

# Effekte von Power-to-Heat-Anlagen auf EE-Abregelung und Must-run-Erzeugung

Strommarktgruppentreffen – Berlin – 02.10.2015

Diana Böttger

Professur für Energiemanagement und Nachhaltigkeit  
Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement - IIRM  
Universität Leipzig



# Agenda

---

- **Motivation**
- **Modellbeschreibung und betrachtete Szenarien**
- **Effekte von Power-to-Heat**
  - **Must-run-Erzeugung**
  - **Marktbedingte Abregelung von erneuerbaren Energien**
- **Fazit und Ausblick**
- **Diskussion**



# Agenda

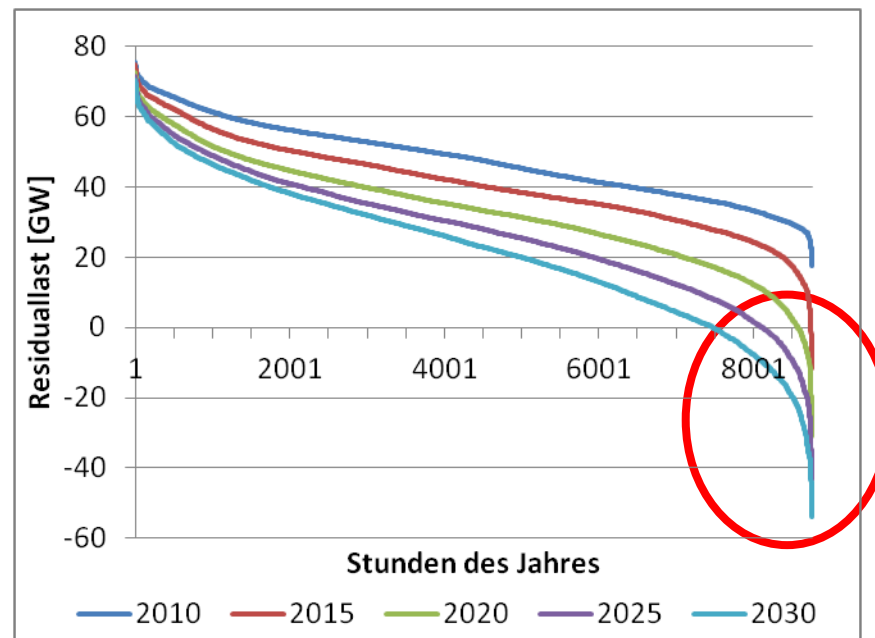
---

- **Motivation**
- **Modellbeschreibung und betrachtete Szenarien**
- **Effekte von Power-to-Heat**
  - **Must-run-Erzeugung**
  - **Marktbedingte Abregelung von erneuerbaren Energien**
- **Fazit und Ausblick**
- **Diskussion**

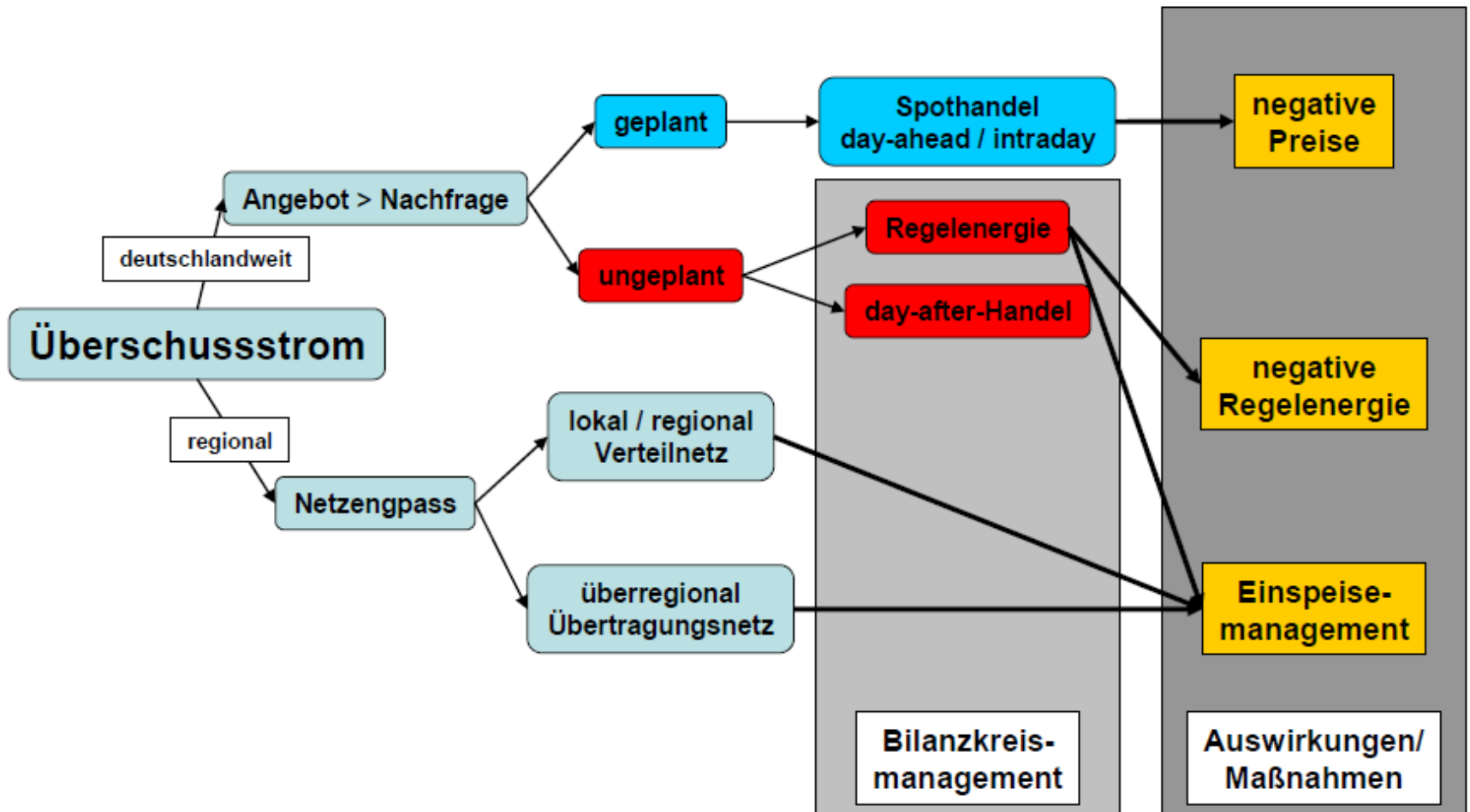


# Zukünftig zunehmender Flexibilitätsbedarf

- ▶ Ausbau erneuerbarer Energien u.a. in Deutschland
- ▶ Insbesondere hoher Anteil fluktuierender Energieträger (Windkraft, Photovoltaik)
- ▶ Zukünftig **steigende Anzahl von Zeiträumen mit Stromangebotsüberschüssen** aus fluktuierenden erneuerbaren Energien



