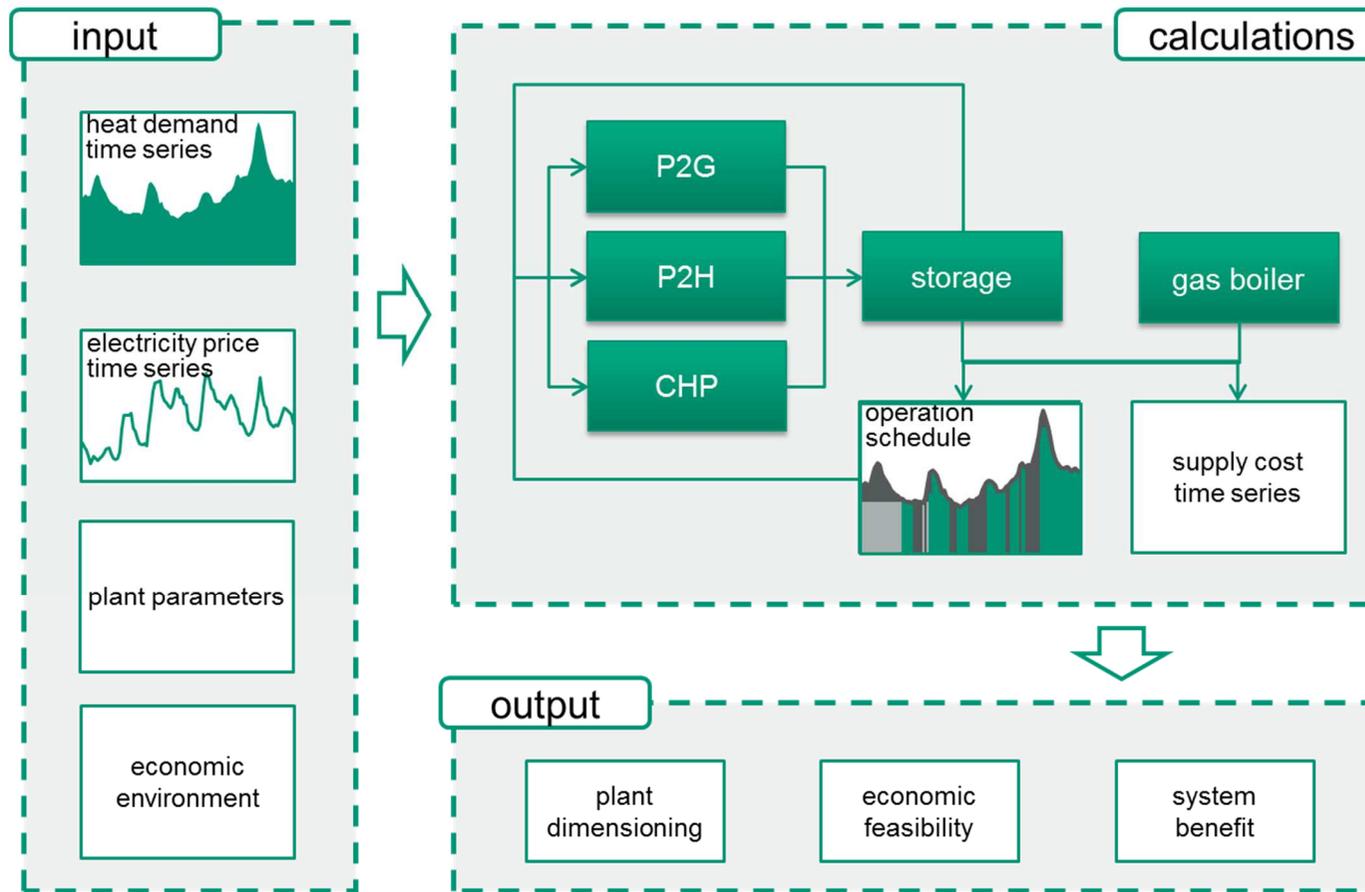
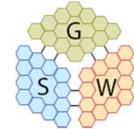
Quelle Daten: Krzikalla et al. 2013

- immer häufiger Überschüsse, die genutzt werden sollen
- Zeiträume mit Unterdeckung, die überbrückt werden müssen, dominieren

# Analysierte Speicherketten

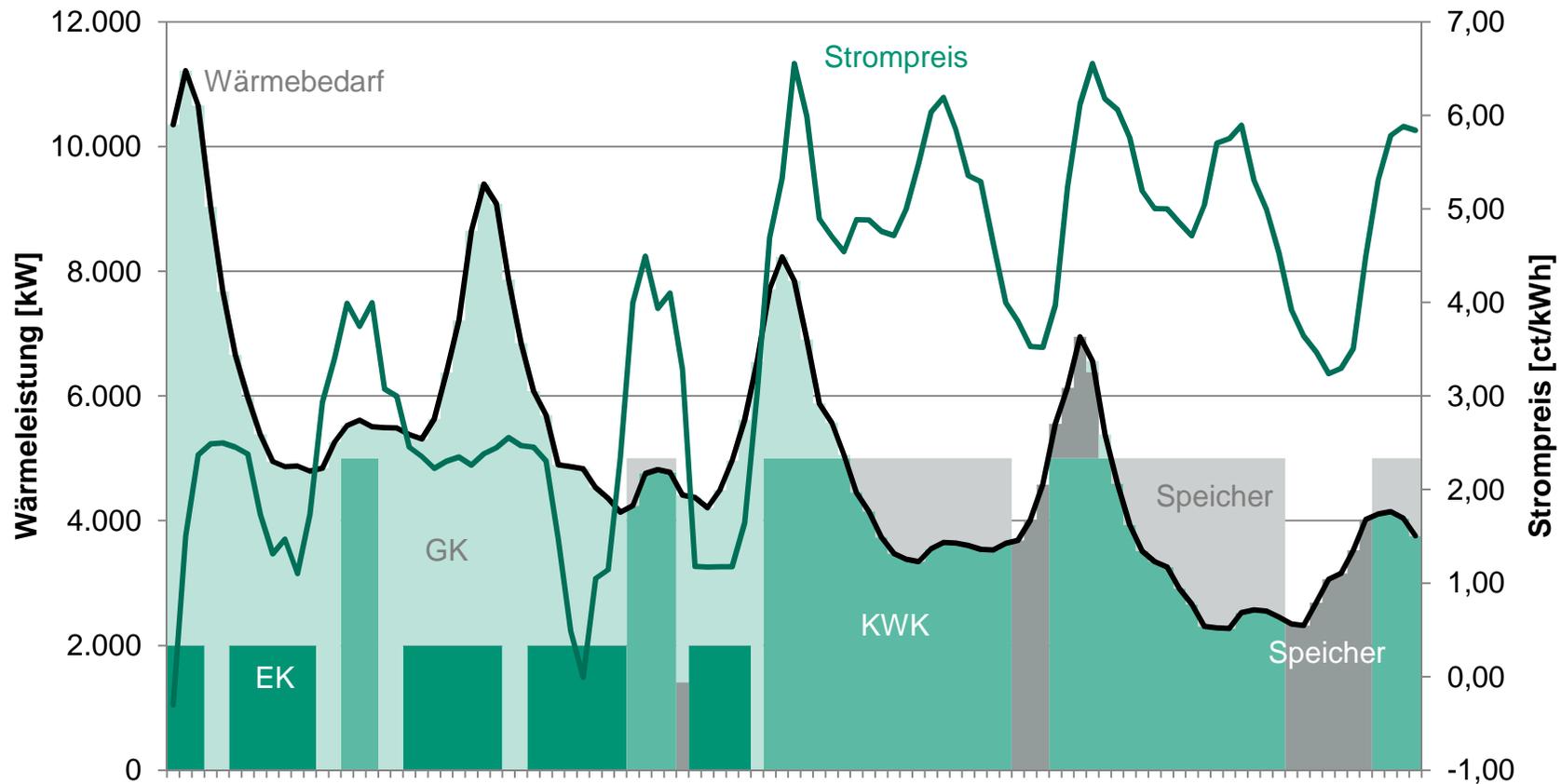
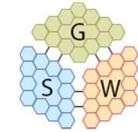


# Modellierung in MuGriFlex



- stundengenaue Simulation der Speicherketten über ein Jahr anhand von variierenden Strompreisen und Wärmebedarf

