

# Energiebereitstellung für die Grundstoffindustrie: eine gesamtsystemische Perspektive

---

**Markus Kaiser**

**Ahmad Itani, Charlotte Senkpiel, Patrick Jürgens, Christoph Kost**

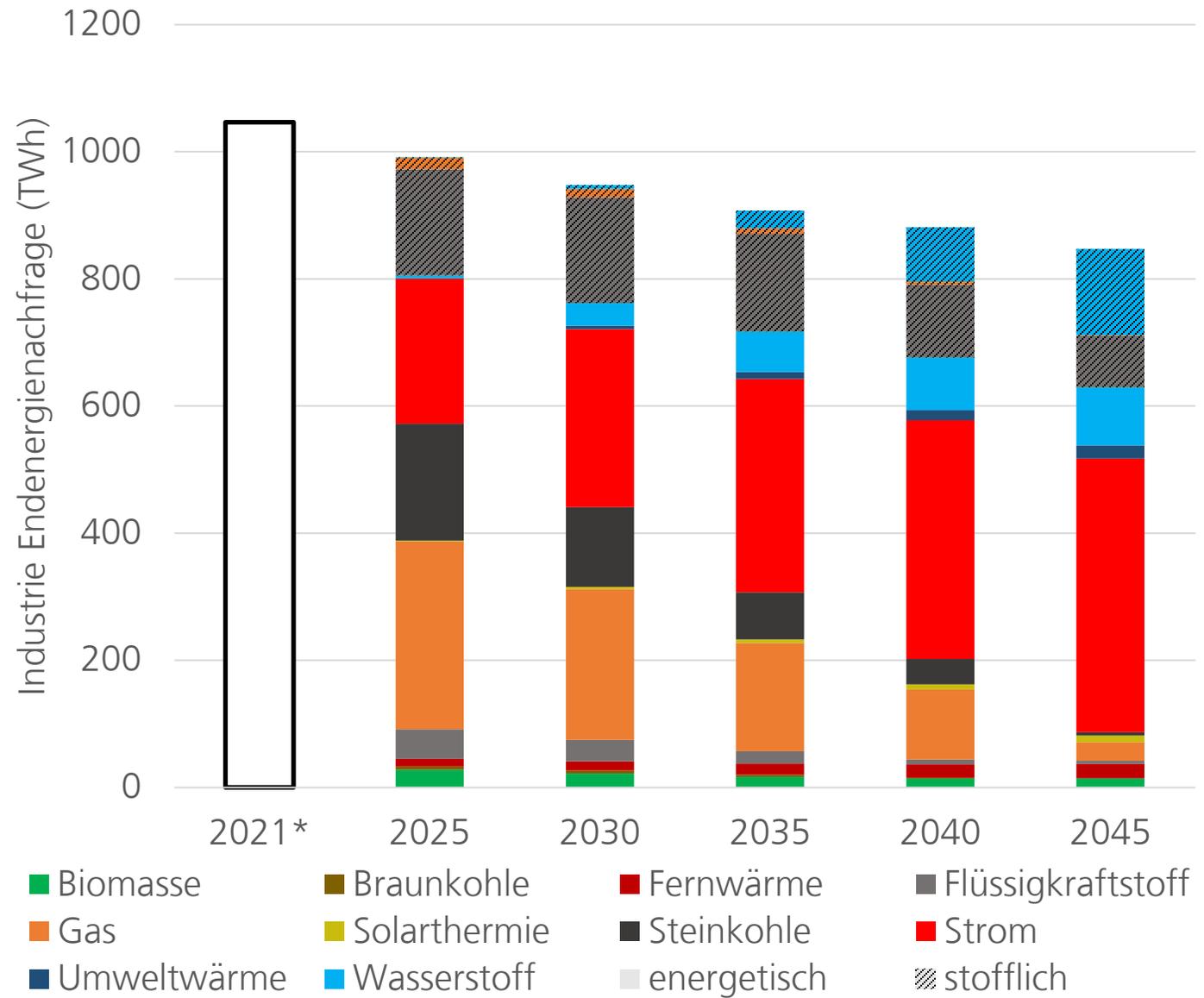
**18. Symposium Energieinnovation**

**Graz, 15. Februar 2024**

**[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)**

# Forschungsfragen

1. Wie können Produktionsrouten industrieller Grundstoffe in einem Gesamtsystemmodell abgebildet werden?
2. Wie gestaltet sich die Transformation von Stahl-, Chemie- und Zementindustrie kostenoptimal aus Gesamtsystemsicht?
3. Welchen Bedarf hat die Grundstoffindustrie für den fEE- und PtX-Ausbau in Deutschland?



# Das Energiesystemmodell REMod

## Methode

### Räumliche Auflösung

- Deutschland als Ein-Knoten-Modell

### Umwandlungs- und Verbrauchssektoren

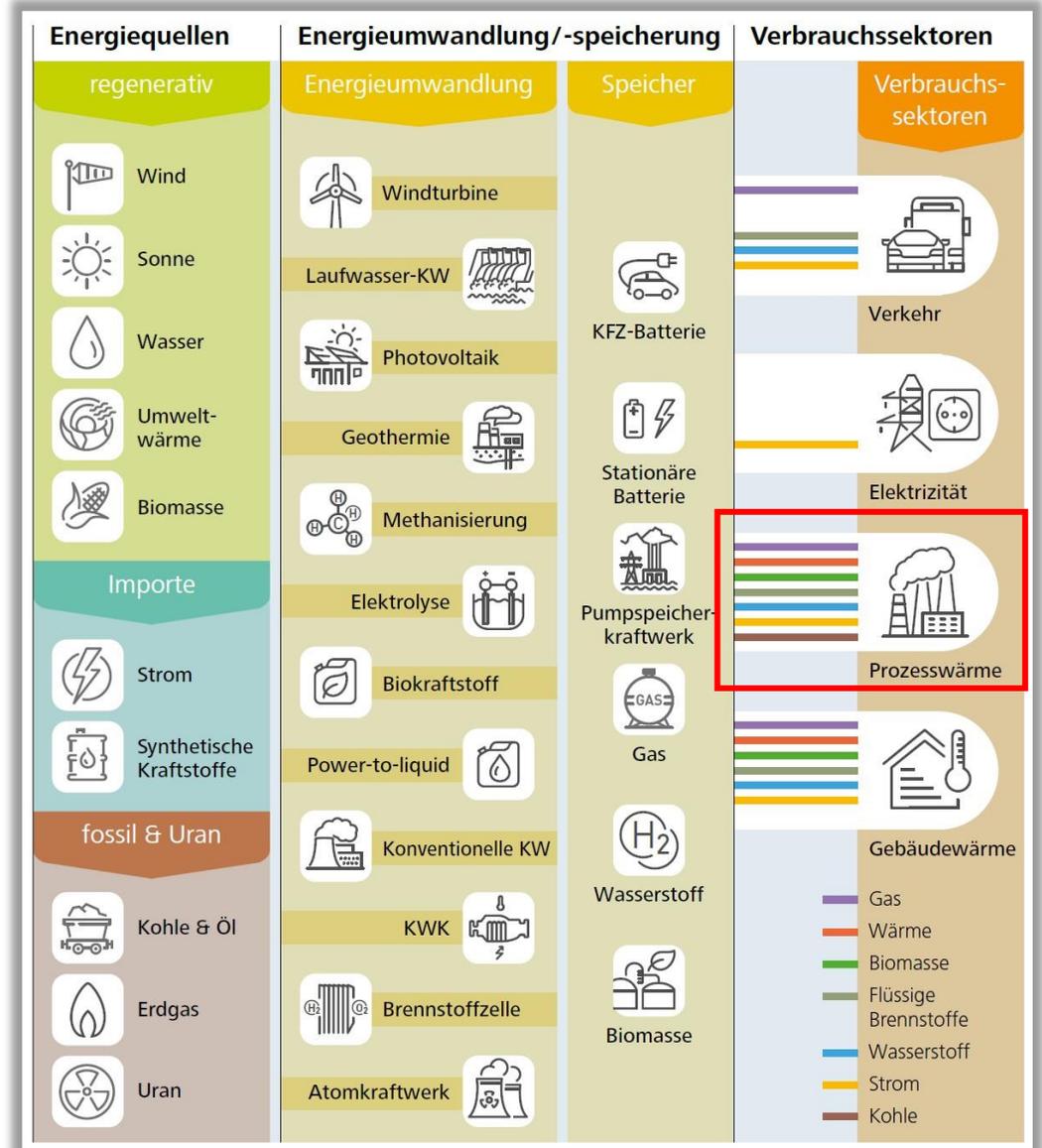
- Einbeziehung aller Verbrauchssektoren und Energieträger
- Mehrere Technologien werden separat optimiert
- Detaillierte Abbildung von Sektorkopplung