# Definition von Überschussstrom

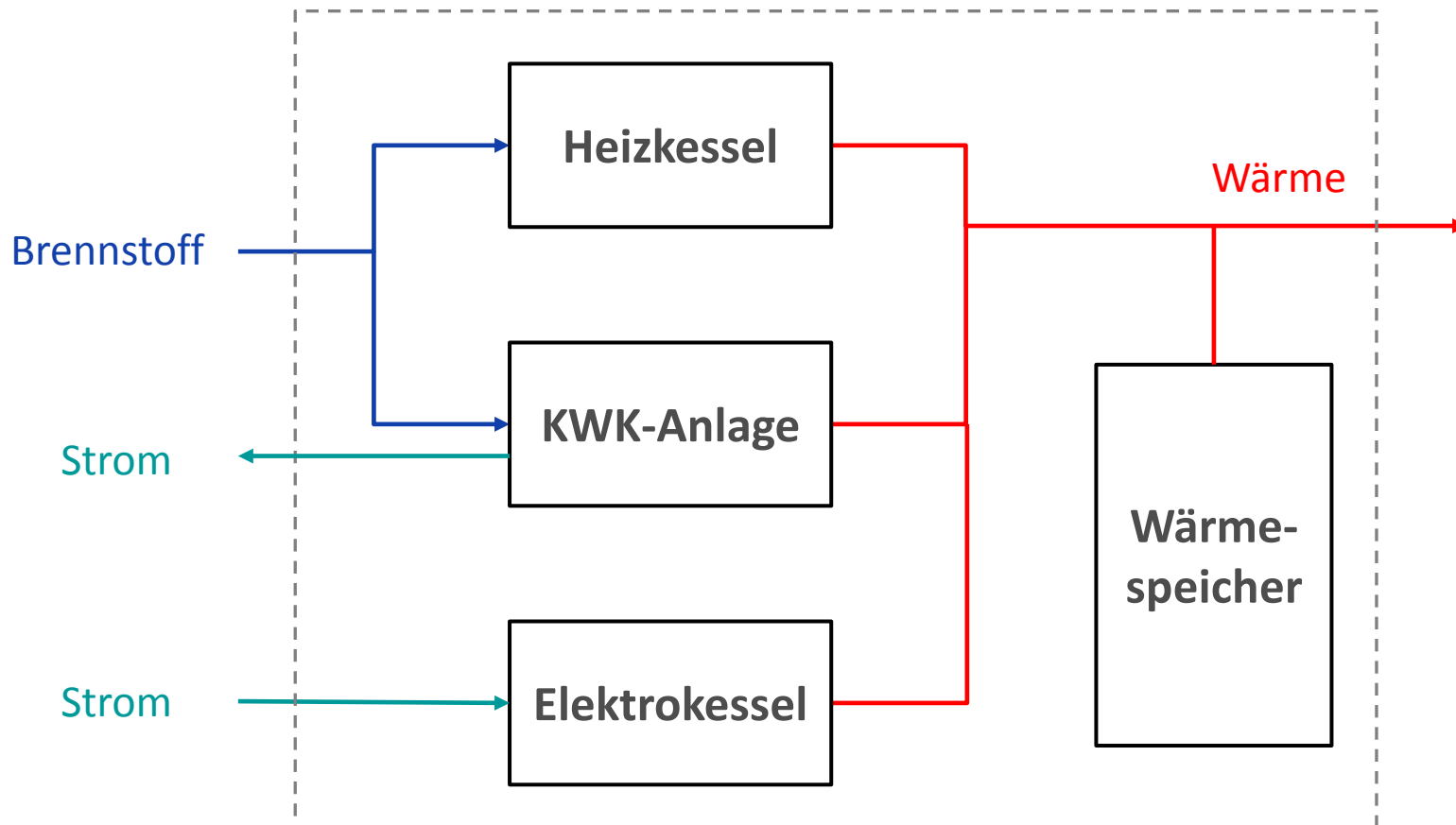


Quelle: AGFW 2014



# Fernwärmeversorgung inkl. Elektrokessel

- Im Modell mit realen Systemen (Berlin, Chemnitz, Dresden, Halle, Leipzig)



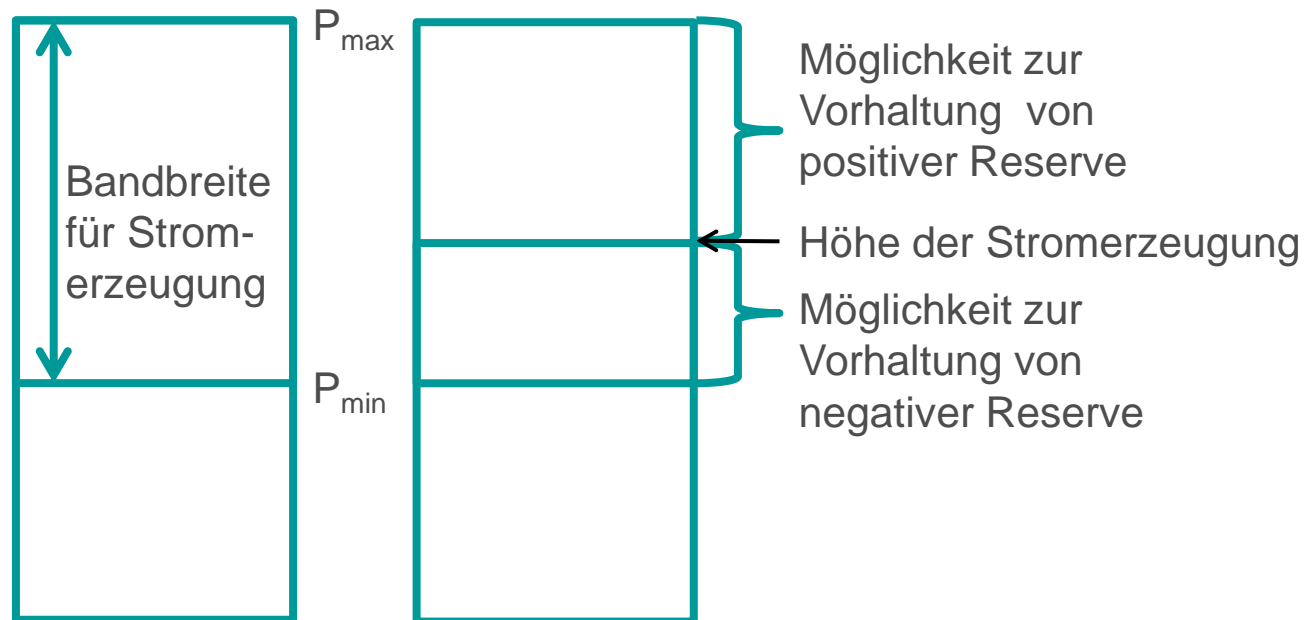
# Einfluss der Mindestleistung bei Reservevorhaltung