# Einsatzplanung in MuGriFlex



- Einsatz der günstigsten Wärmeversorgungsoption unter Berücksichtigung von Speicherkapazität und Ramping-Kosten

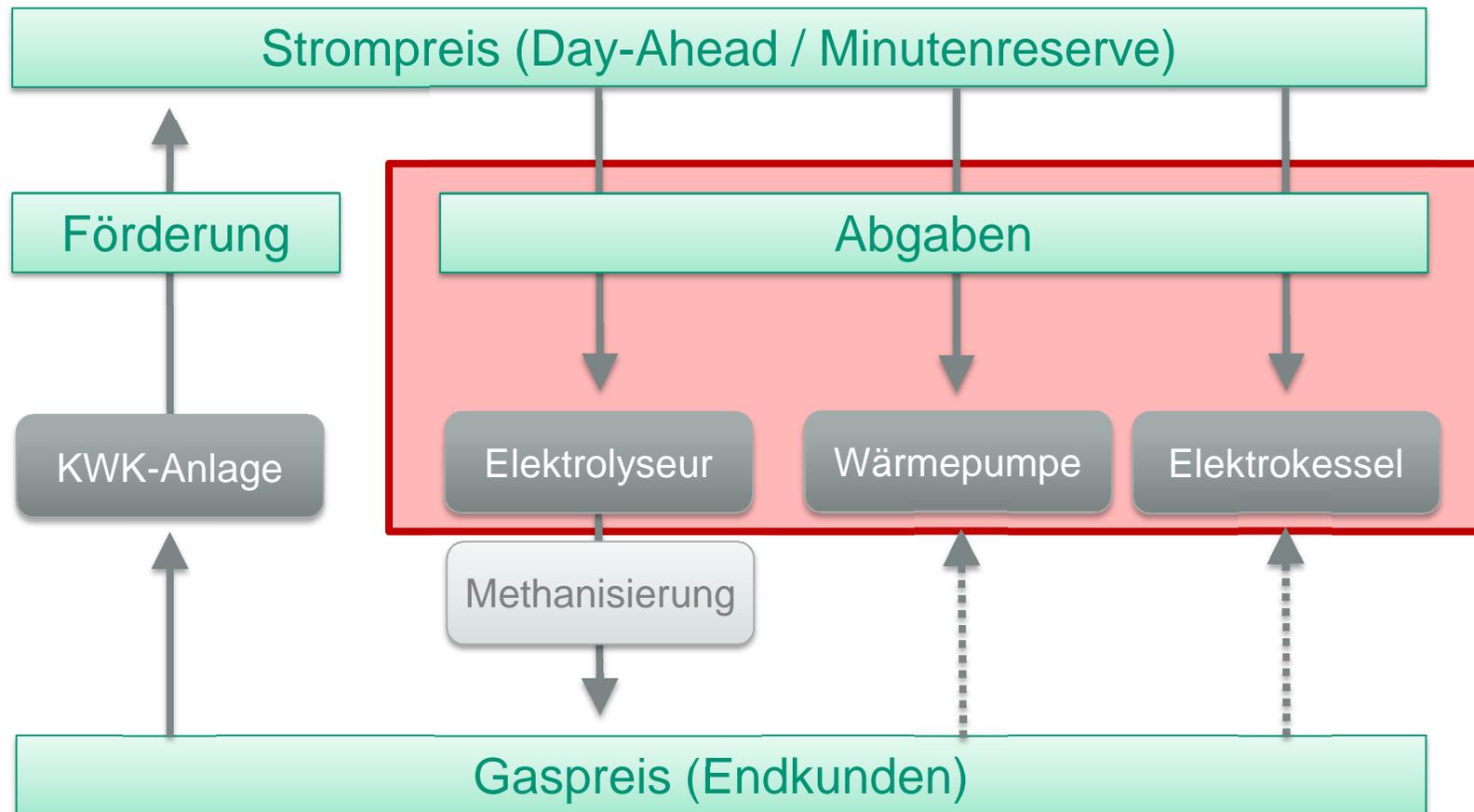
# Anlagenparameter



- Mittleres Wärmenetz mit KWK-Anlage, Gaskessel und Speicher
- Kombination mit Elektrokessel, Wärmepumpe oder Elektrolyseur

Anlage	Parameter	Einheit	mittleres Wärmenetz
Elektrokessel	thermische Leistung	$\text{kW}_{\text{th}}$	2.000
	Arbeitszahl	$\text{kW}_{\text{th}}$	0,99
	Investitionskosten	1000 €	328
Wärmepumpe	thermische Leistung	$\text{kW}_{\text{th}}$	2.000
	Arbeitszahl	$\text{kW}_{\text{th}}$	2,8
	Investitionskosten	1000 €	1.500
KWK-Anlage	thermische Leistung	$\text{kW}_{\text{th}}$	5.000
	elektrische Leistung	$\text{kW}_{\text{el}}$	5.073
	Investitionskosten	1000 €	3.332
PEM Elektrolyseur	thermische Leistung	$\text{kW}_{\text{th}}$	2.000
	Effizienz (heute / Zukunft)	%	54 / 70
	Investition (heute / Zukunft)	€/kW	2.550 / 1.270
AL Elektrolyseur	thermische Leistung	$\text{kW}_{\text{th}}$	2.000
	Effizienz (heute / Zukunft)	%	67 / 70
	Investition (heute / Zukunft)	€/kW	1.070 / 870
SO Elektrolyseur	thermische Leistung	$\text{kW}_{\text{th}}$	2.000
	Effizienz (heute / Zukunft)	%	77 / 77
	Investition (heute / Zukunft)	€/kW	930 / 280
Gaskessel	thermische Leistung	$\text{kW}_{\text{th}}$	20.000
Wärmespeicher	thermische Leistung	$\text{kWh}_{\text{th}}$	30.000
	Investitionskosten	1000 €	575
Wärmenetz	Wärmebedarf	$\text{MWh}_{\text{th}}/\text{a}$	46.175
	thermische Spitzenlast	$\text{kW}_{\text{th}}$	20.000

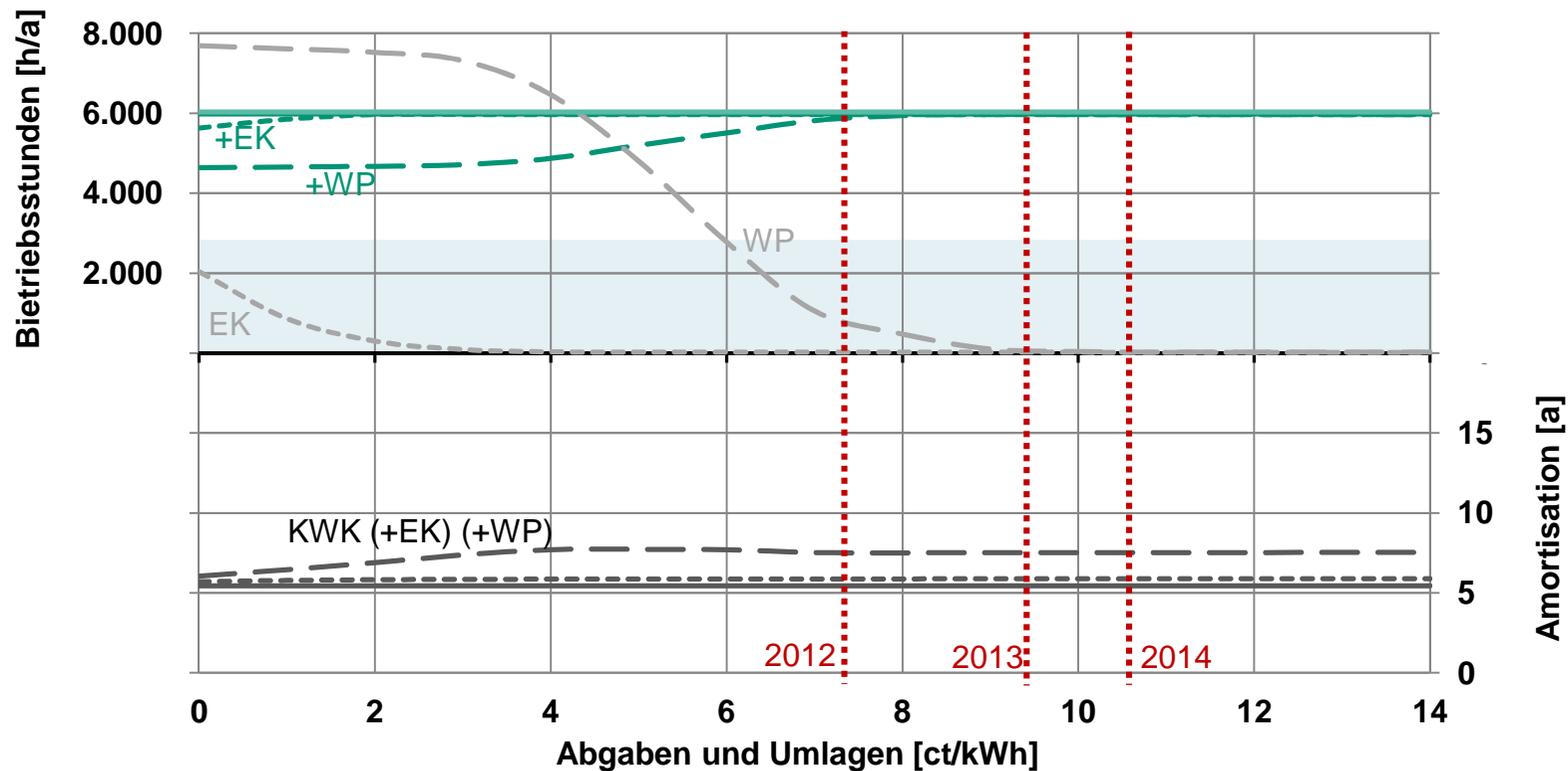
# Wesentliche Einflussfaktoren der Betriebsführung