### Optimierung

- Minimierung der Transformationskosten
- Jahresscharfe, simulationsbasierte Optimierung

### Simulation

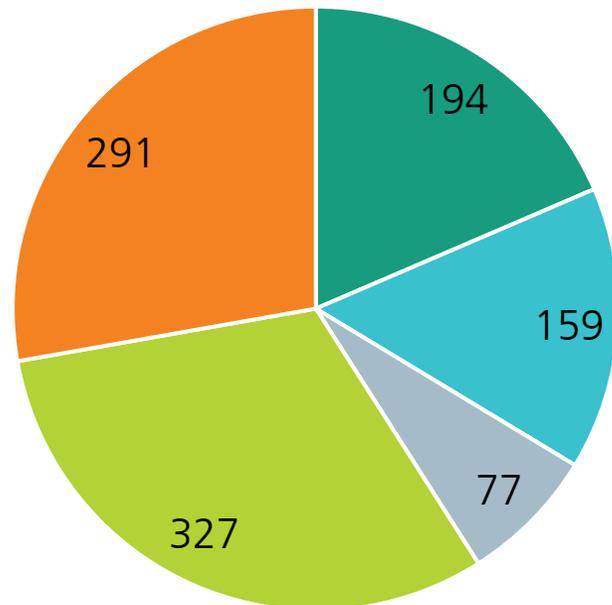
- Stündliche Simulation des Betriebs



# Abbildung von Produktionsrouten in einem Gesamtsystemmodell

## Methode

Endenergie Industrie 2021 (TWh)



- Iron & Steel\*
- Non-metallic minerals
- Feedstock
- Chemical & petrochemical
- Andere

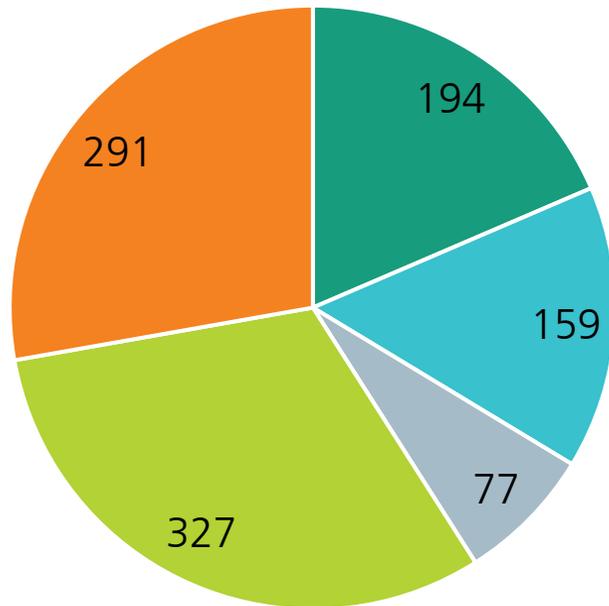
## Motivation

- Erhöhen der technologischen Detailtiefe
- Berücksichtigen branchenspezifischer Randbedingungen
- Endogene Berücksichtigung von Rückkopplungen mit dem System

# Abbildung von Produktionsrouten in einem Gesamtsystemmodell

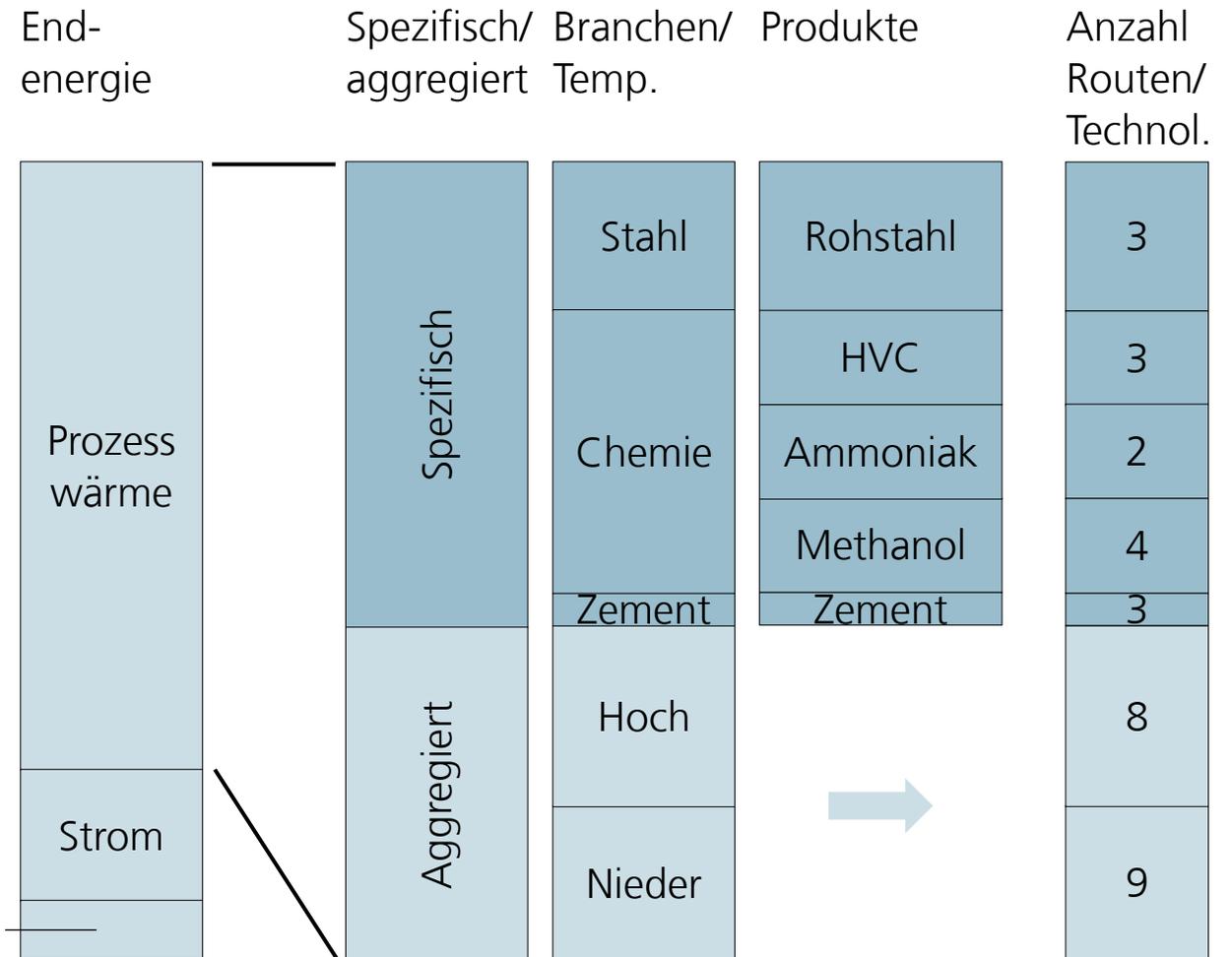
## Methode

Endenergie Industrie 2021 (TWh)