- ▶ Kraftwerke, die Regelleistung vorhalten, müssen auch bei niedriger Stromnachfrage am Netz bleiben
- ▶ Für negative SRL wegen Mindestleistung hohe Must-run-Stromerzeugung

## Beispiel:

$P_{\max} = 500 \text{ MW}$ ,  $P_{\min} = 200 \text{ MW}$  (40 %)

→ Für 50 MW negative Reserve  $200 + 50 = 250 \text{ MW}$  als Must-Run am Spotmarkt



# Agenda

---

- Motivation
- **Modellbeschreibung und betrachtete Szenarien**
- Effekte von Power-to-Heat
  - Must-run-Erzeugung
  - Marktbedingte Abregelung von erneuerbaren Energien
- Fazit und Ausblick
- Diskussion





# Szenarien

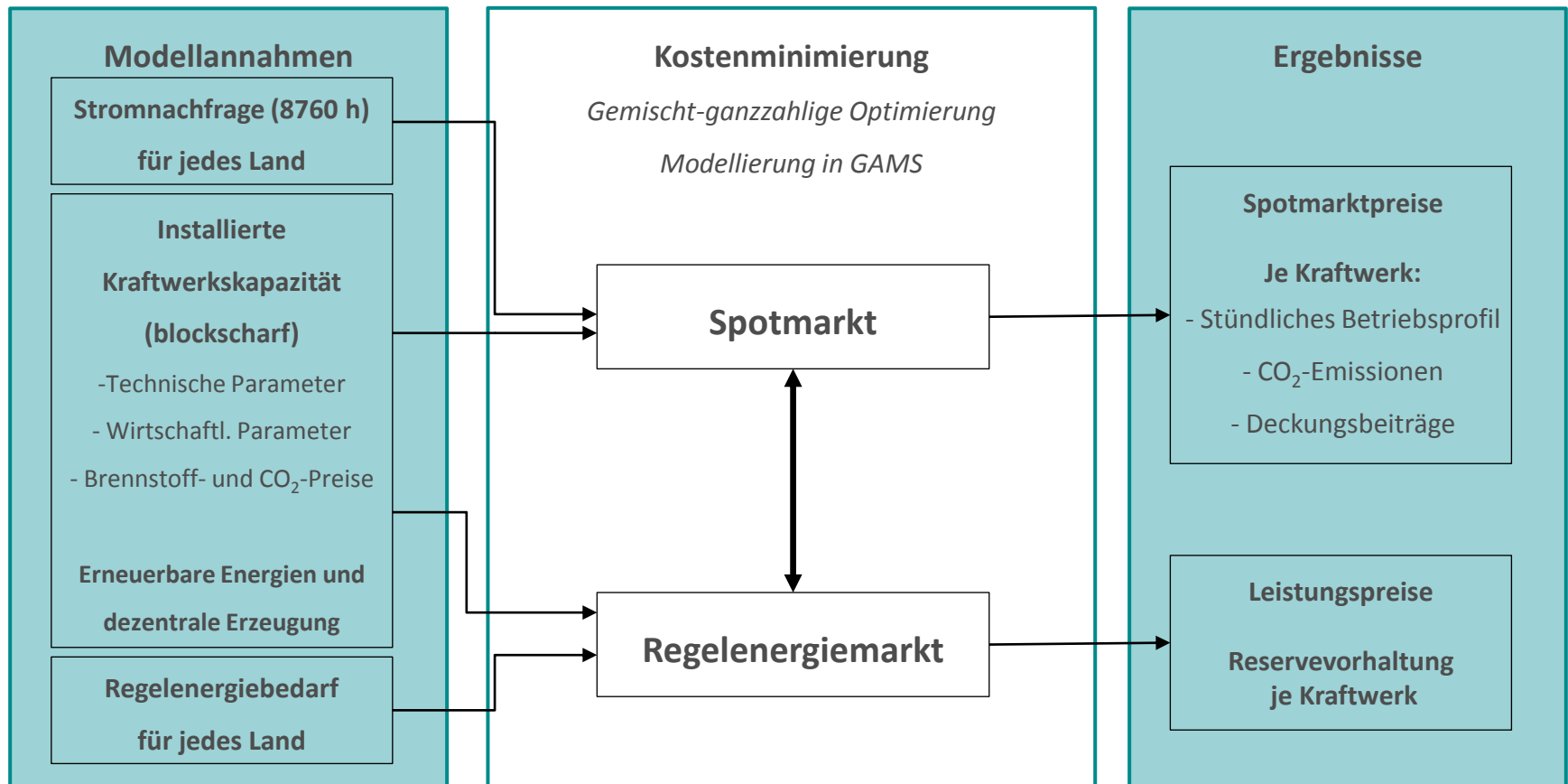
- ▶ Betrachtung zukünftiger Jahre (2020-2035)
  - Orientiert am Netzentwicklungsplan 2015
  - Im Folgenden beispielhaft für einen Tag des Jahres 2020 (1. Januar)
- ▶ Annahme: In Fernwärmenetzen stehen **1.000 MW<sub>el</sub> an Elektrokesseln (Power-to-Heat/ P2H-Anlagen)** zur Verfügung (+ Wärmespeicher)
  - Arbeitspreis für P2H: 0 oder 100 Euro/MWh (2 Varianten)

Teilnahme an verschiedenen Märkten		Regelleistungsmarkt (nur negative Sekundärreserve)	
		Nein	Ja
Spotmarkt	Nein	Referenz (ohne P2H)	„R“
	Ja	„S“	„R+S“



# Strommarktmodell „MICOES Europe“

- ▶ MICOES = **M**ixed **I**nteger **C**ost **O**ptimization of **E**nergy **S**ystems
- ▶ MICOES **minimiert** deterministisch die **volkswirtschaftlichen Gesamtkosten**



