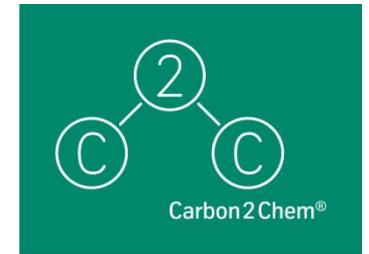
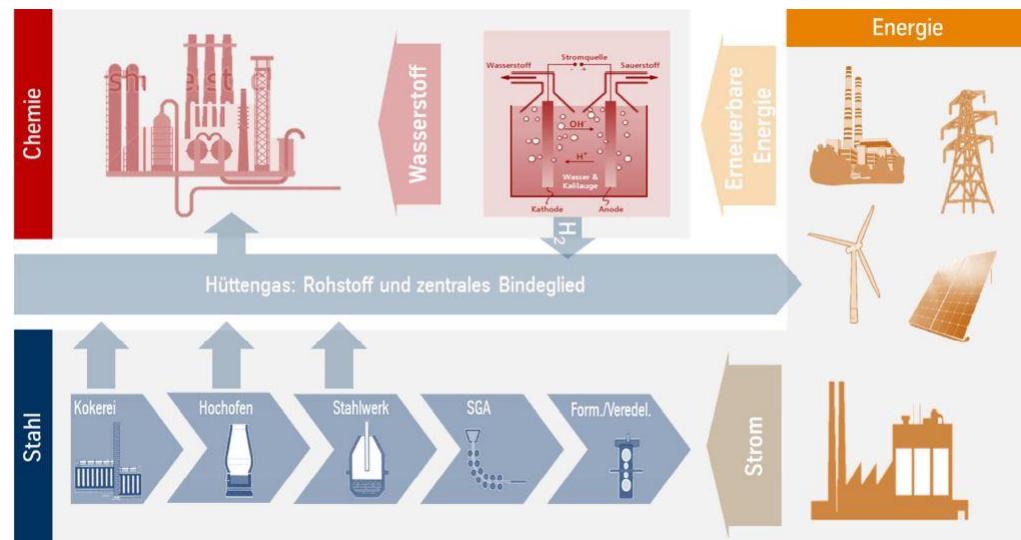


# Betriebsoptimierung eines Produktionsverbundes aus Stahl- und Chemieproduktion

Mathias van Beek



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Stahlindustrie sucht Reduktionsmöglichkeiten für Emissionen

## Kuppelgase im Stahlwerk

### Gichtgas

- Reduktion von Eisenoxid im Hochofen
- N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>

### Koksgas

- Verkokung von Kohle
- H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO

### Konvertergas

- Frischen von Roheisen im Konverter
- CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>

