

---

# SEKTORKOPPLUNG UND SYSTEMINTEGRATION - SCHLÜSSELELEMENTE AUF DEM WEG IN DAS ZUKÜNFTIGE ENERGIESYSTEM

---



Prof. Dr. Hans-Martin Henning

Fraunhofer-Institut für Solare  
Energiesysteme ISE

Summit »Energie« 2017  
Dresden, 18. September 2017

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

# Geschäftsfelder Fraunhofer ISE

Energietechnologien und –systeme  
Hans-Martin Henning

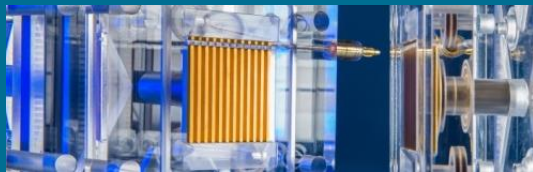
Solarthermie



Gebäude-  
energie-  
technik



Wasserstoff-  
technologien



Energie-  
system-  
technik



Photovoltaik  
Andreas Bett

Silicium-  
Photovoltaik



III-V- und  
Konzentrator-  
Photovoltaik



Neuartige  
Photovoltaik-  
Technologien



Photovoltaische  
Module und  
Kraftwerke



# Inhalt

Energiewende und Klimaschutz

Sektorkopplung

Systemoptimierung und Systemintegration

Fazit

# Inhalt

## Energiewende und Klimaschutz

Sektorkopplung

Systemoptimierung und Systemintegration

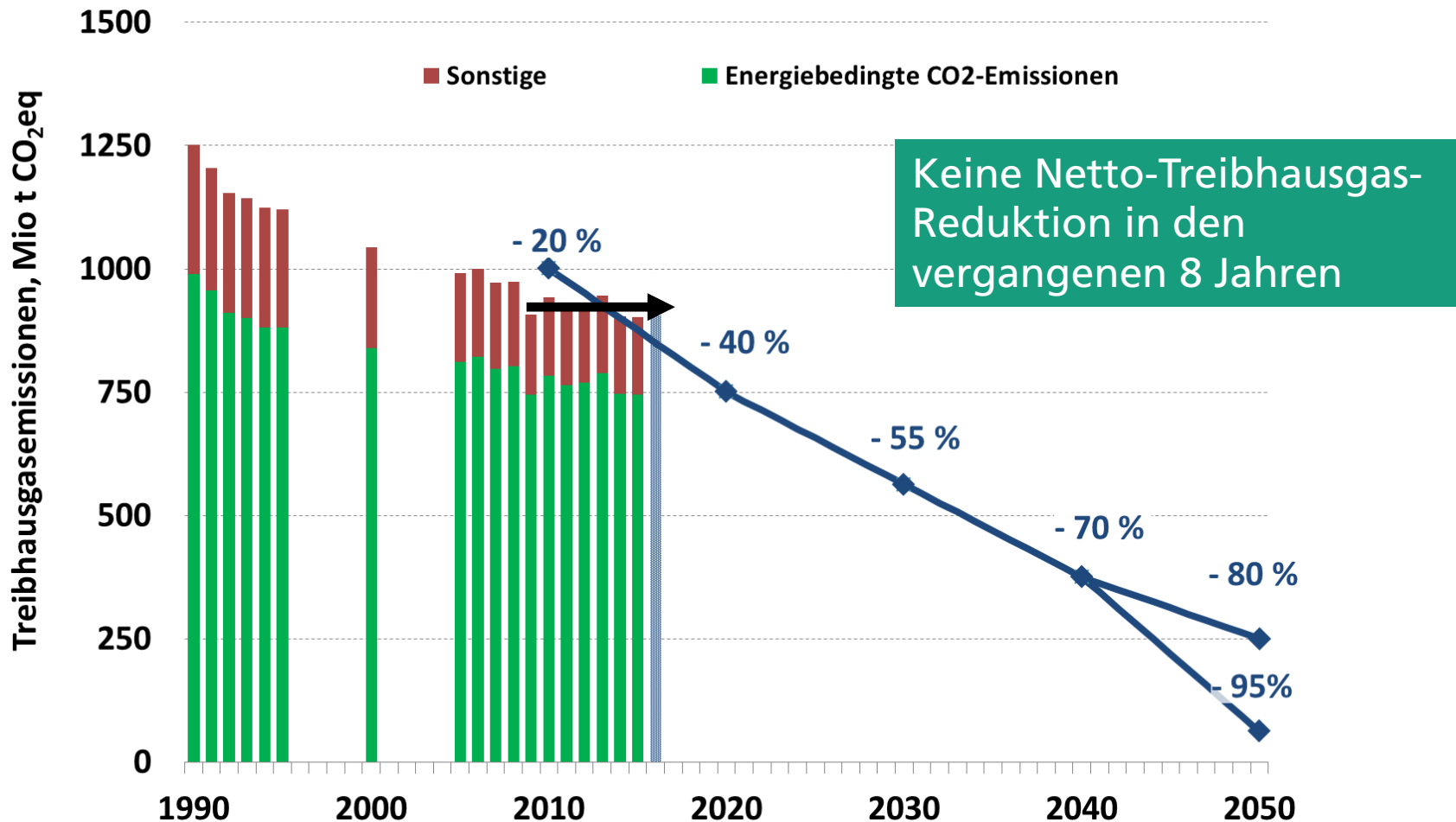
Fazit

# Hauptziele der Energiewende

- Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 % (bezogen auf 1990)
  
- Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022

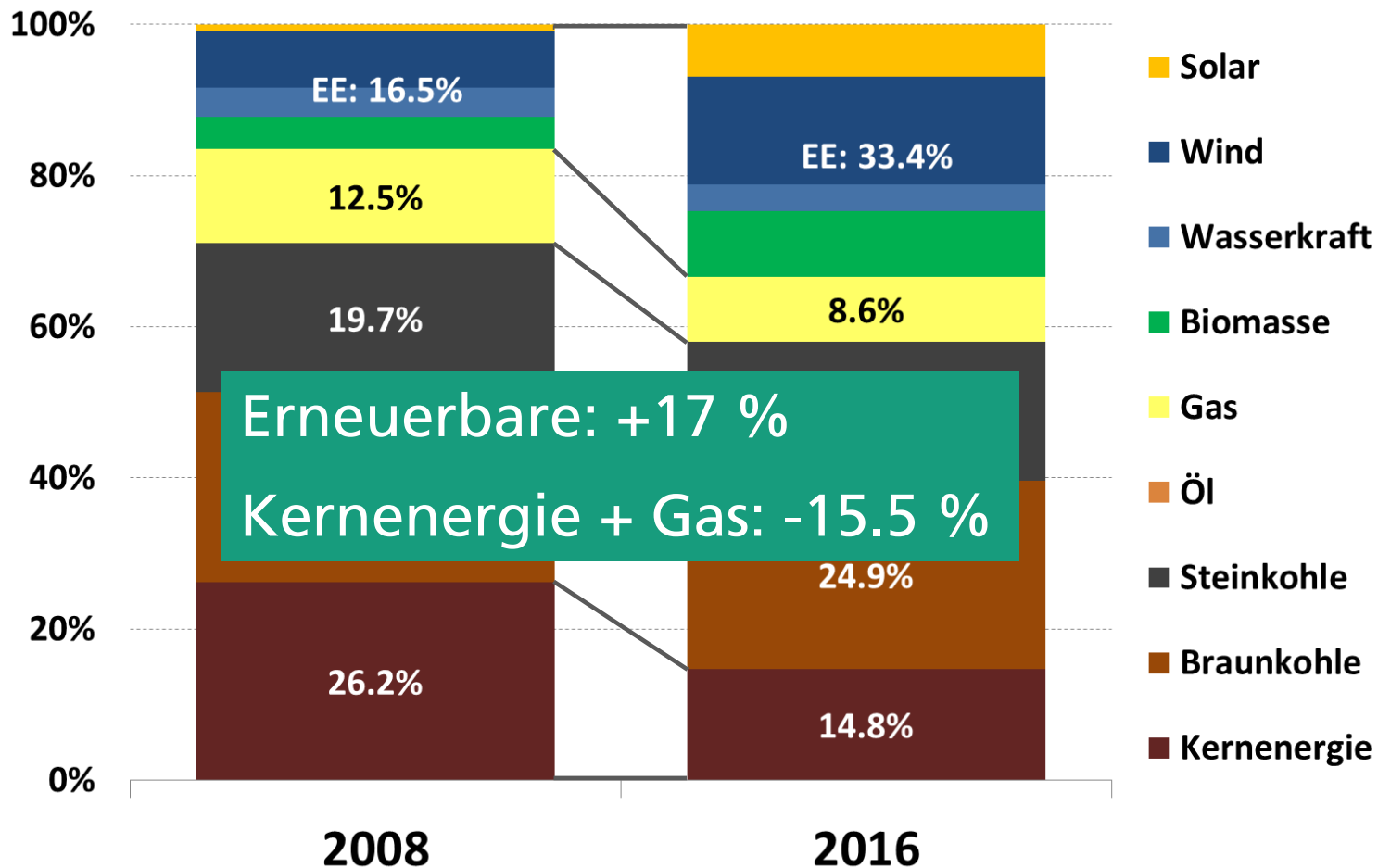
# Treibhausgasemissionen Deutschland

## Historie und Ziele

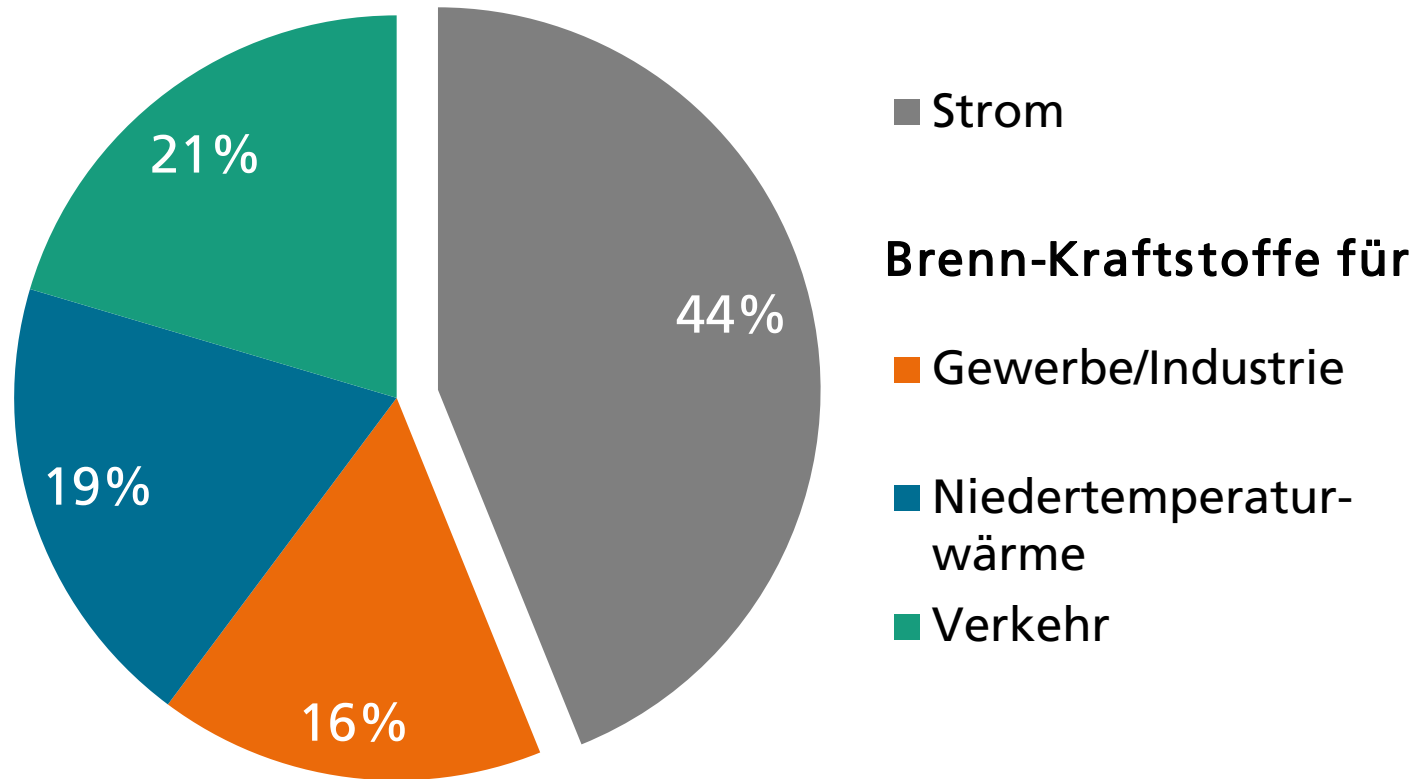


# Stromerzeugung 2008 vs. 2016

## Zusammensetzung



# Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen – Deutschland





# Inhalt

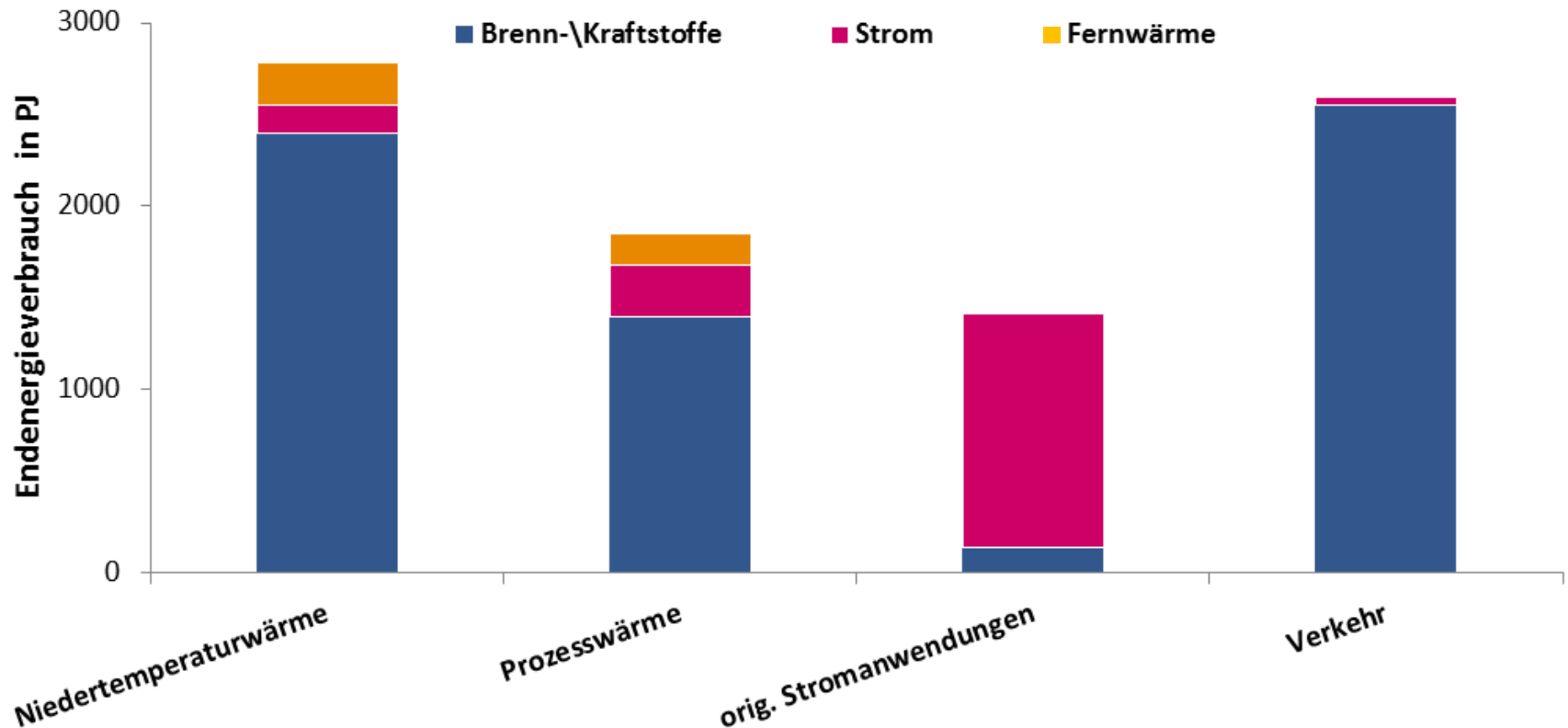
Energiewende und Klimaschutz

**Sektorkopplung**

Systemoptimierung und Systemintegration