# Berechnung Must-run-Erzeugung (KWK und Regelleistung)

- ▶ **Ziel:** Quantifizierung, welche Kraftwerksleistung für Wärmeerzeugung (KWK) und Regelleistung (RL) am Netz bleiben muss („Must-run“)

- ▶ **Für Wärmeerzeugung von KWK-Anlagen:**

- Kondensationskraftwerk = 0
- KWK =  $P - RL_{neg}$

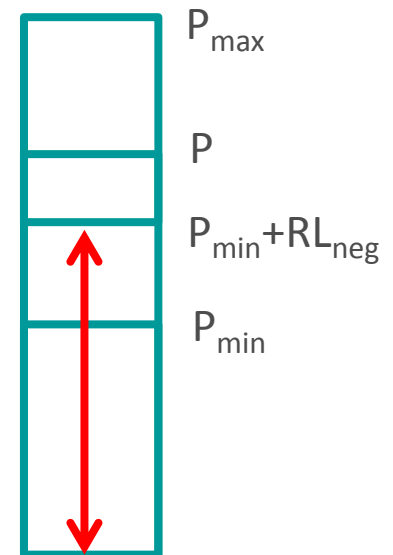
- ▶ **Für Regelleistung:**

- Kondensationskraftwerk =  $P_{min} + RL_{neg}$
- KWK =  $RL_{neg}$

- ▶ Must-run aus Berücksichtigung von **Mindestbetriebszeiten**  
hier nicht mitgezählt

- ▶ Problematik: Eindeutigkeit der RL-Verteilung bei KW-Einsatz

(2. Optimierung: „Minimiere Must-run-Erzeugung bei ggb. Dispatch“)



# Agenda

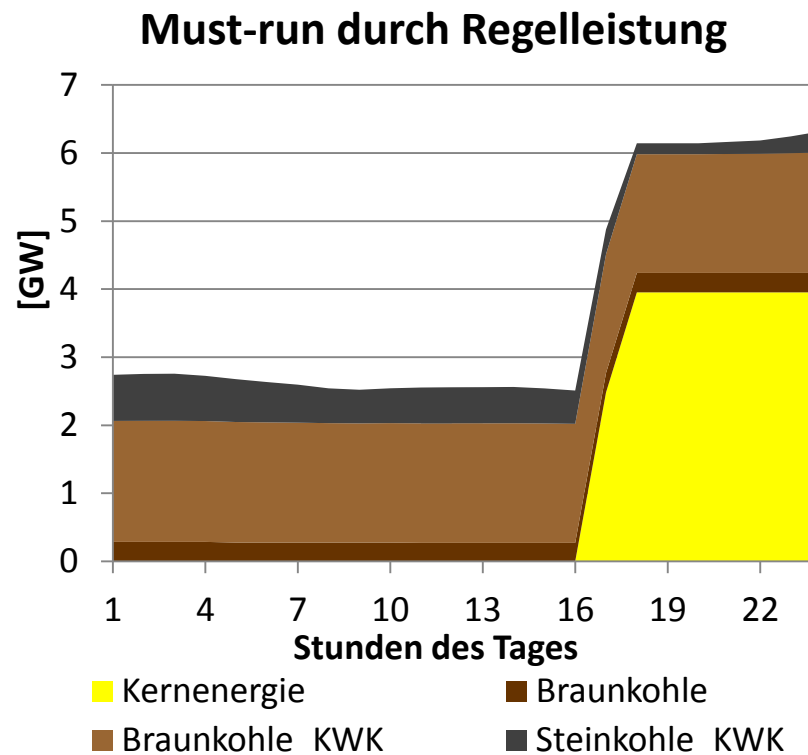
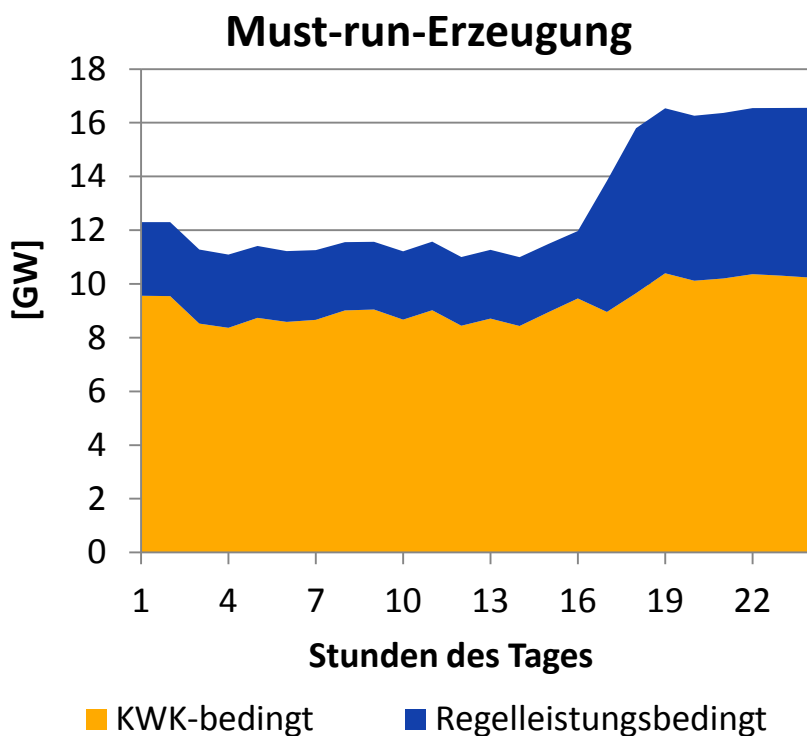
---

- Motivation
- Modellbeschreibung und betrachtete Szenarien
- **Effekte von Power-to-Heat**
  - **Must-run-Erzeugung**
  - **Marktbedingte Abregelung von erneuerbaren Energien**
- Fazit und Ausblick
- Diskussion