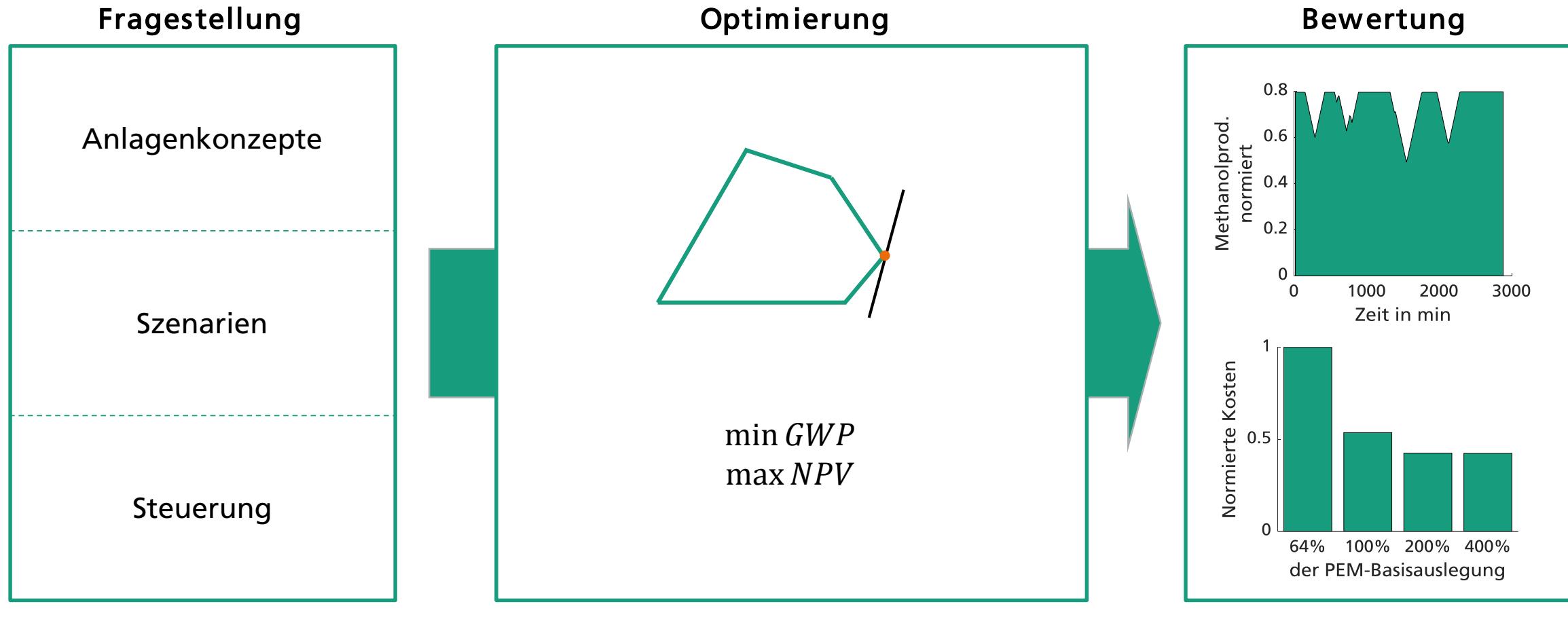
## Lösungsansatz



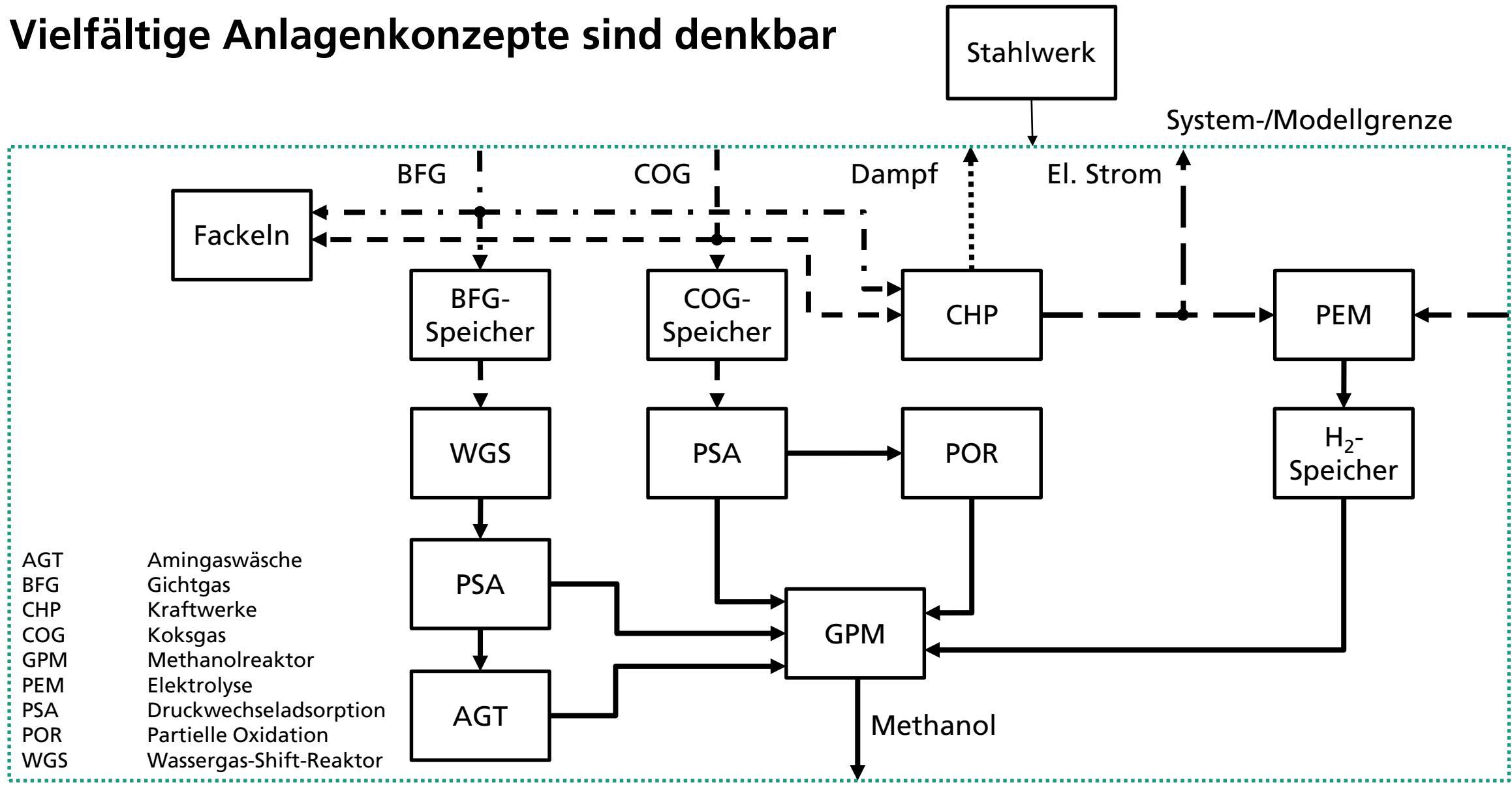
## Optionen

- a. Direktreduktion von Eisenoxid
- b. Stoffliche Nutzung der Kuppelgase in Chemiesynthese

# Optimierung findet Anlagen- und Steuerungskonzepte



# Vielfältige Anlagenkonzepte sind denkbar



# Optimierung muss dynamische Randbedingungen berücksichtigen

## Methanolsynthese

Trägheit des  
Gaskompressors



## Randbedingungen des Modells

$$-\Delta \dot{m}_{ein,max} \leq \dot{m}_{ein,t+1} - \dot{m}_{ein,t} \leq \Delta \dot{m}_{ein,max}$$