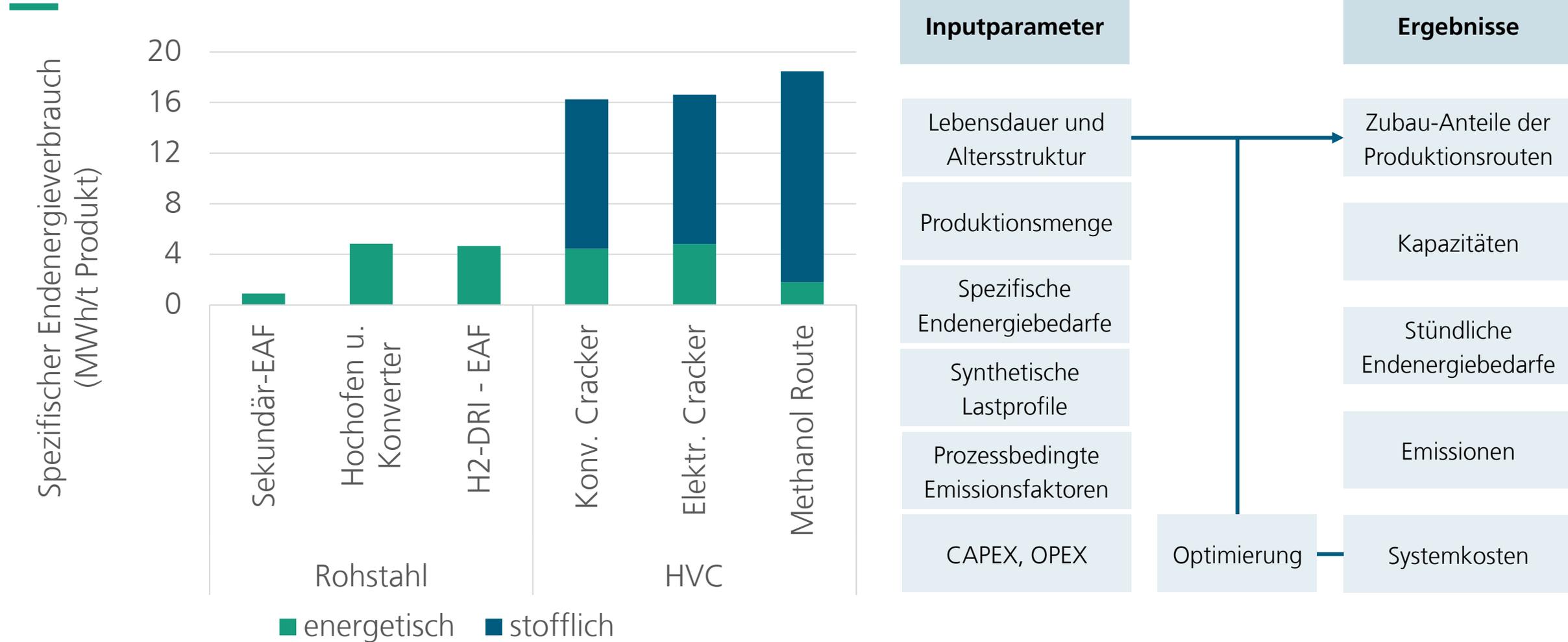
- Iron & Steel\*
- Chemical & petrochemical
- Non-metallic minerals
- Andere
- Feedstock

Raumwärme



# Abbildung von Produktionsrouten in einem Gesamtsystemmodell

## Methode



# Transformation der Grundstoffindustrie

## CO<sub>2</sub>-Reduktion

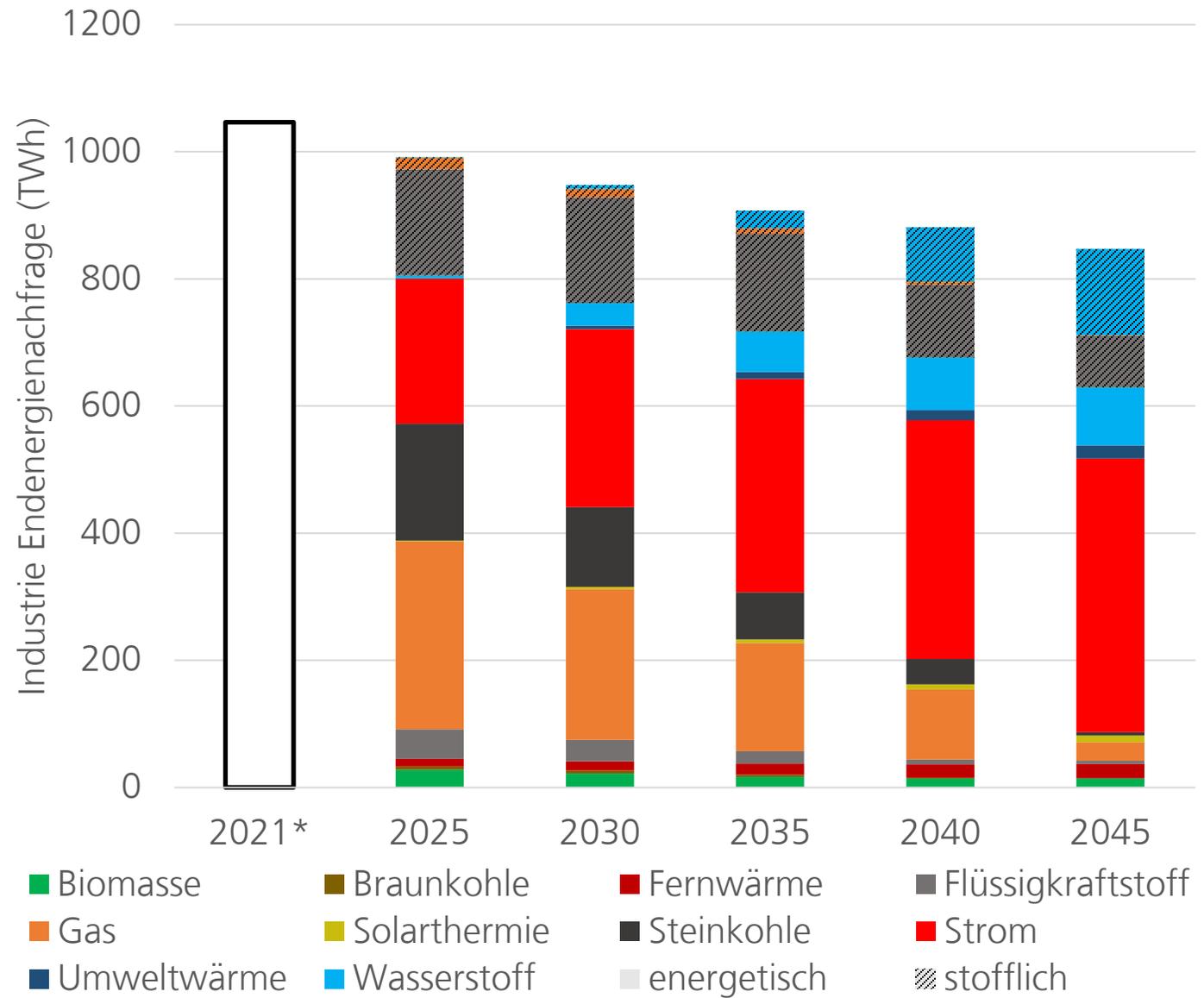
- -65% 2030
- -100% 2045
- KSG-konformes CO<sub>2</sub>-Budget