# Must-run-Erzeugung - Ohne P2H

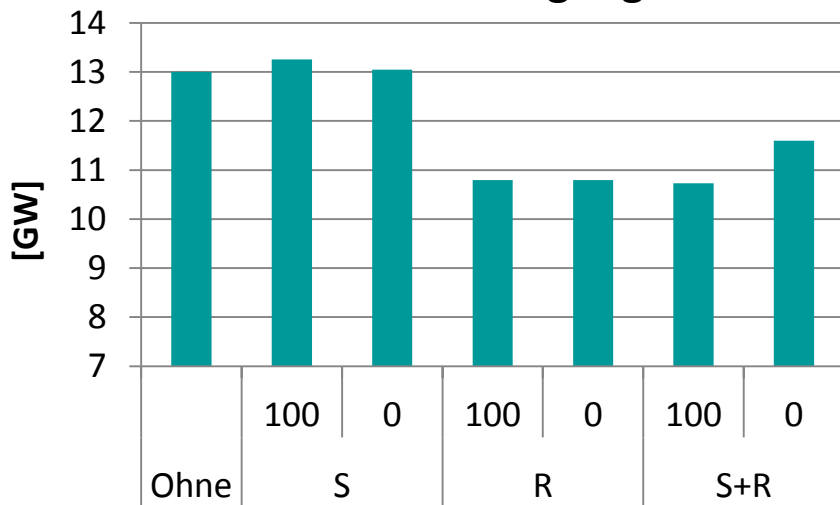
- ▶ Am Beispieltag sind ca. 9 GW an KWK-Anlagen am Netz um Wärmebedarf zu decken
- ▶ Für Regelleistung weitere ca. 3,5 GW Must-run-Erzeugung (Vorhaltung hier zu 86 % durch KWK-Anlagen)



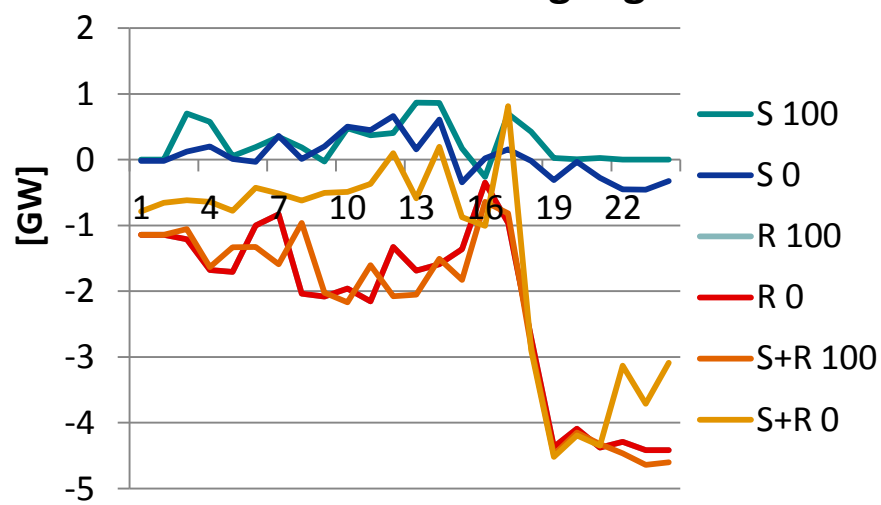
# Must-run-Erzeugung - Mit P2H

- ▶ Nur Spotmarkt: minimale Änderung (KWK)
- ▶ Nur negative SRL: **Reduktion um im Mittel 2,2 GW** (bis zu 4,4 GW im Maximum)
- ▶ Beide Märkte:
  - AP = 100: eher SRL-Vorhaltung → Reduktion ebenfalls um im Mittel 2,3 GW
  - AP = 0: auf beiden Märkten aktiv: im Mittel 1,4 GW

**Durchschnittliche Must-run-Erzeugung**



**Stündliche Senkung der Must-run-Erzeugung**



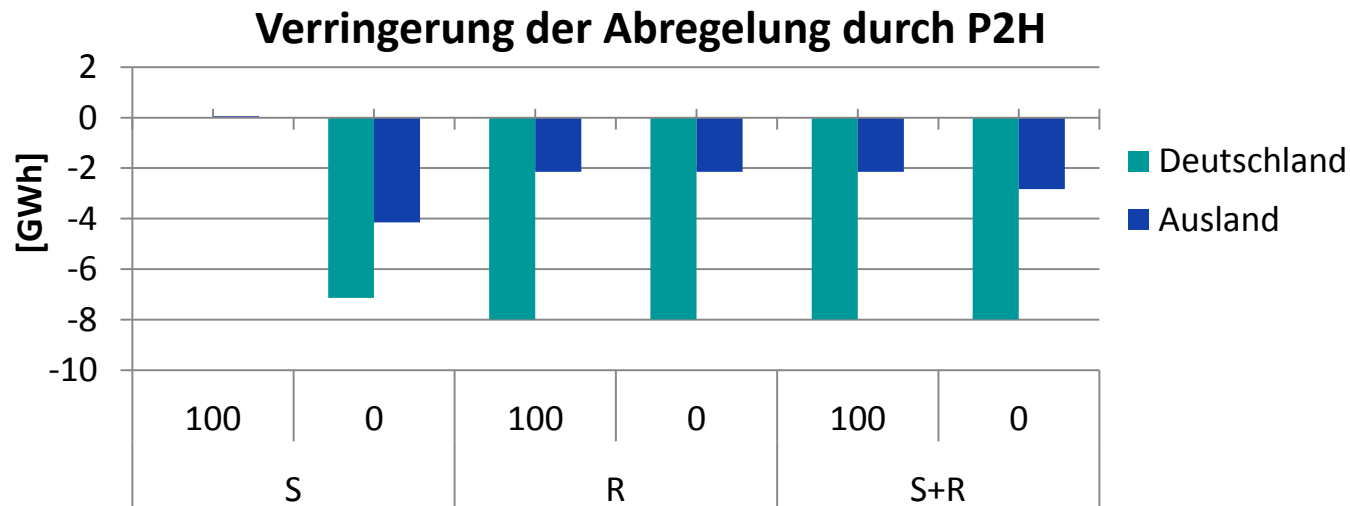
# Marktbedingte Abregelung von EE

## ► Ohne P2H

- Deutschland: 31,3 GWh Abregelung (2,7 % der EE-Erzeugung)
- Ausland: 84,1 GWh (4,2 % der EE-Erzeugung)