# Variation der Stromabgaben I



## Wärmeketten 2012: Day-Ahead Markt

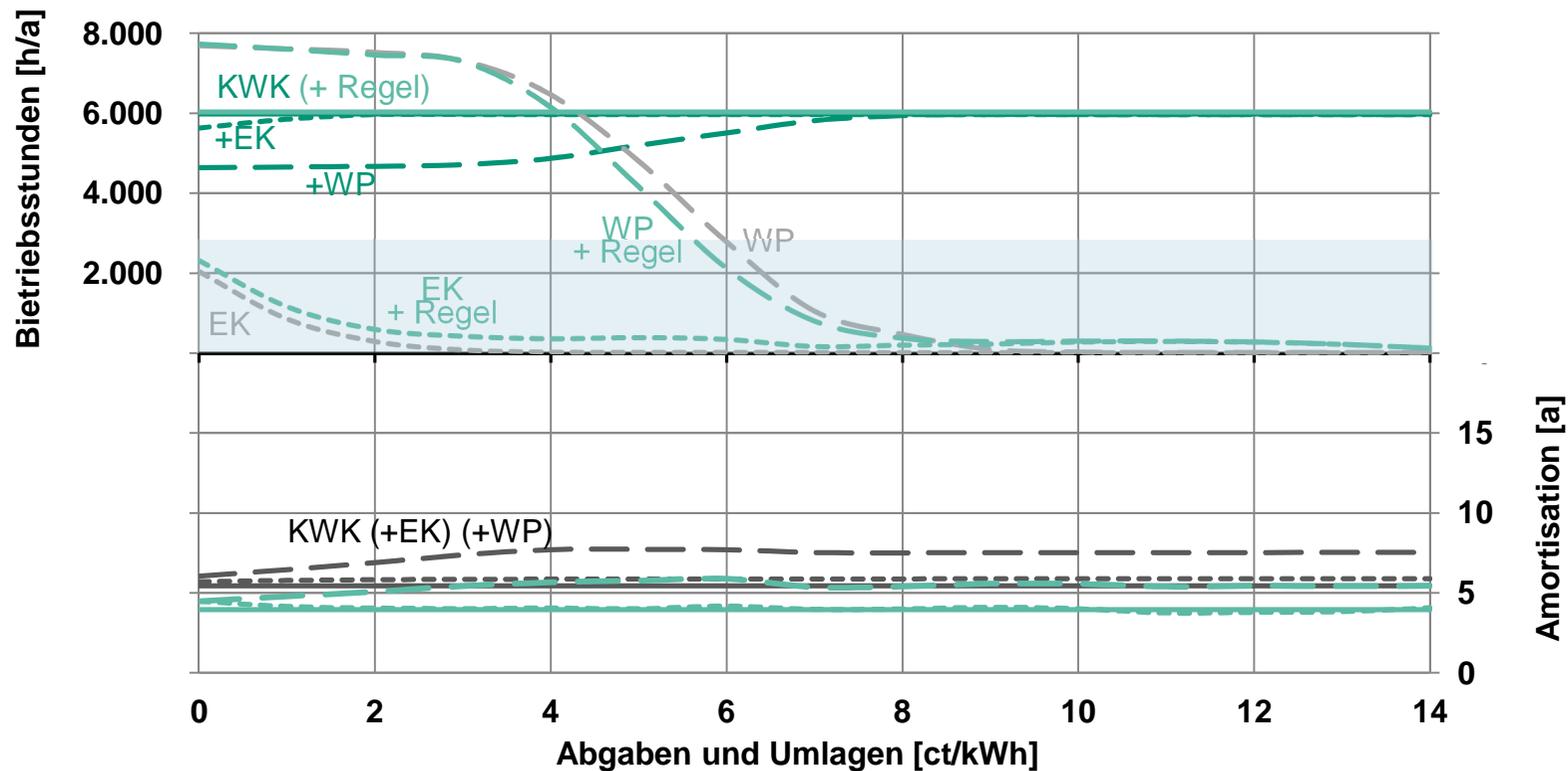


- Auslastung und Amortisation verschlechtern sich durch die Kombination mit Elektrokessel und Wärmepumpe