## Industrielle Nachfrage

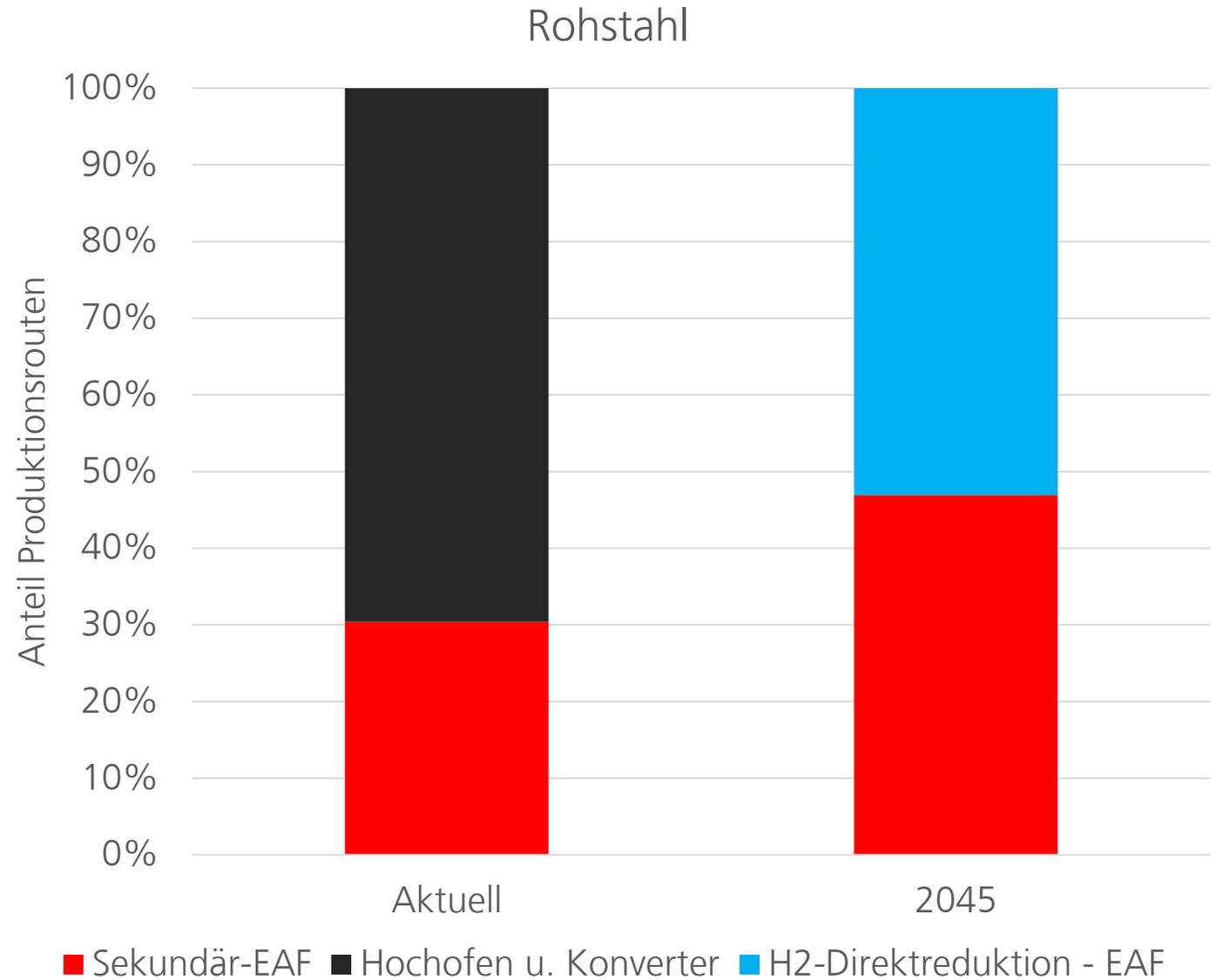
- Konstante Produktionsmengen der industriellen Grundstoffe
- Leichte Abnahme der restlichen Prozesswärme

## Synthetische Importe

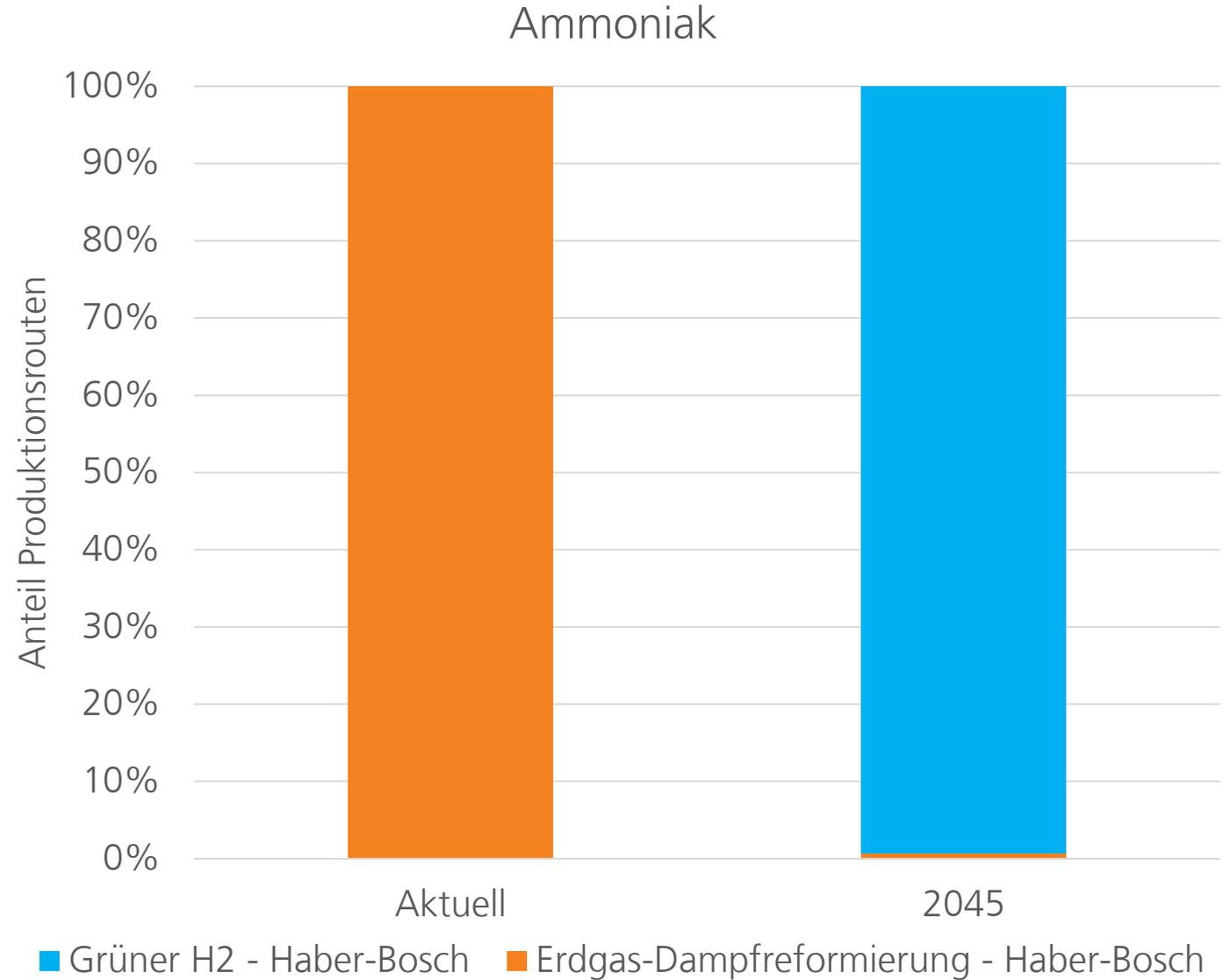
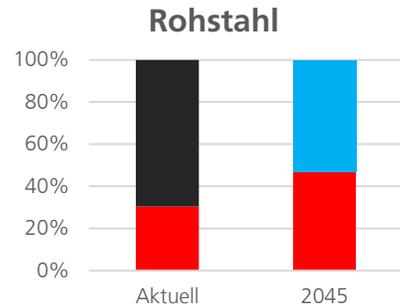
ansteigend auf 300 TWh in 2045