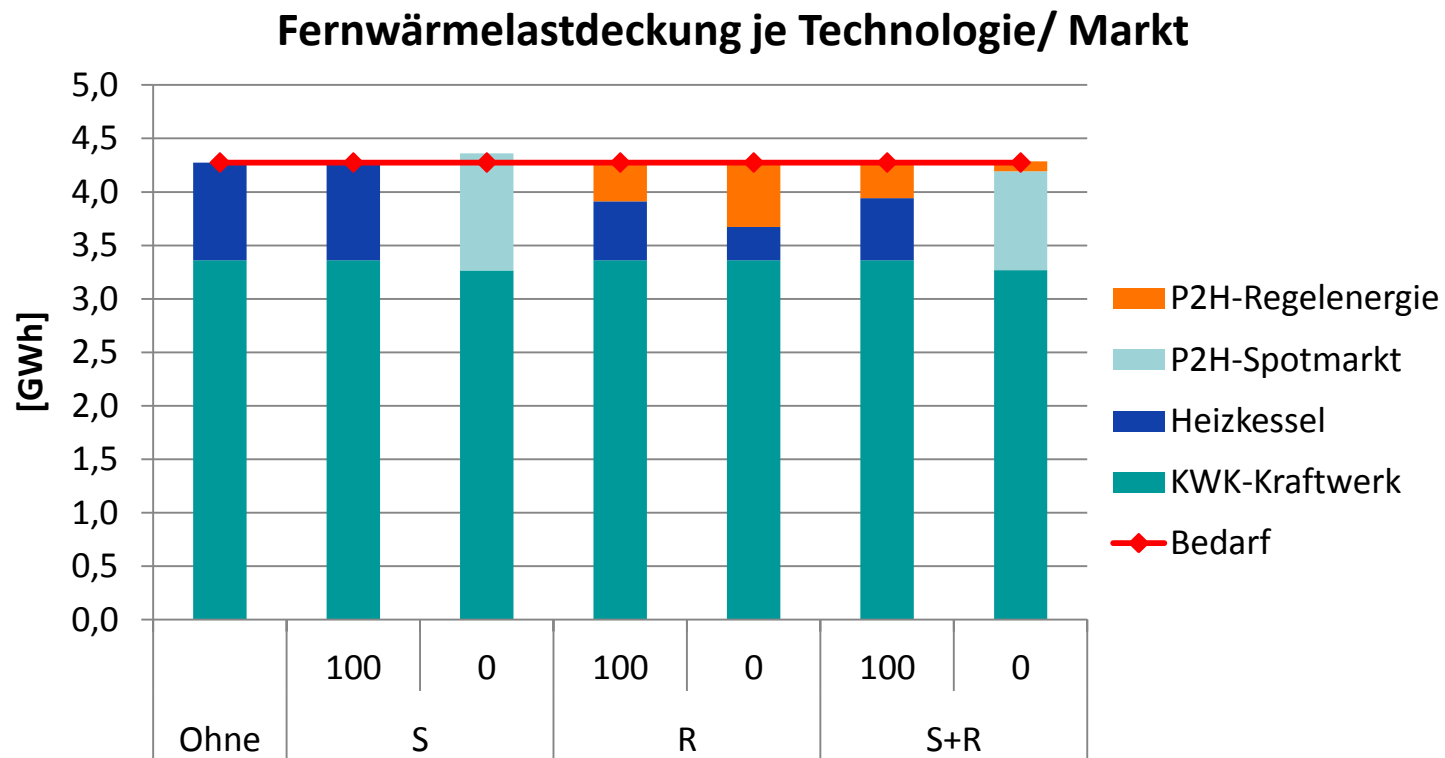
## ► Mit P2H

- In Deutschland können **bis zu 8 GWh mehr EE** integriert werden (höchste Werte in Szenarien mit SRL Vorhaltung)
- Im **Ausland bis zu 4 GWh** mehr EE nutzbar
- Über alle Länder maximal 11,3 GWh (Szenario „S 0“)



# Beispiel Fernwärmeversorgung Chemnitz

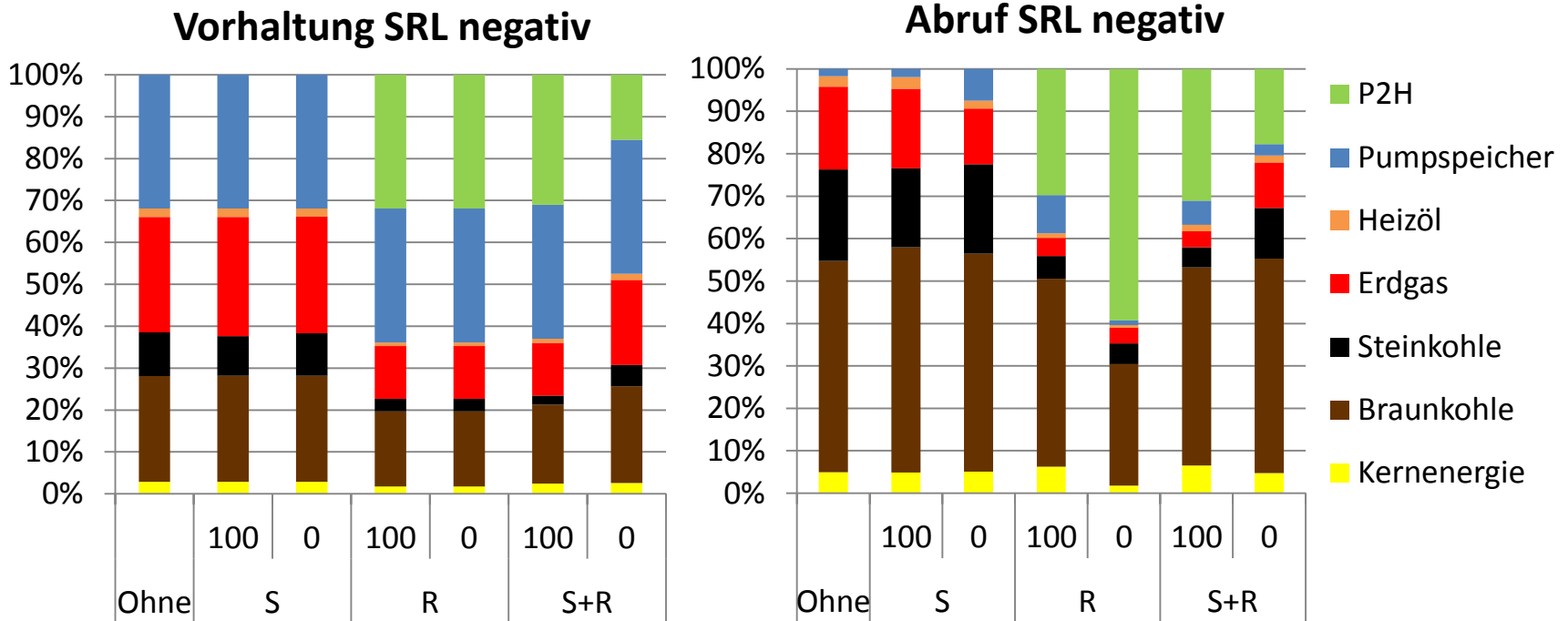
- ▶ „S 0“: Durch Speicherverluste liegt Wärmeerzeugung etwas über dem ursprünglichen Bedarf (2 %)
- ▶ Bei geringem Arbeitspreis substituiert P2H sowohl Heizkessel (Erdgas) als auch KWK (Braunkohle)