# Variation der Stromabgaben II



## Wärmeketten 2012: Day-Ahead Markt + Minutenreserve

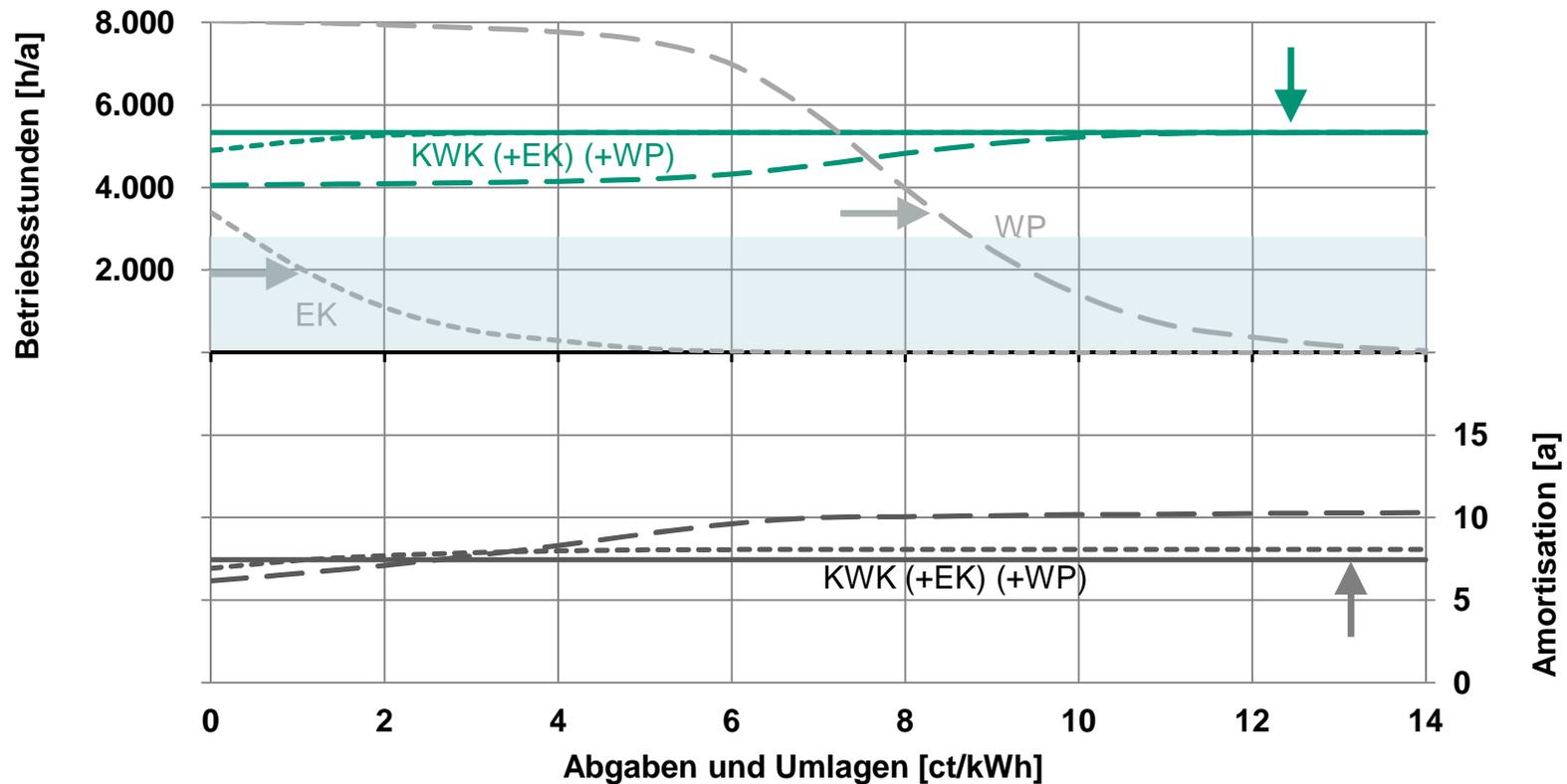


- Auslastung verändert sich kaum durch Regelenergie
- Amortisation verbessert sich nur geringfügig durch Regelenergie

# Variation der Stromabgaben III



## Wärmeketten in Zukunft

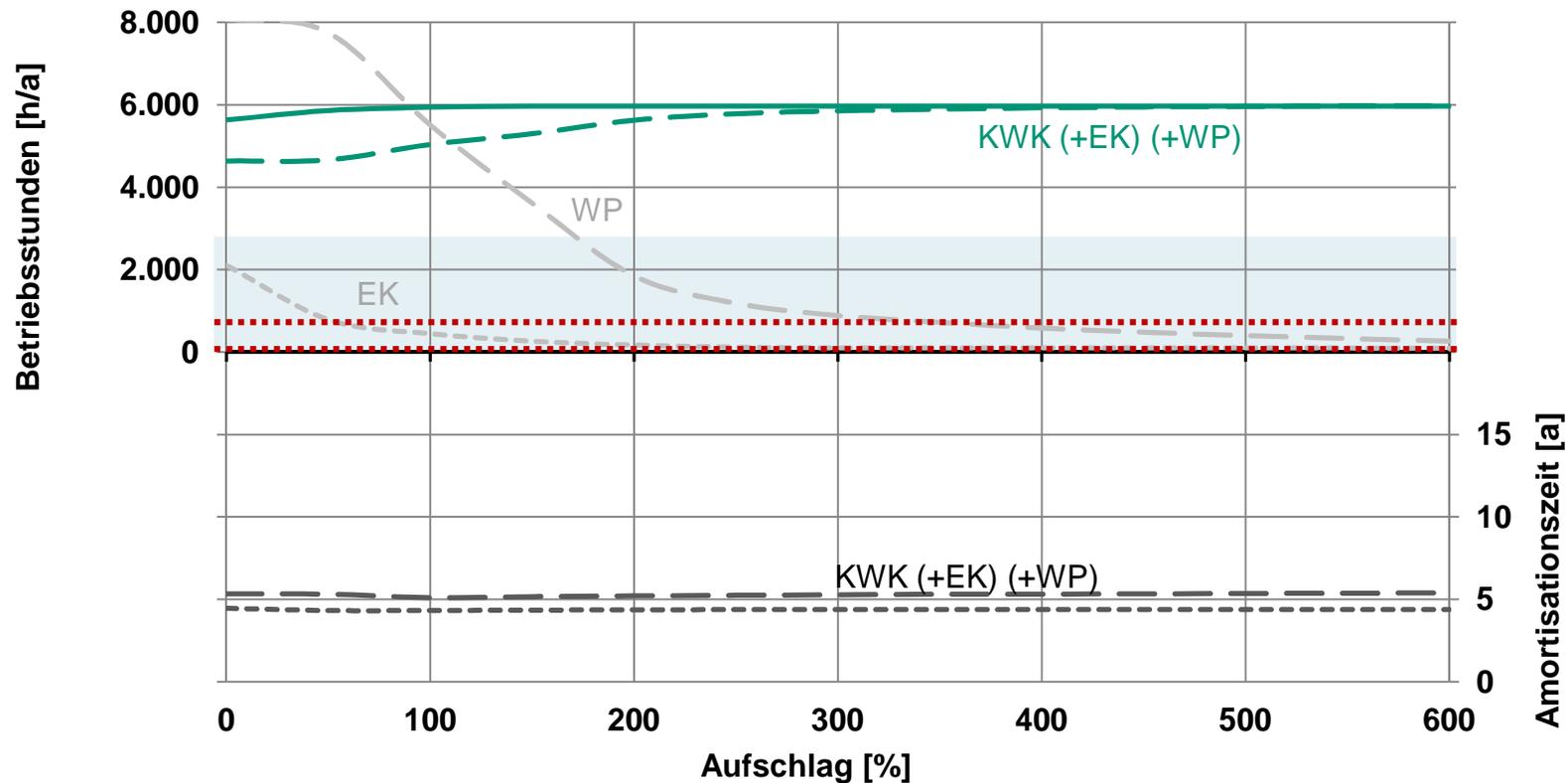


- höhere Betriebsstunden für Elektrokessel und Wärmepumpen
- Auslastung und Amortisation des KWK-Systems verschlechtert sich

# Variation der Stromabgaben IV



## Wärmeketten 2012: anteilige Abgaben

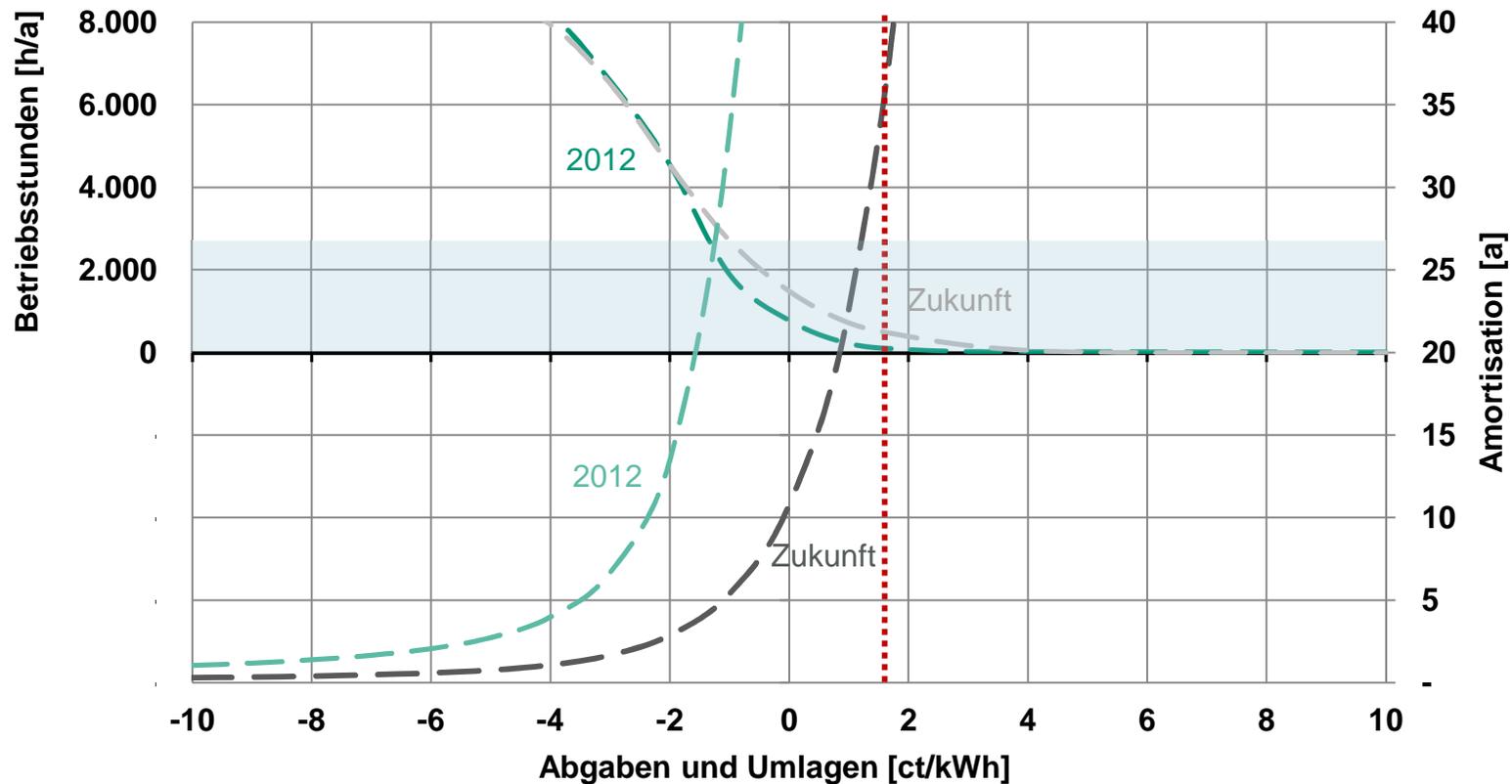


- höhere Betriebsstunden für Elektrokessel und Wärmepumpen
- Auslastung und Amortisation des KWK-Systems verschlechtert sich