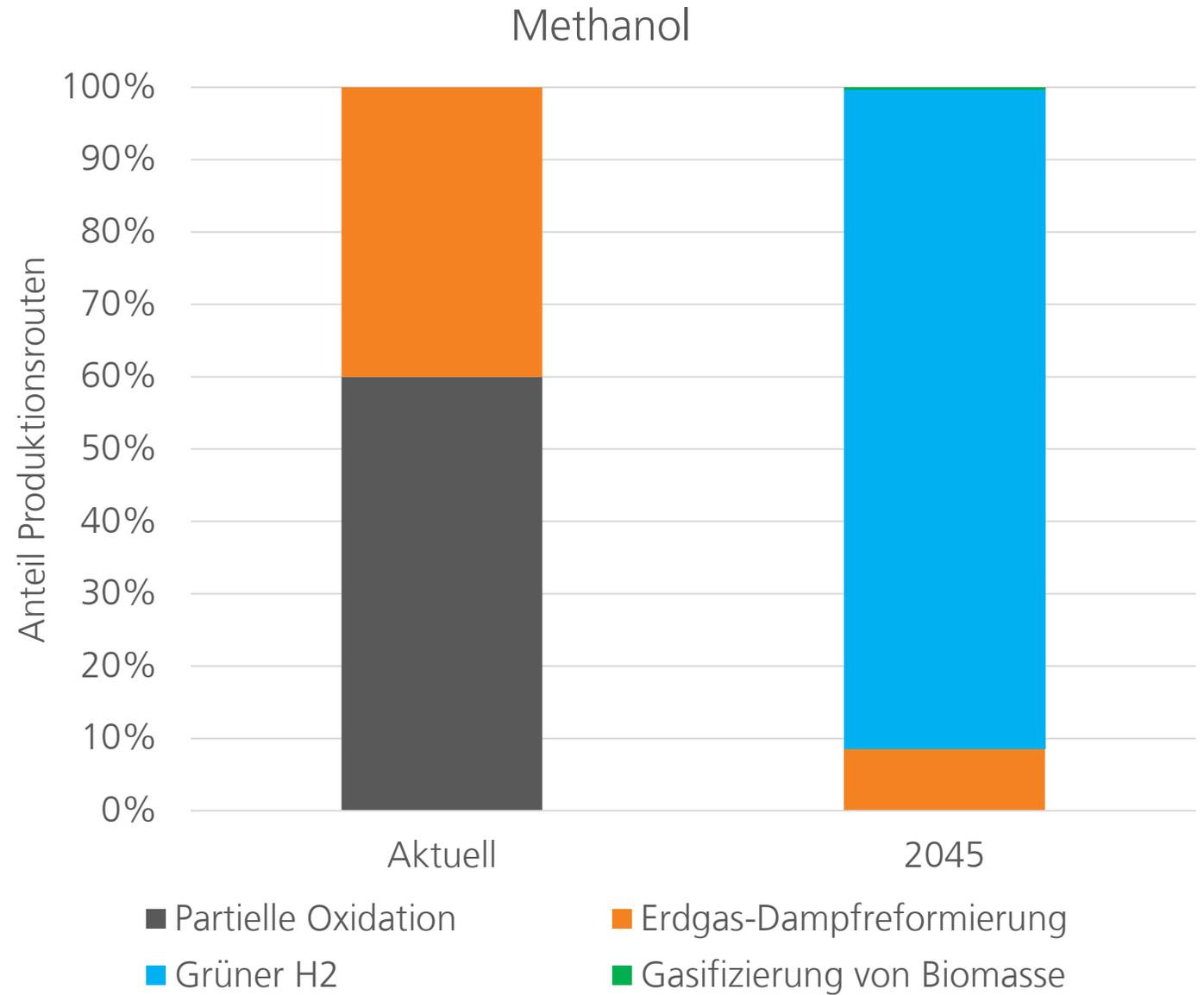
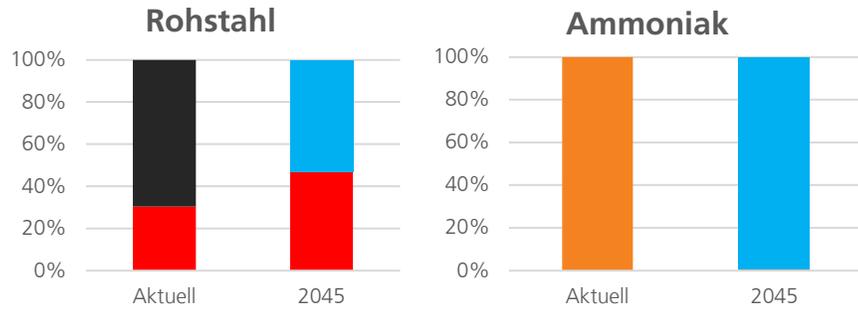
# Transformation der Grundstoffindustrie



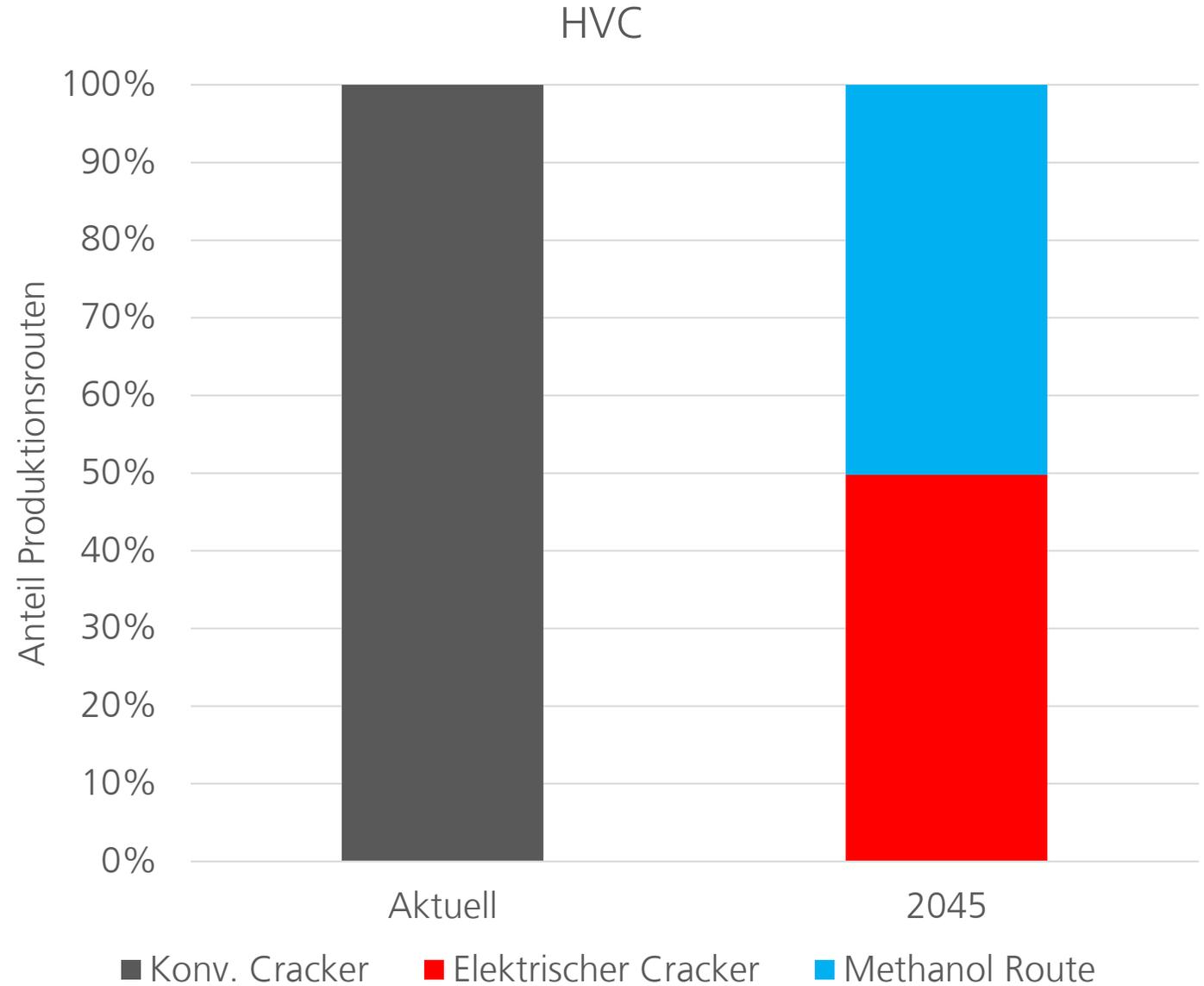
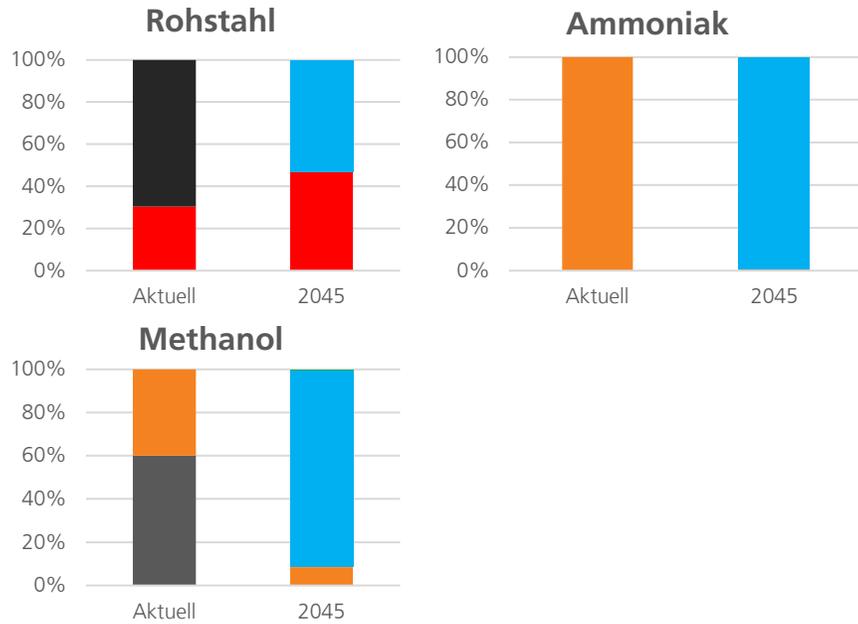
# Transformation der Grundstoffindustrie