# Vorhaltung von negativer SRL

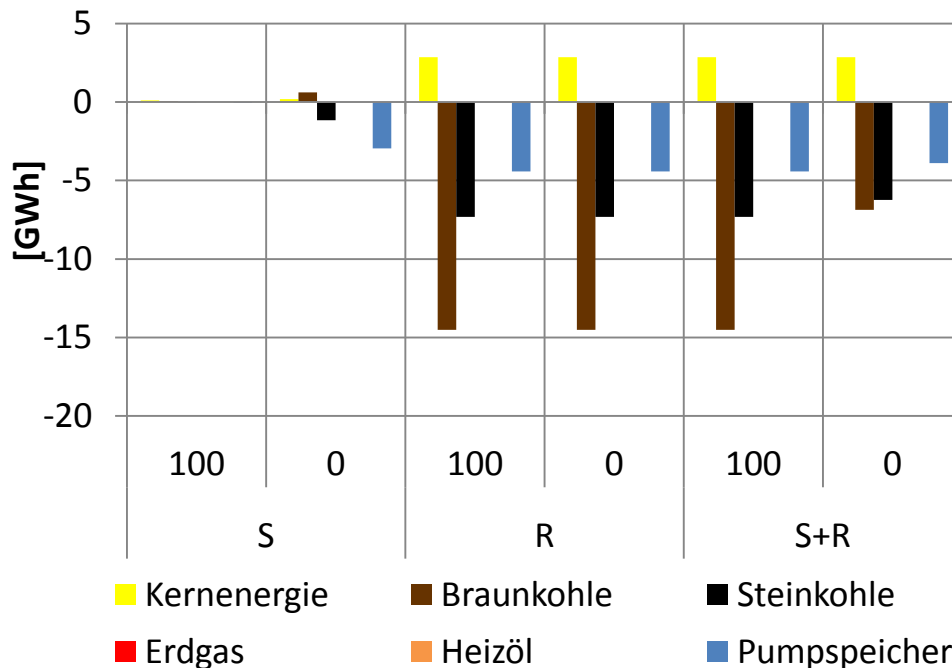
- ▶ P2H verdrängt insbesondere Kohle- und Gaskraftwerke bei Vorhaltung
- ▶ Bei Abruf auch Verdrängung von Kohle- und Gaskraftwerken
- ▶ Bei geringem Arbeitspreis häufiger Abruf von P2H  
(bis zu 60 % des Abrufs mit rund 30 % Anteil an Vorhaltung)



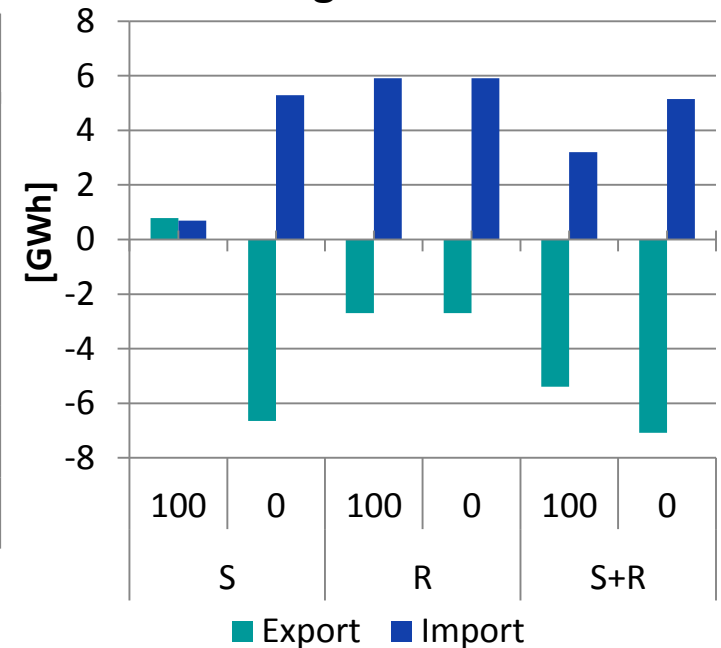
# Stromerzeugung Deutschland

- ▶ Exporte sinken, Importe steigen (bis auf Szenario „S 100“)
- ▶ Erzeugung insbesondere von Kohlekraftwerken sinkt
- ▶ Auch reduzierter Einsatz von Pumpspeicherkraftwerken
- ▶ Erhöhung des Kernenergieeinsatzes