Fazit

# Verteilung Endenergie nach Nutzungssektoren heute



# Wichtige Merkmale des heutigen Systems

- Jeder der Nutzungssektoren wird heute durch eine Kategorie von Endenergieträgern dominiert
  - Wärme: Brennstoffe (Erdgas, Heizöl)
  - Verkehr: fossile Kraftstoffe
  - Originäre Stromanwendungen: Strom
- Im heutigen System gilt: „Strom bleibt Strom“ bis zur Verwendung als Endenergie

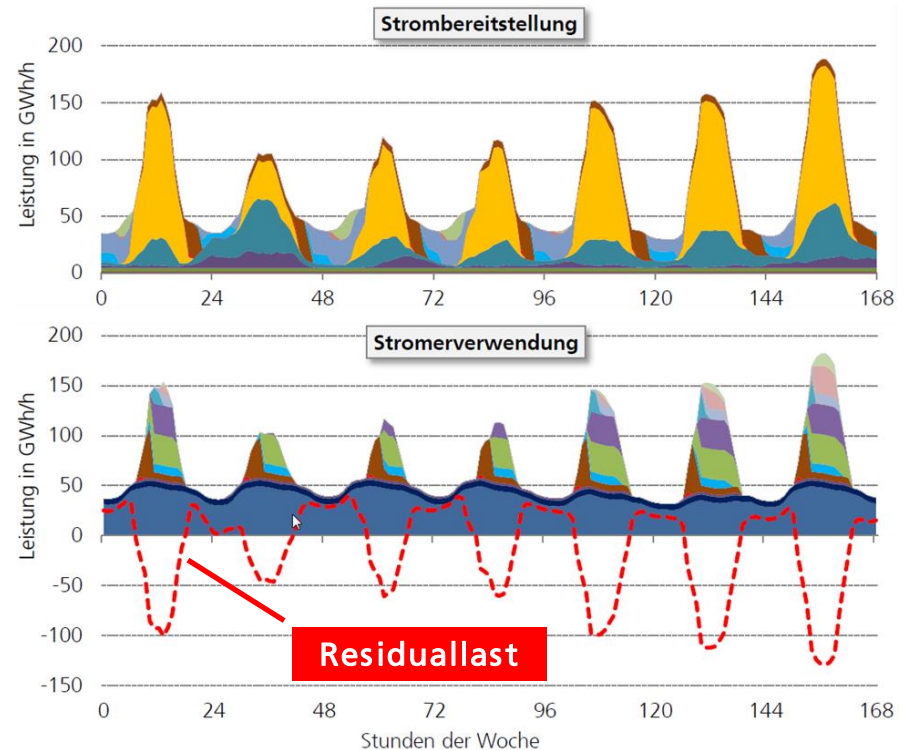


# Grundsätzliche Optionen der Sektorkopplung

- **Direkte Stromnutzung:** Verwendung von Strom in Sektoren, die heute von anderen Energieträgern dominiert werden (Verkehr: fossile Kraftstoffe; Wärme: Erdgas, Heizöl)
- **Wasserstoff:** Konversion von EE-Strom in Wasserstoff; Nutzung von Wasserstoff in unterschiedlichen Bereichen (Verkehr, Chemie, residuale Stromerzeugung)
- **Synthetische Brenn- und Kraftstoffe:** Kohlenwasserstoffe aus Weiterkonversion von EE-Wasserstoff; Nutzung in unterschiedlichen Bereichen

# Treiber für Sektorkopplung

- Erreichung von Klimaschutzzielen in Sektoren, die heute von fossilen Brennstoffen / Kraftstoffen dominiert werden → nicht möglich ohne Sektorkopplung
- Bei weiterem Ausbau fluktuierender erneuerbarer Energien (Wind, Sonne) entstehen zunehmend Situationen mit höherer Stromproduktion als aktuell benötigt → Nutzung dieses Stroms in anderen Sektoren (direkt, indirekt durch Erzeugung sekundärer Energieträger)