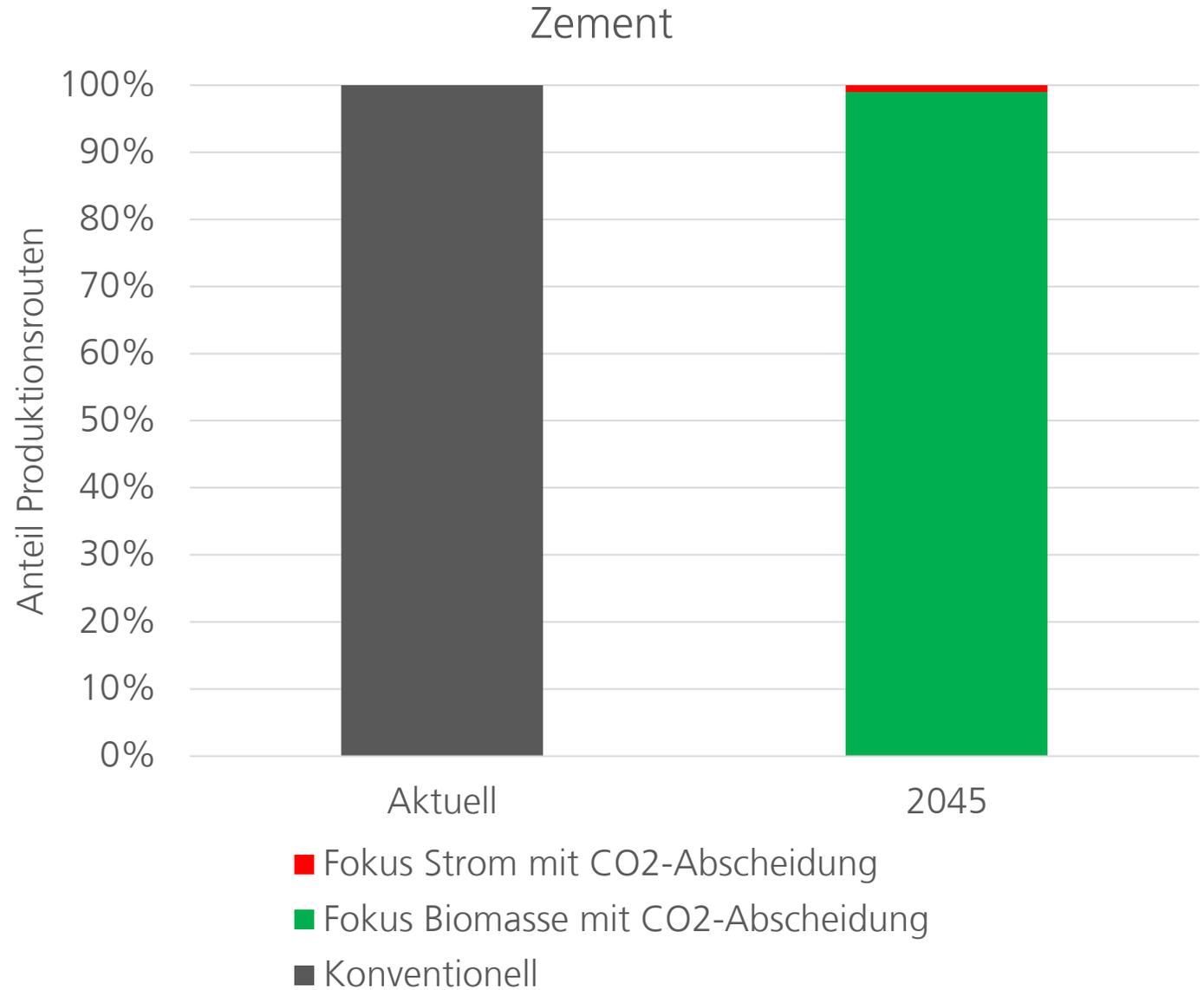
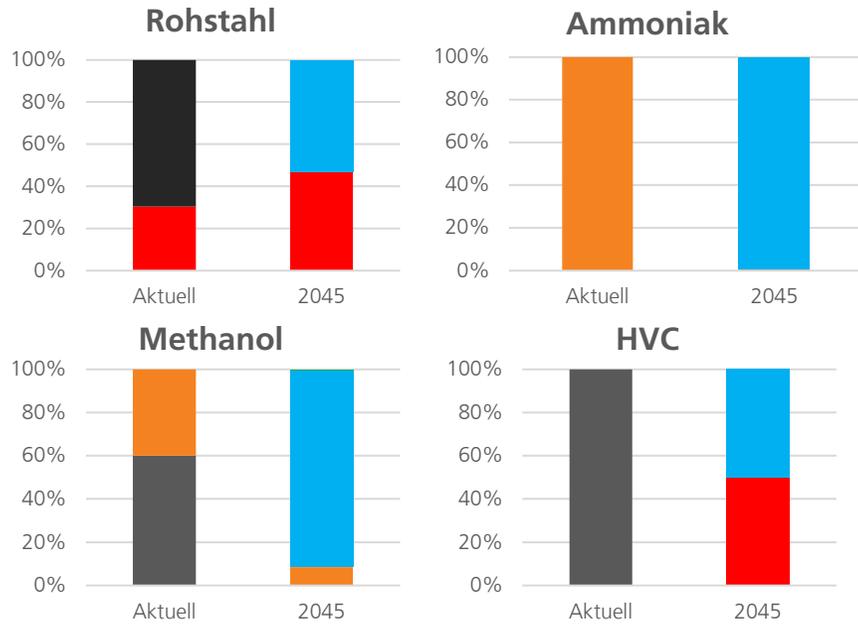
# Transformation der Grundstoffindustrie