## Änderung der Stromerzeugung in DE

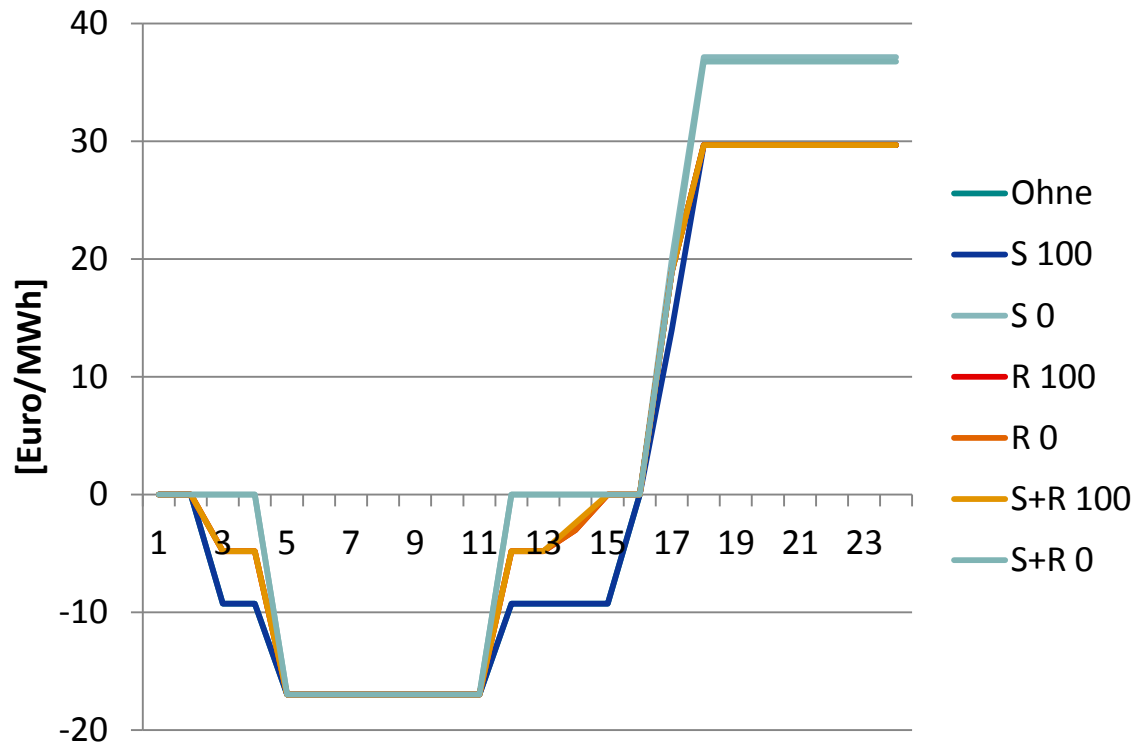


## Änderung Außenhandel DE



# Spotmarktpreise in Deutschland

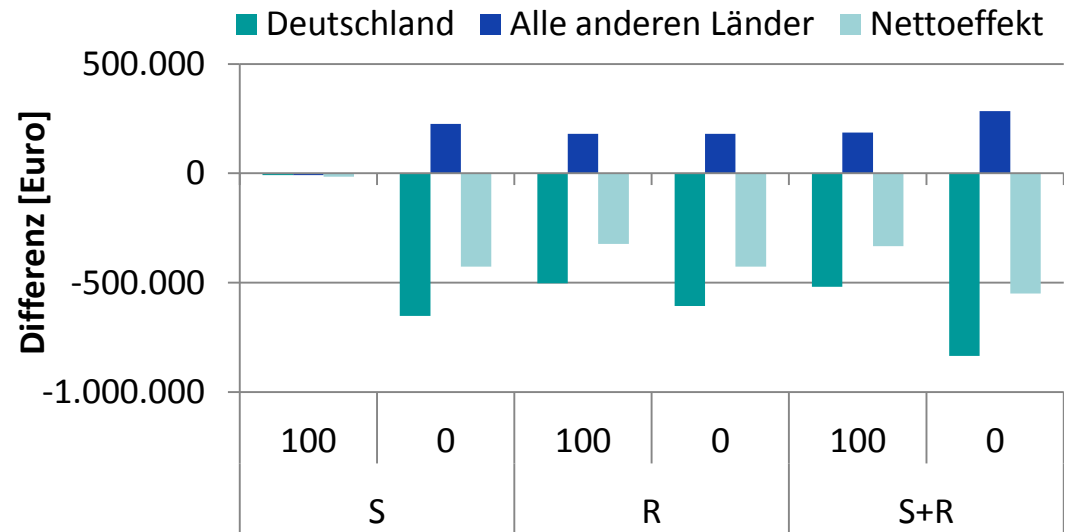
- ▶ Keine Veränderung bei „S 100“ (kein P2H Einsatz wirtschaftlich)
- ▶ In anderen Szenarien leichte Anhebung (insbesondere bei negativen Preisen)
- ▶ „S+R 0“: höchster Anstieg



# Auswirkungen auf Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen

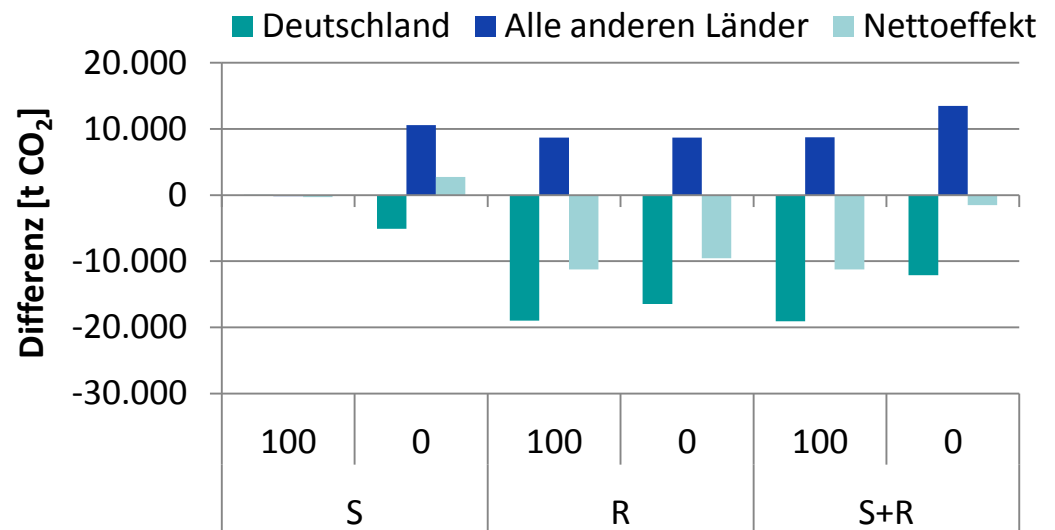
## Kosten:

- Kosteneinsparungen in Deutschland
- Kostensteigerung im Ausland
- Nettoeffekt in Szenarien mit geringem Arbeitspreis am größten



## CO<sub>2</sub>-Emissionen:

- „S 100“: Nur geringer Effekt durch Wärmespeicher
- Sinkende CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland, steigende CO<sub>2</sub>-Emissionen im Ausland
- Nettoeffekt aber in fast allen Szenarien: Einsparung möglich (bis zu 1,2 % der Emissionen des Tages)



# Agenda

---

- **Motivation**
- **Modellbeschreibung und betrachtete Szenarien**
- **Effekte von Power-to-Heat**
  - **Must-run-Erzeugung**
  - **Marktbedingte Abregelung von erneuerbaren Energien**
- **Fazit und Ausblick**
- **Diskussion**



# Fazit und Ausblick

---

## Positive Effekte von Elektrokesseln auf Strom- und Fernwärmeversorgung

- ▶ Reduktion der Must-run-Erzeugung möglich (durch Vorhaltung von Regelleistung)
- ▶ Verbesserte Integration von erneuerbaren Energien möglich
- ▶ Einsparung bei fossilen Energieträgern
- ▶ Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

## Ausblick

- ▶ Berechnungen für komplettes Jahr 2020 sowie weitere Jahre bis 2035



# Agenda

---

- Motivation
- Modellbeschreibung und betrachtete Szenarien
- Effekte von Power-to-Heat
  - Must-run-Erzeugung
  - Marktbedingte Abregelung von erneuerbaren Energien
- Fazit und Ausblick
- **Diskussion**



# Kontakt

**Dipl.-Wirtsch.-Math. Diana Böttger**

Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät

Universität Leipzig

Grimmaische Str. 12

D-04109 Leipzig

Tel.: 0341/97 33518

[diana.boettger@wifa.uni-leipzig.de](mailto:diana.boettger@wifa.uni-leipzig.de)

[www.wifa.uni-leipzig.de/iirm](http://www.wifa.uni-leipzig.de/iirm)



Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
in der Grimmaischen Straße