Pumpgrenze  
Gaskompressor



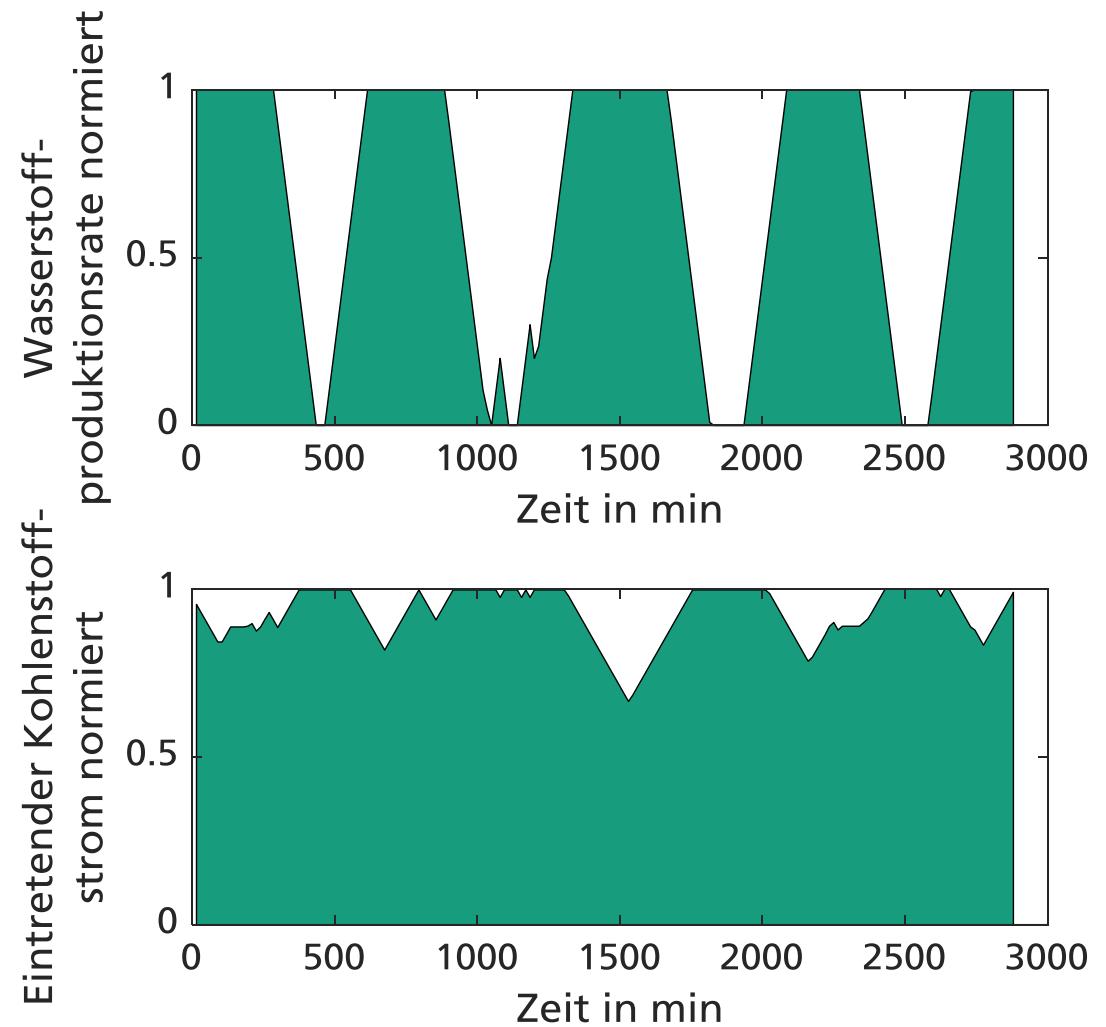
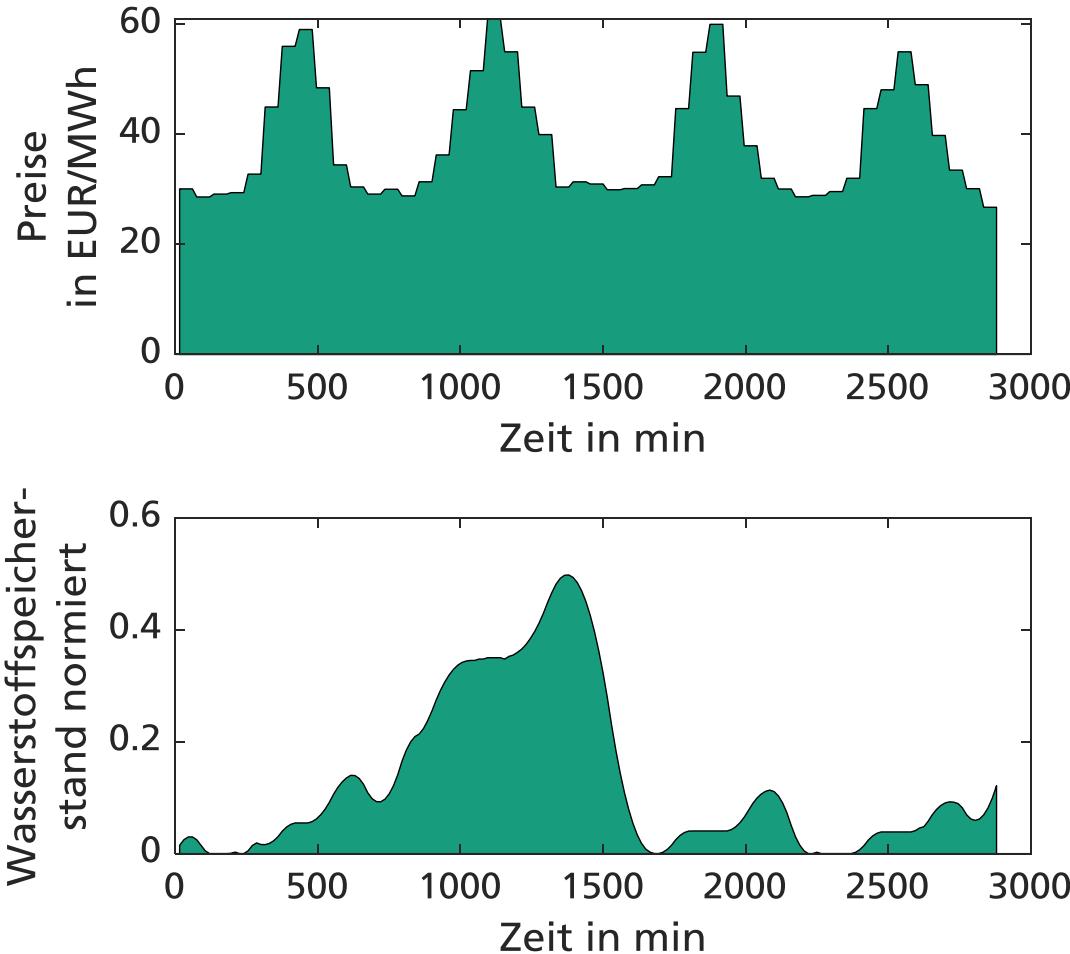
$$\delta_{on} \cdot \dot{m}_{ein,min} \leq \dot{m}_{ein,t} \leq \delta_{on} \cdot \dot{m}_{ein,max}$$