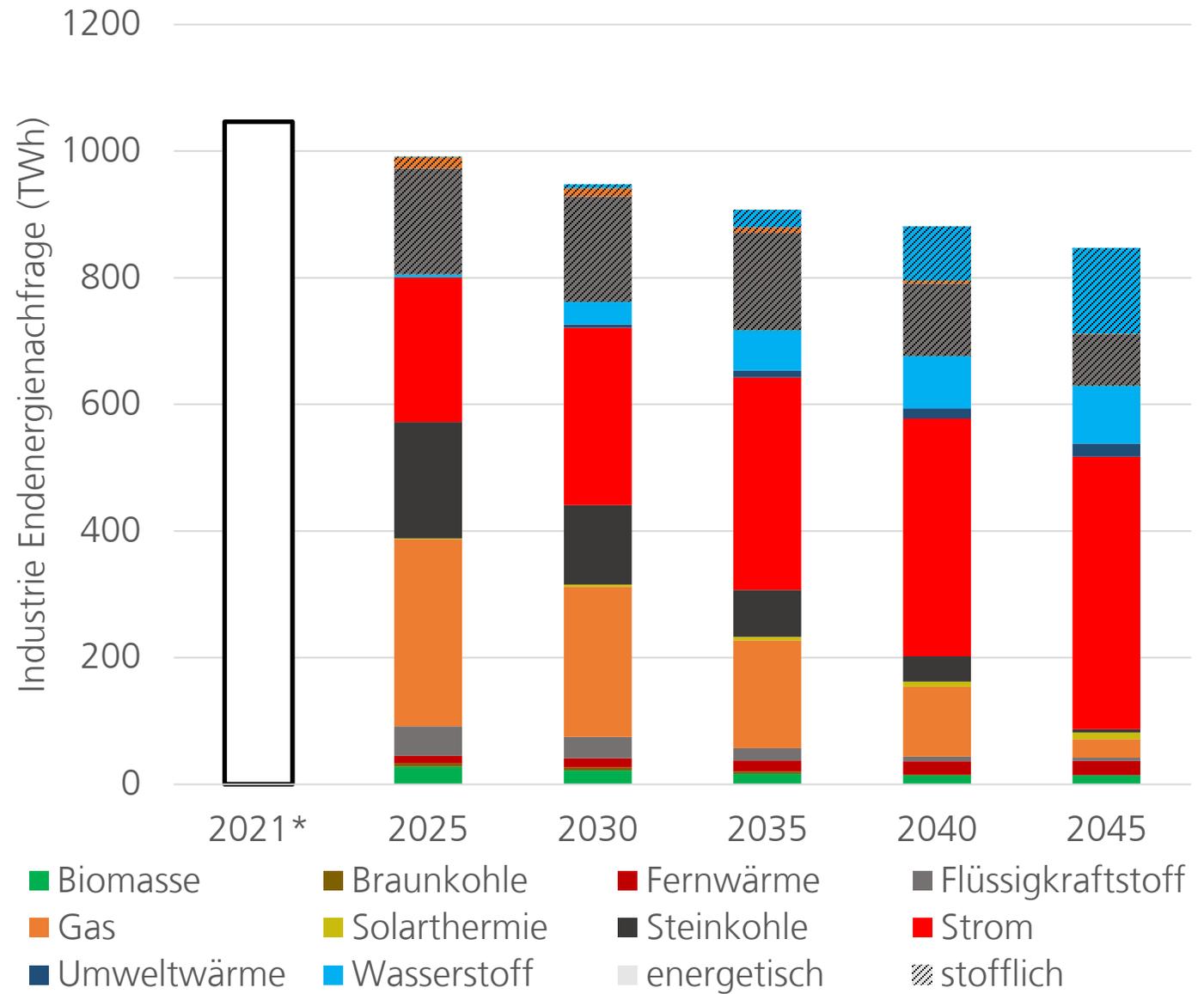
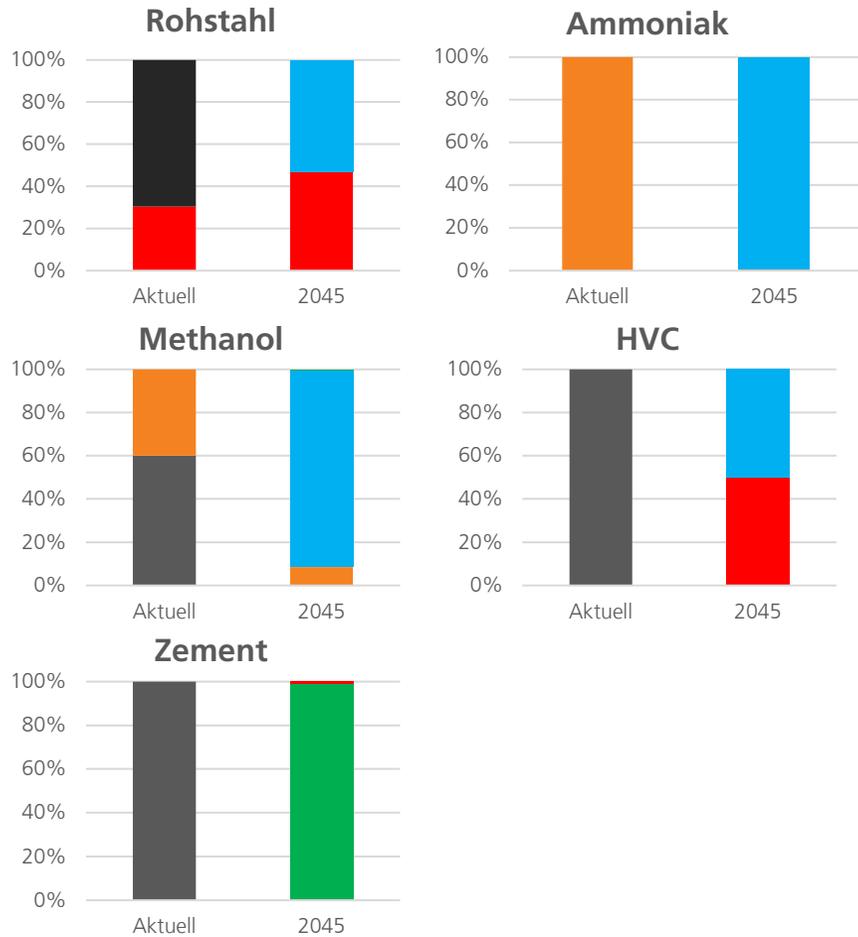
# Transformation der Grundstoffindustrie