# Inhalt

Energiewende und Klimaschutz

Sektorkopplung

**Systemoptimierung und Systemintegration**

Fazit

# Regenerative Energien Modell »REMod«

Minimierung der Transformationskosten →

Erstes streng Modellbasiertes Werkzeug zur Simulation und Optimierung der Entwicklungspfade nationaler Energiesysteme unter Einbeziehung aller Verbrauchssektoren und Energieträger und von deren Wechselwirkungen („Sektorkopplung“)

Stromerzeugung und -speicherung



Brennstoffe (inkl. Biomasse und Power-to-Hydrogen/Gas/Fuel)



Verkehr (unterschiedliche Antriebskonzepte)



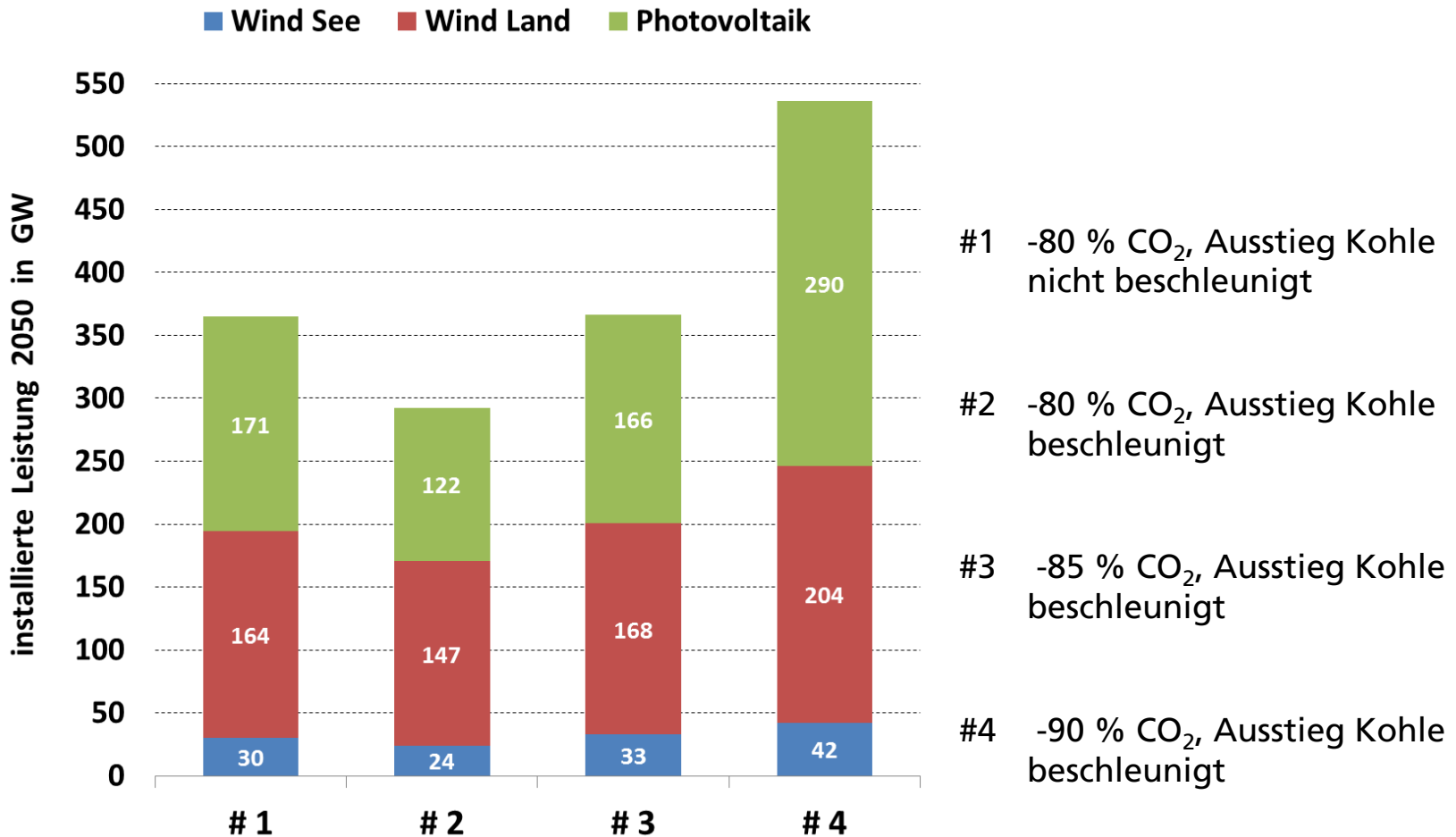
Wärme (Gebäude, inkl. Fernwärme und Speicher)