# Variation der Stromabgaben V

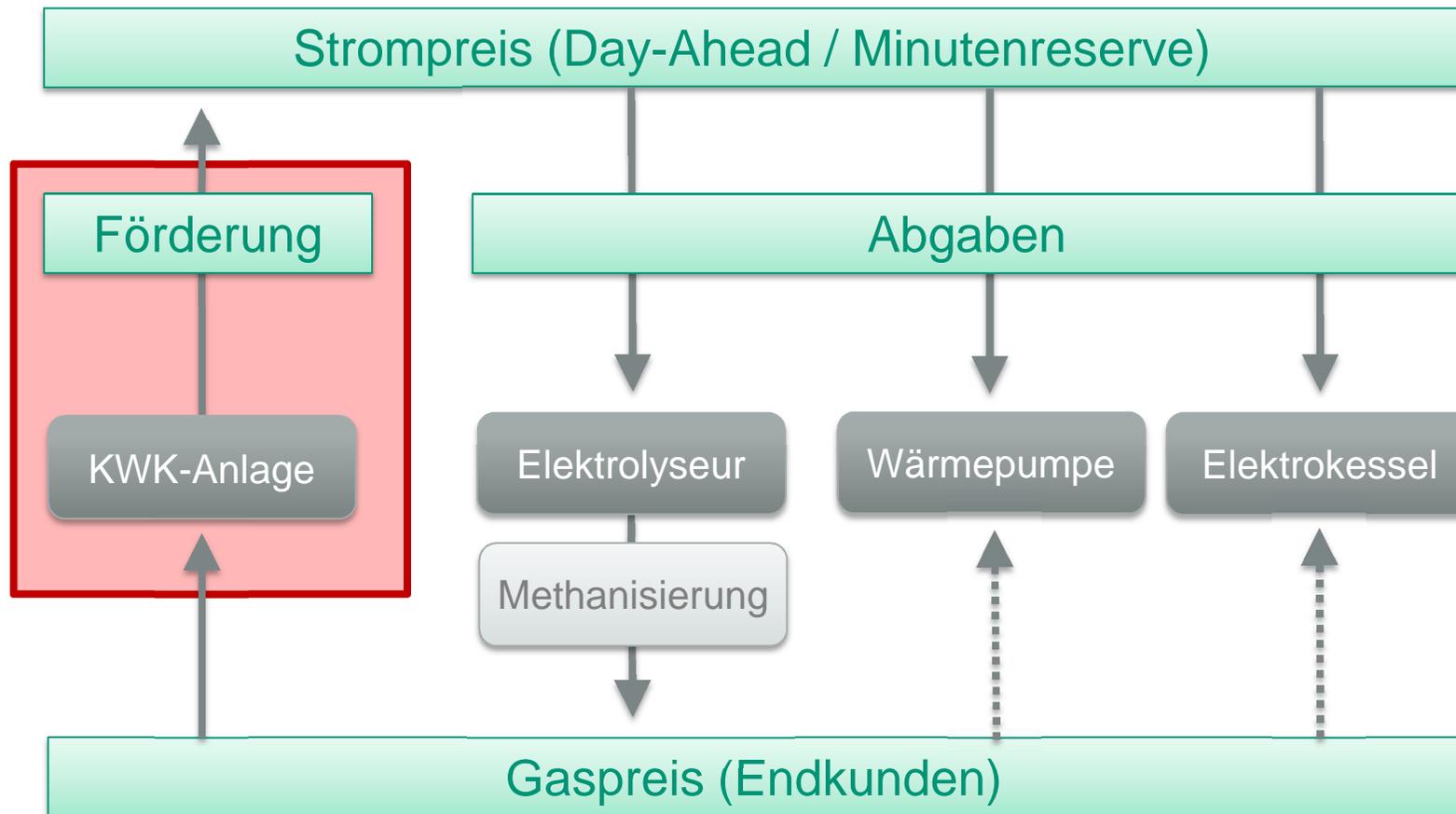


## Gasketten (SO-Elektrolyse) 2012 und in Zukunft



- Gasketten auch unter künftigen Bedingungen kaum wirtschaftlich
- bei Förderung wirtschaftlich, aber mit hohen Betriebsstunden

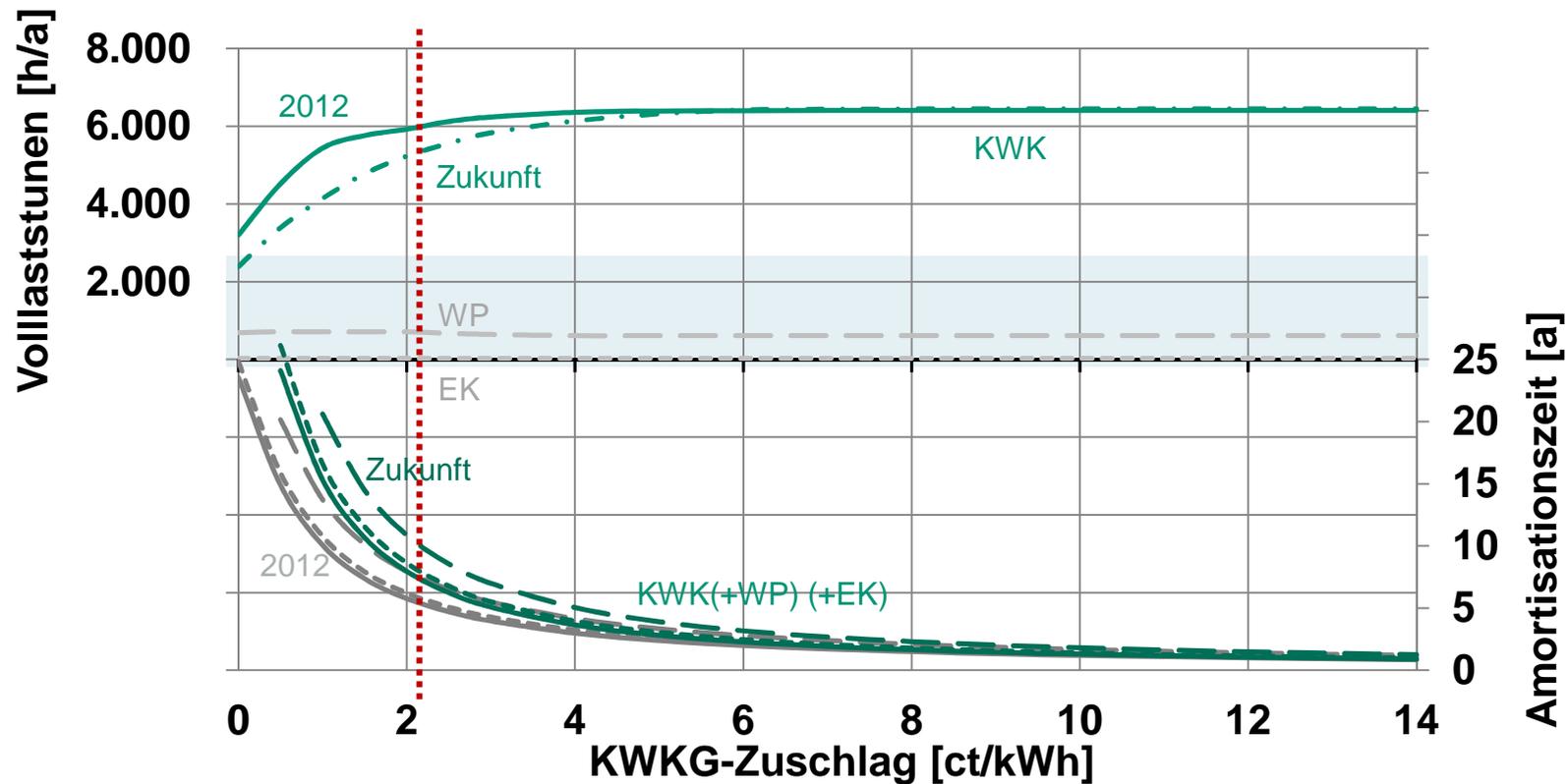
# Wesentliche Einflussfaktoren der Betriebsführung