Stöchiometrie

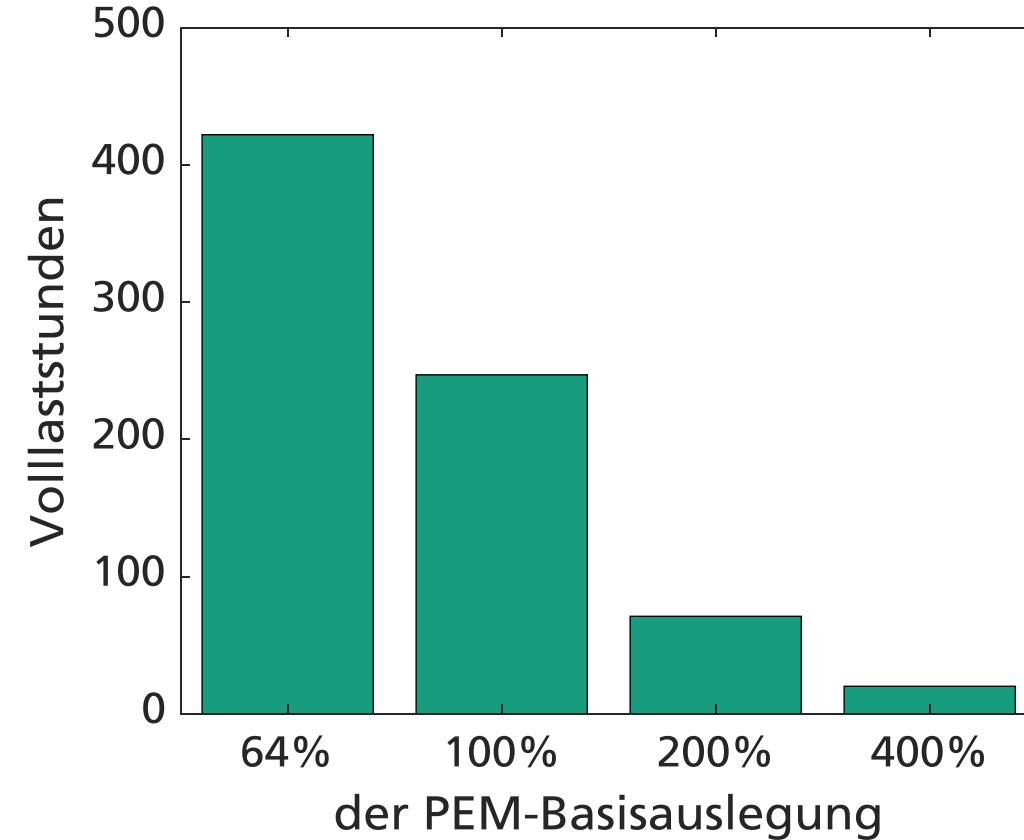
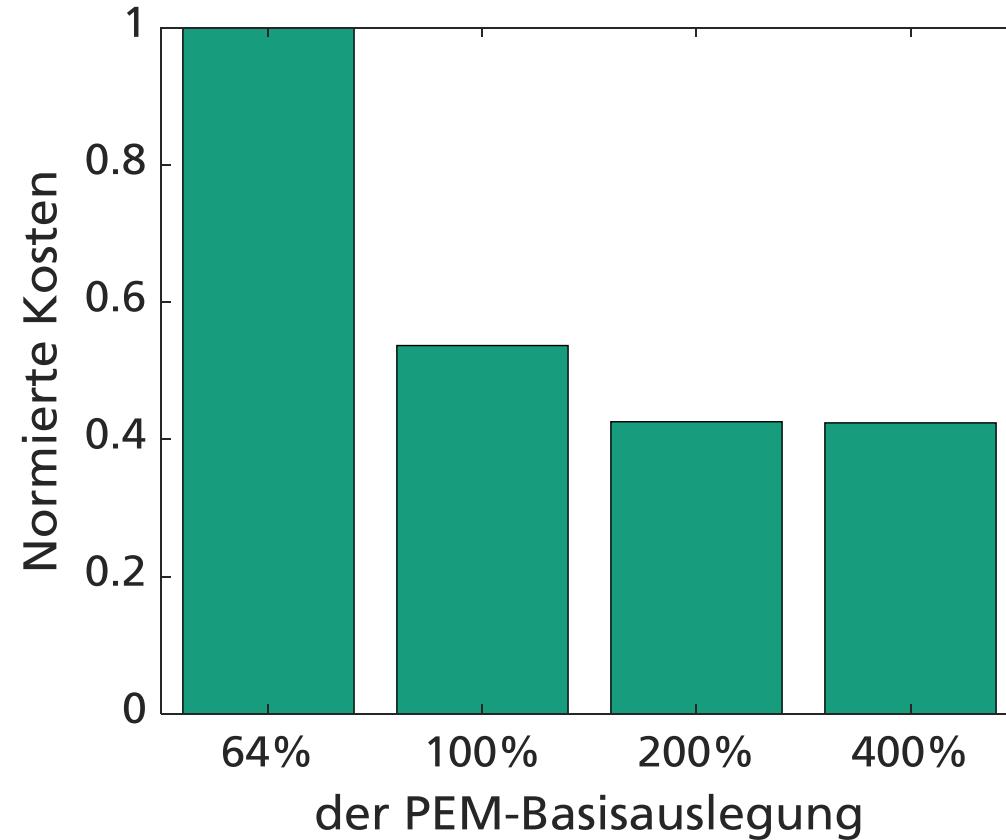