# Transformation der Grundstoffindustrie



# Transformation der Grundstoffindustrie



# Welchen Bedarf an fEE- und PtX-Kapazitäten hat die Grundstoffindustrie?

## Branchenanalyse

### Methode

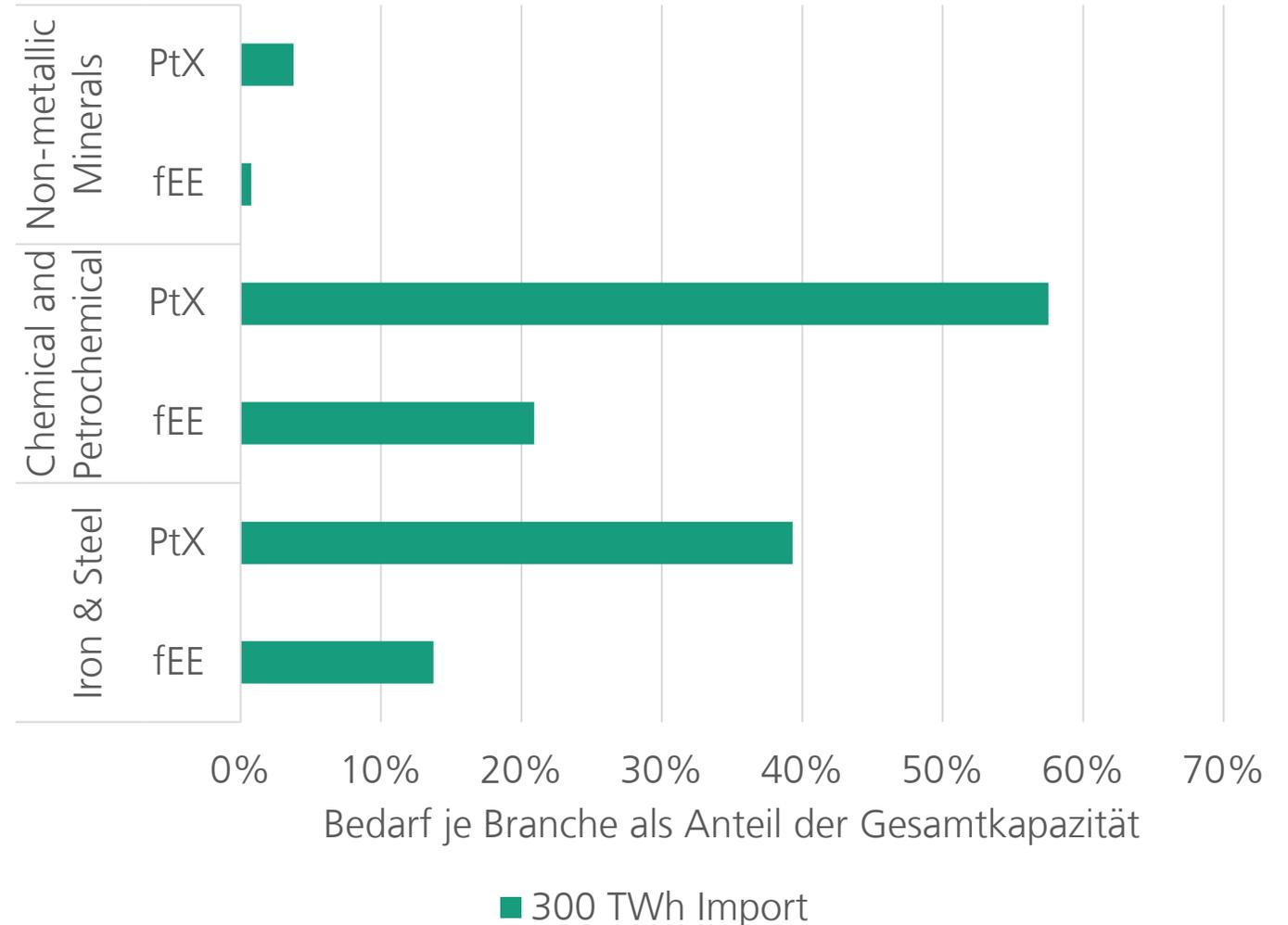
- Szenarien ohne einzelne Branchen
- CO<sub>2</sub>-Ziel um Branchenanteil reduziert
- Differenz aus Basis minus "ohne Branche"

### fEE-Kapazitäten

- Non-metallic minerals: 6 GW (1%)
- Chemical and Petrochemical: 161 GW (21%)
- Iron & Steel: 106 GW (14%)

### PtX-Kapazitäten

- Non-metallic minerals: 4 GW (4%)
- Chemical and Petrochemical : 62 GW (58%)
- Iron & Steel: 42 GW (39%)



# Welchen Bedarf an fEE- und PtX-Kapazitäten hat die Grundstoffindustrie?

## Branchenanalyse

### Methode

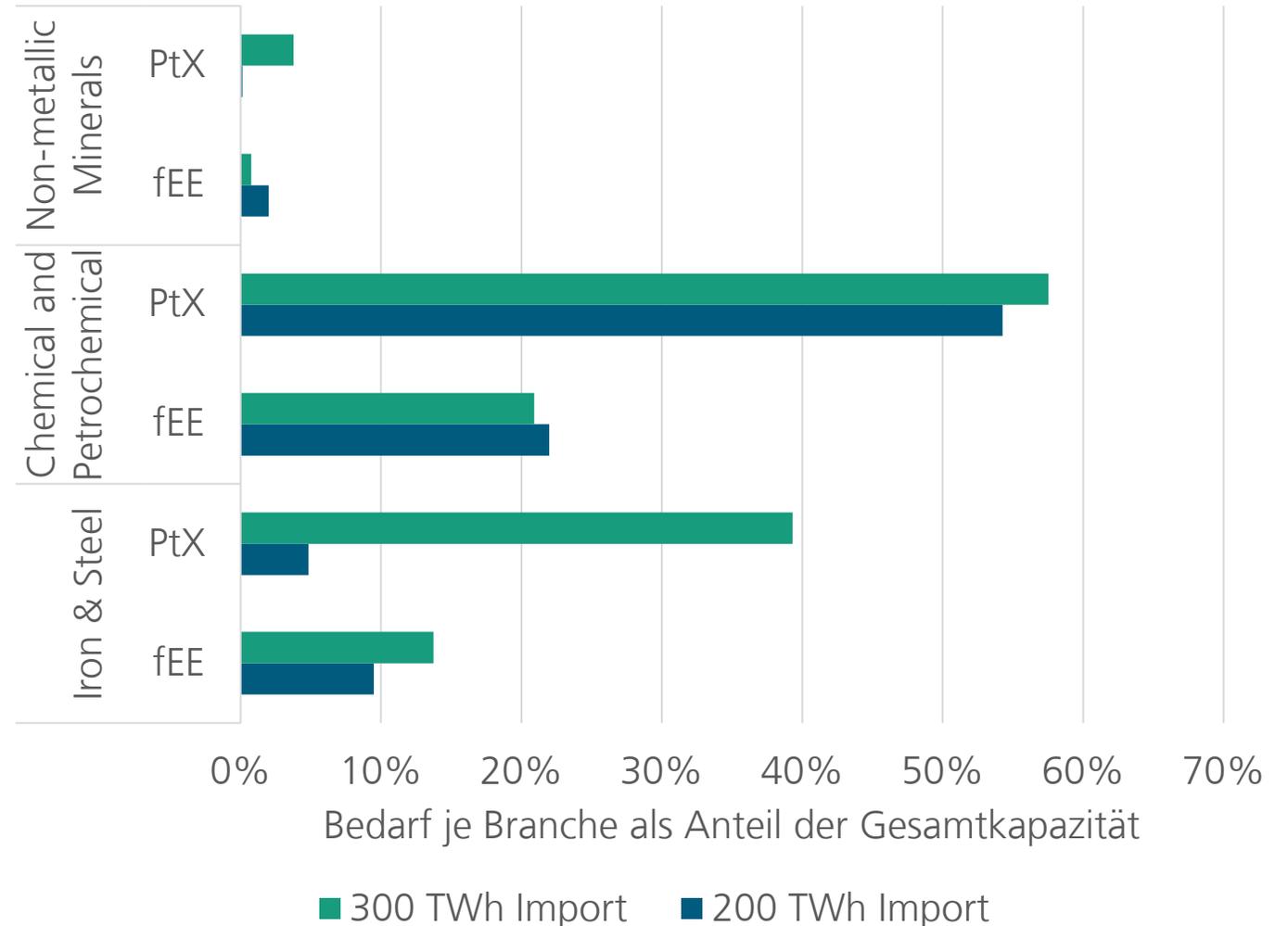
- Szenarien ohne einzelne Branchen
- CO<sub>2</sub>-Ziel um Branchenanteil reduziert
- Differenz aus Basis minus "ohne Branche"

### fEE-Kapazitäten

- Non-metallic minerals: 6 GW (1%)
- Chemical and Petrochemical: 161 GW (21%)
- Iron & Steel: 106 GW (14%)

### PtX-Kapazitäten

- Non-metallic minerals: 4 GW (4%)
- Chemical and Petrochemical : 62 GW (58%)
- Iron & Steel: 42 GW (39%)



# Zusammenfassung

---

## Methode

- Detailtiefe eines Gesamtsystemmodells im Industriesektor über Abbildung einzelner Produktionsrouten für 6 industrielle Grundstoffe erhöht
- Parametrierung über Produktionsmenge und spezifische Energieverbräuche

## Transformation der Grundstoffindustrie

- Erneuerbarer Strom für Prozesswärme und synthetische Energieträger als Feedstock sind zentral für die Transformation des Industriesektors

## Energiebereitstellung für die Grundstoffindustrie

- fEE-Bedarfe: 1% (Non-metallic minerals), 21% (Chemical and Petrochemical) und 14% (Iron & Steel)
- PtX-Bedarfe: 4% (Non-metallic minerals), 58% (Chemical and Petrochemical) und 39% (Iron & Steel)

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

---

**Markus Kaiser**  
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

FKZ: 03EI1026A