# Variation des KWKG-Zuschlags

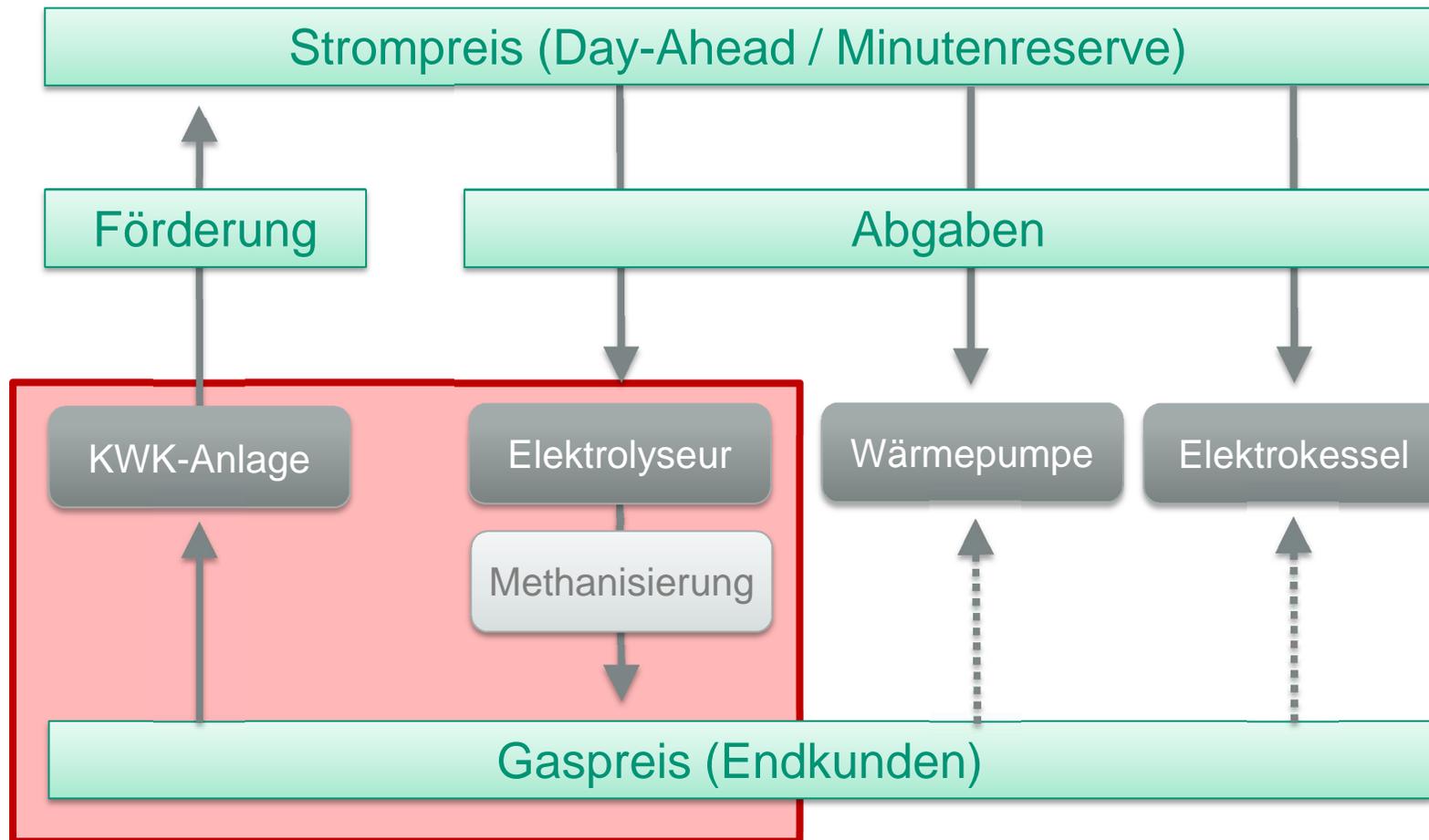


## Wärmeketten 2012 und in Zukunft



- Gesamtsystem (KWK+EK /+WP) bei gegenwärtigem KWKG-Zuschlag nur eingeschränkt wirtschaftlich – auch bei extremeren Strompreisen

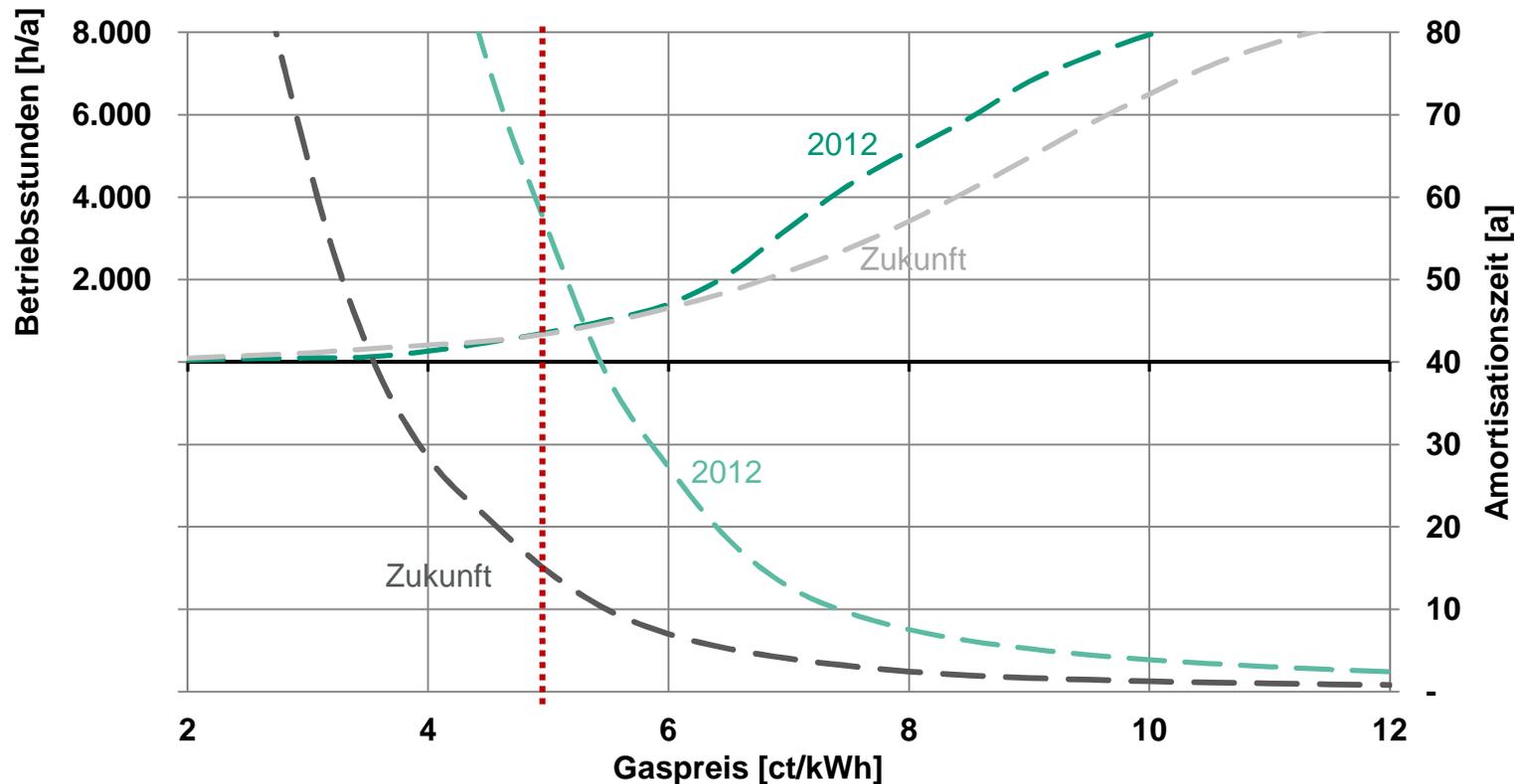
# Wesentliche Einflussfaktoren der Betriebsführung