$$\frac{\dot{m}_{ein,H_2,t}}{M_{H_2}} \geq 2,05 \cdot \frac{\dot{m}_{ein,CO,t}}{M_{CO}} + 3,05 \cdot \frac{\dot{m}_{ein,CO_2,t}}{M_{CO_2}}$$

# Produktionsverbünde mit EE-Einbindung erfordern Flexibilität



# Dynamisch abgestimmte Auslegung der Anlagen ist komplex



# Zusammenfassung

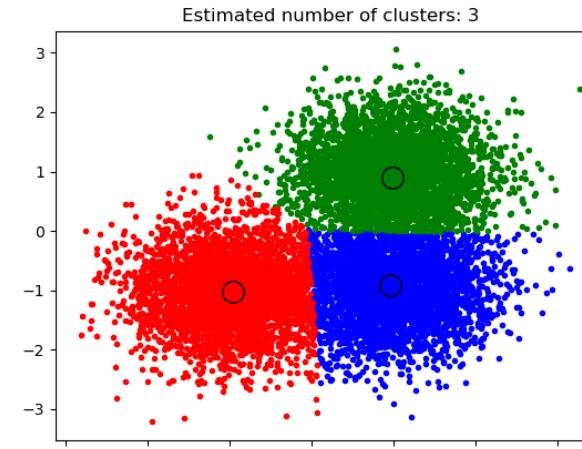
- Kopplung von Stahl- und Chemieproduktion ist eine denkbare Option zur Emissionsreduktion
- Optimierung kann den Vergleich zahlreicher Anlagenkonzepte für relevante Szenarien ermöglichen
- Dynamischer Betrieb der gekoppelten Produktion kann vorteilhaft sein  
→ Investkostenbetrachtung

# Ausblick: Strukturoptimierung unterstützt Investitionsentscheidung

## Modellerweiterung



## Rechenzeitverkürzung



# Fraunhofer UMSICHT

## Abteilung Energiesysteme



© Bernd Röttgers

**Fraunhofer UMSICHT**  
Osterfelder Straße 3  
46047 Oberhausen, Germany

E-Mail: [info@umsicht.fraunhofer.de](mailto:info@umsicht.fraunhofer.de)  
Internet: <http://www.umsicht.fraunhofer.de>

Mathias van Beek, M. Sc.

Abteilung: Energiesysteme

Telefon: +49 208 8598 1523

E-Mail: [mathias.van.beek@umsicht.fraunhofer.de](mailto:mathias.van.beek@umsicht.fraunhofer.de)