# Variation des Gaspreises III



## Gasketten (SO-Elektrolyse) 2012 und in Zukunft

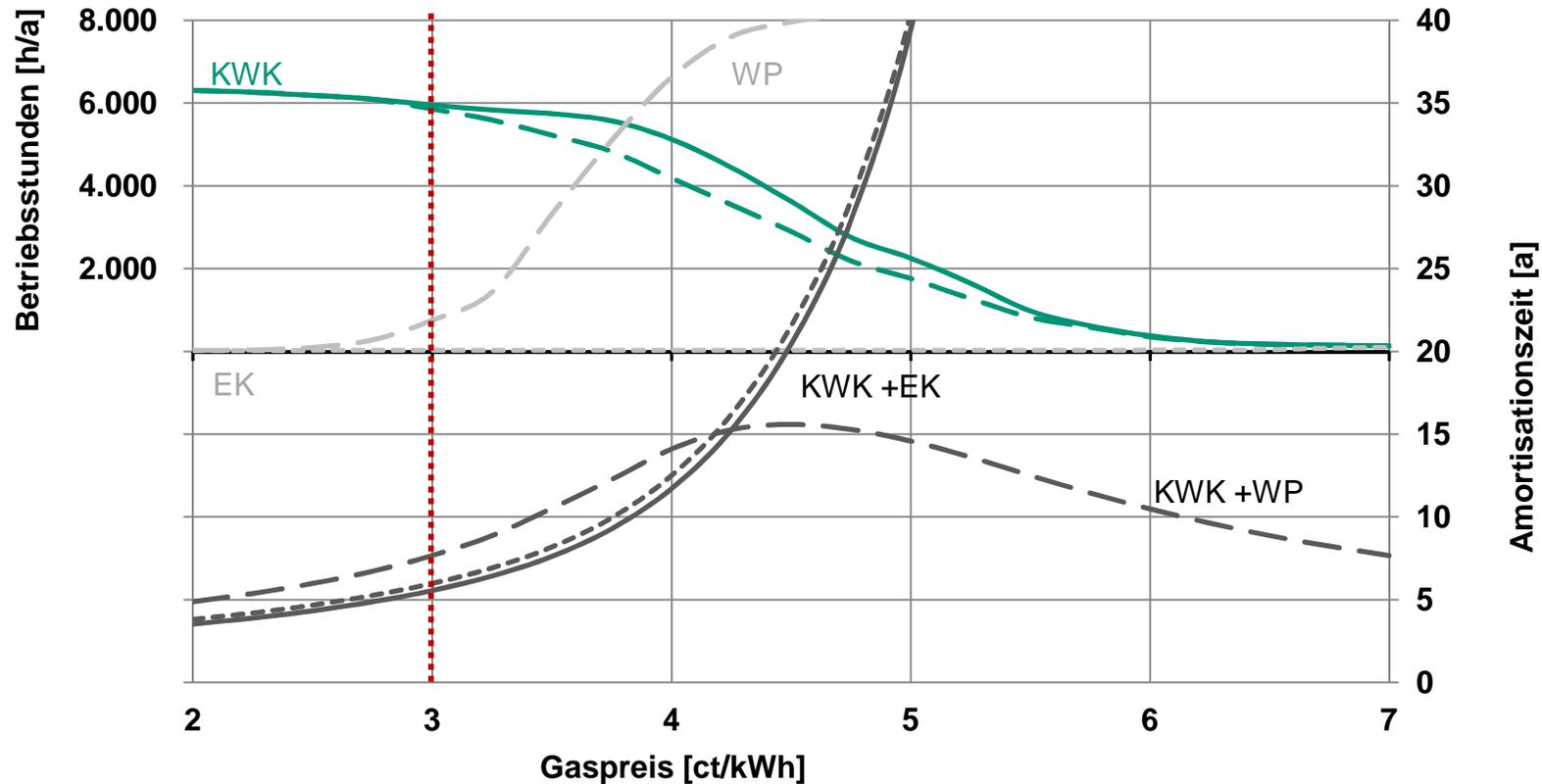


- bessere Auslastung und Amortisation bei hohen Gaspreisen
- Wirtschaftlichkeit nur bei sehr hohen Gaspreisen erreicht

# Variation des Gaspreises I



## Wärmeketten 2012

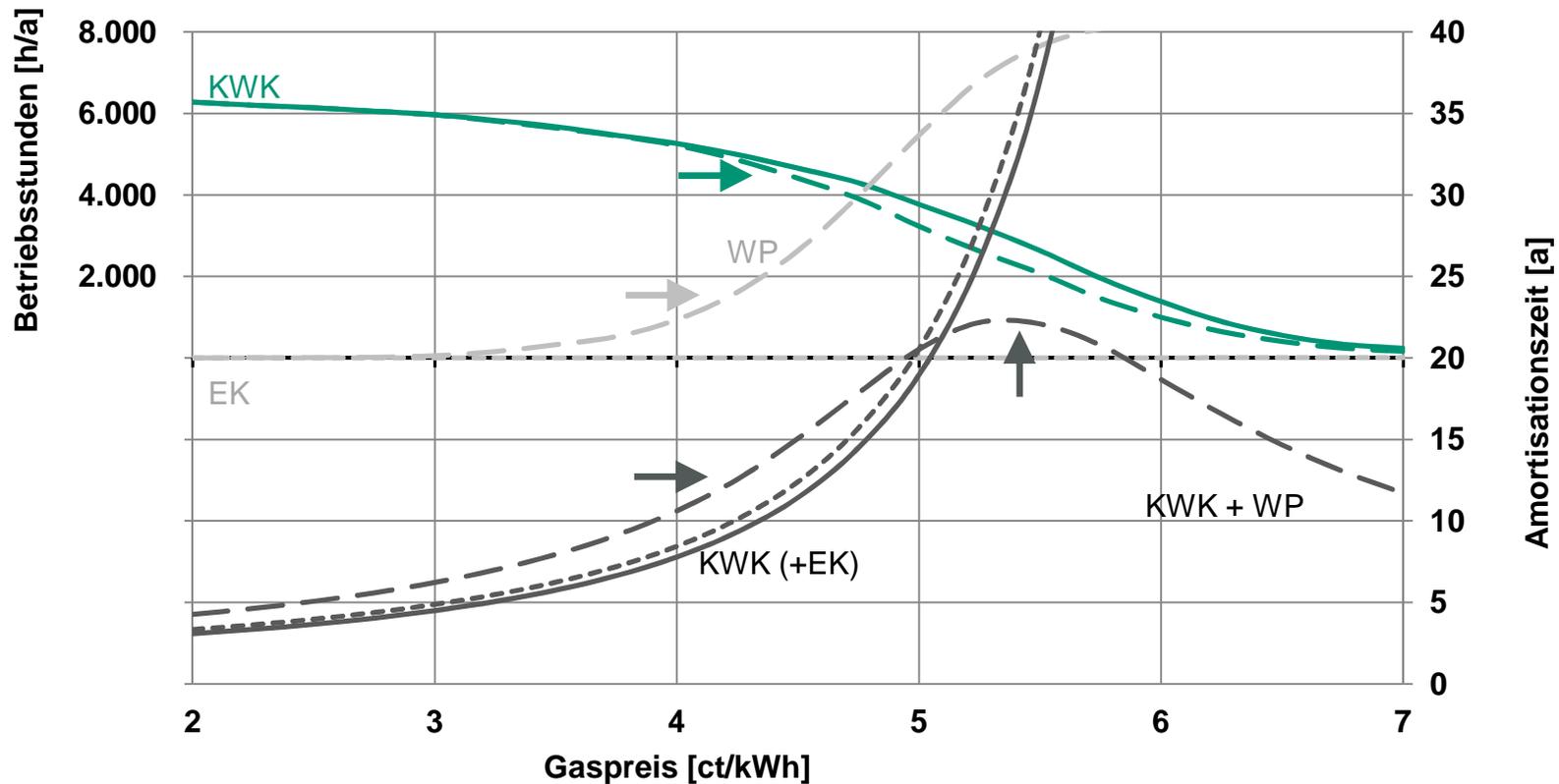


- Schlechtere Auslastung und Amortisation von Gaskessel und KWK
- Wärmepumpe wird bei hohen Gaspreisen wirtschaftlich

# Variation des Gaspreises II



## Wärmeketten in Zukunft



- ähnliche Auslastung und Amortisation
- bessere Wirtschaftlichkeit bei leicht höheren Gaspreisen

# Schlussfolgerungen

---



- nur wenige Speicherketten unter gegenwärtigen Bedingungen wirtschaftlich
- Systemdienlichkeit eher zufällig
- **angemessene Bedingungen müssen aktiv geschaffen werden**  
(entwickeln sich nicht automatisch)
  - stärkerer Preisspread und niedrigere Investitionskosten reichen nicht
  - Abgaben, Förderung und Gaspreise haben einen starken Einfluss
- **Wechselwirkungen bei Anpassung der Bedingungen zu berücksichtigen**
  - höhere Auslastung von EK und WP zulasten der KWK-Anlage und der gesamten Amortisation
  - Systemdienlichkeit nur durch Betrieb der Anlagen “zur richtigen Zeit”
  - zeitabhängige Systeme, wie etwa Regelenergiemarkt oder anteilige Abgaben, vielversprechender als generelle Mechanismen



weitere Forschungsvorhaben in diesem Themengebiet

## ■ Folgeprojekt

- zusätzliche Technologien: elektrische Betriebsmittel im Gasnetz, Elektromobilität
- Iteration mit Betrachtung des Gesamtsystems
- verbesserte Darstellung der Märkte und Rahmenbedingungen

## ■ Power-to-X

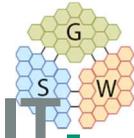
- zusätzliche Perspektive auf Nachhaltigkeit im Verkehrssektor und in der Chemieindustrie

## ■ Innovation und Wertschöpfung

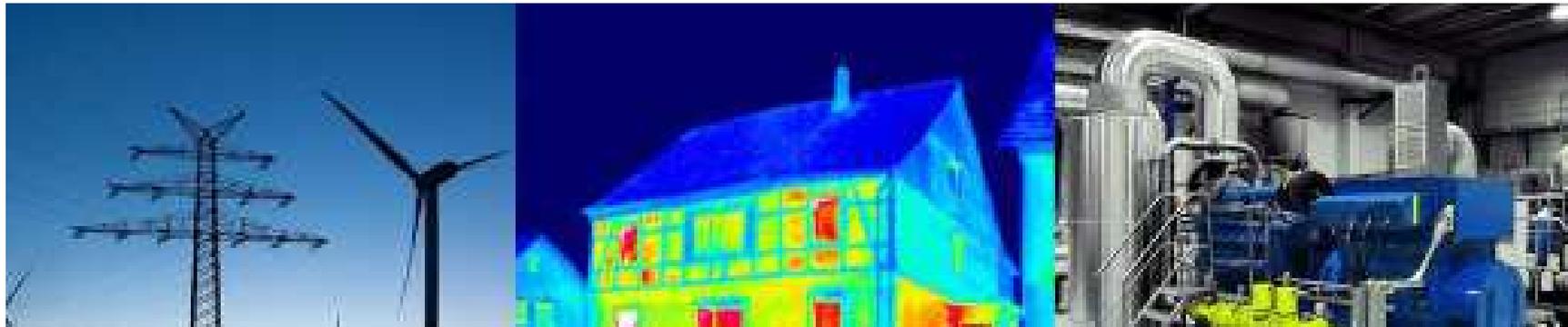
- Chancen für den Wirtschaftsstandort Deutschland durch Power-to-Gas, Brennstoffzellen und Batterien

---

# DANKE FÜR IHRE ZEIT UND AUFMERKSAMKEIT.



Stellen Sie gerne noch Fragen.



Christine Brandstätt M.Sc.

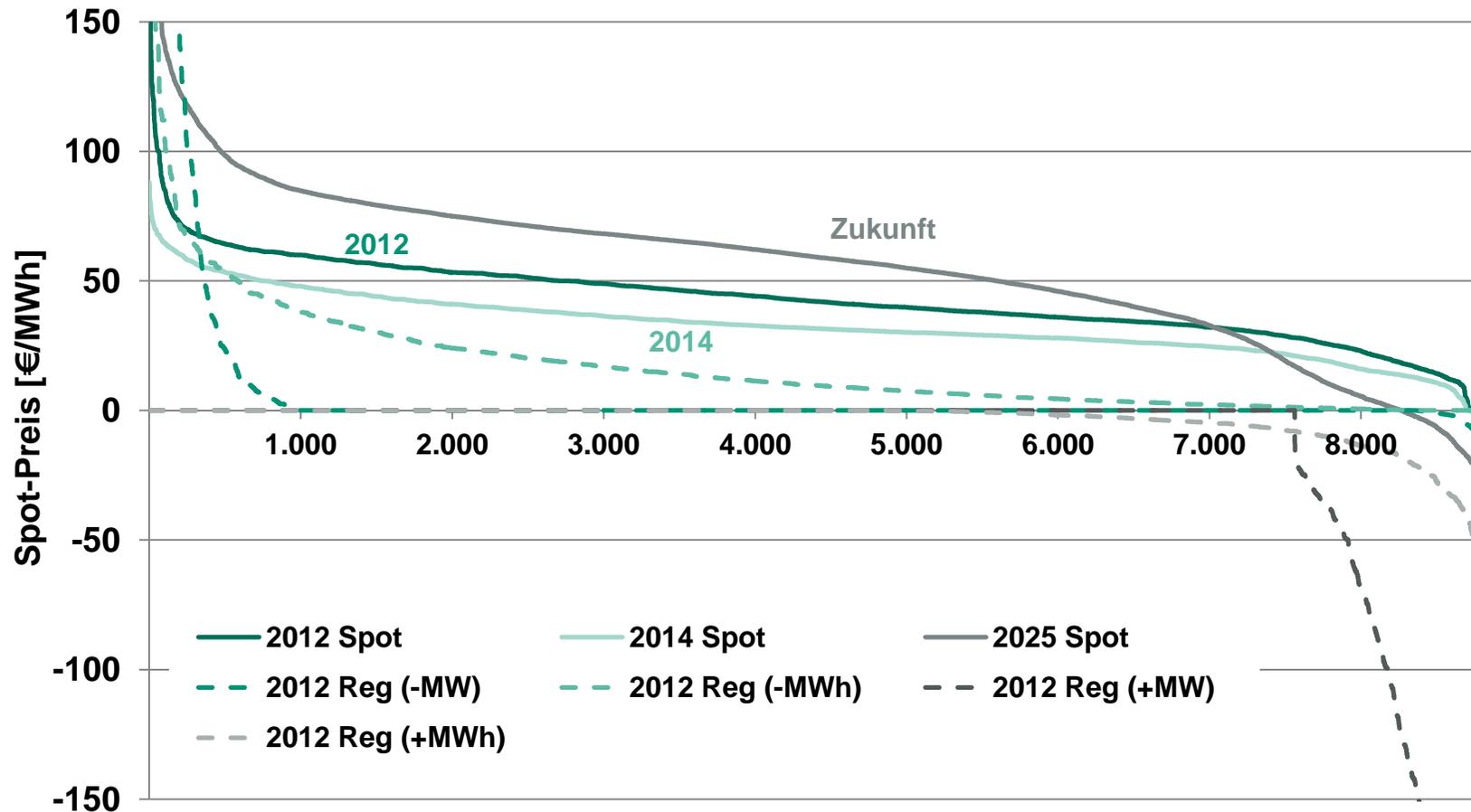
Fraunhofer IFAM

Energiesystemanalyse

[christine.brandstaett@ifam.fraunhofer.de](mailto:christine.brandstaett@ifam.fraunhofer.de)

+49 (0) 421 2246 – 7027

# Backup: Strompreis-Szenarien



- extremere Preise in den Zukunftsszenarien
- deutlichere Preisausschläge im Regelenergiemarkt