Prozesse in Gewerbe und Industrie

# Ergebnisse der Systemoptimierung

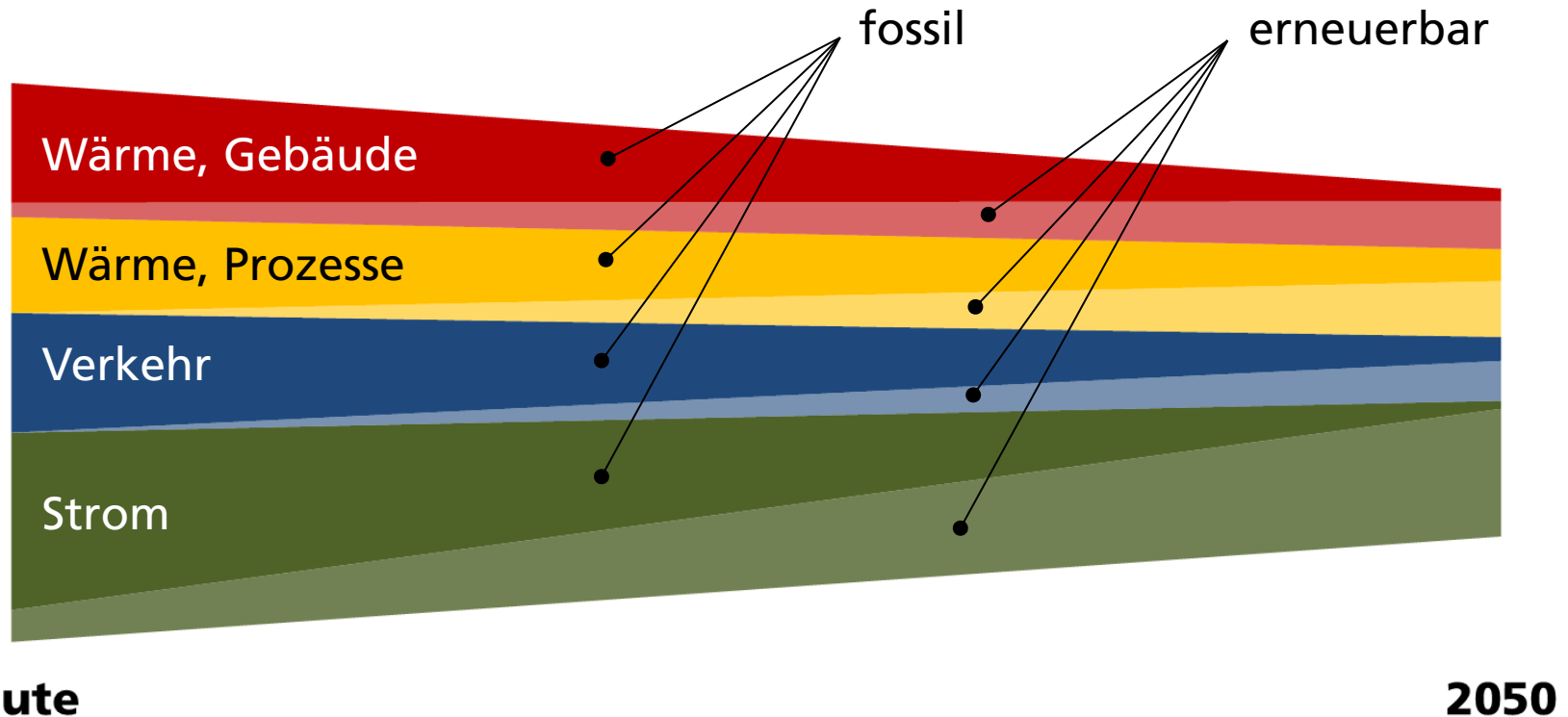
## Fluktuierende erneuerbare Energien im Jahr 2050





# Entwicklung Primärenergie heute vs. 2050

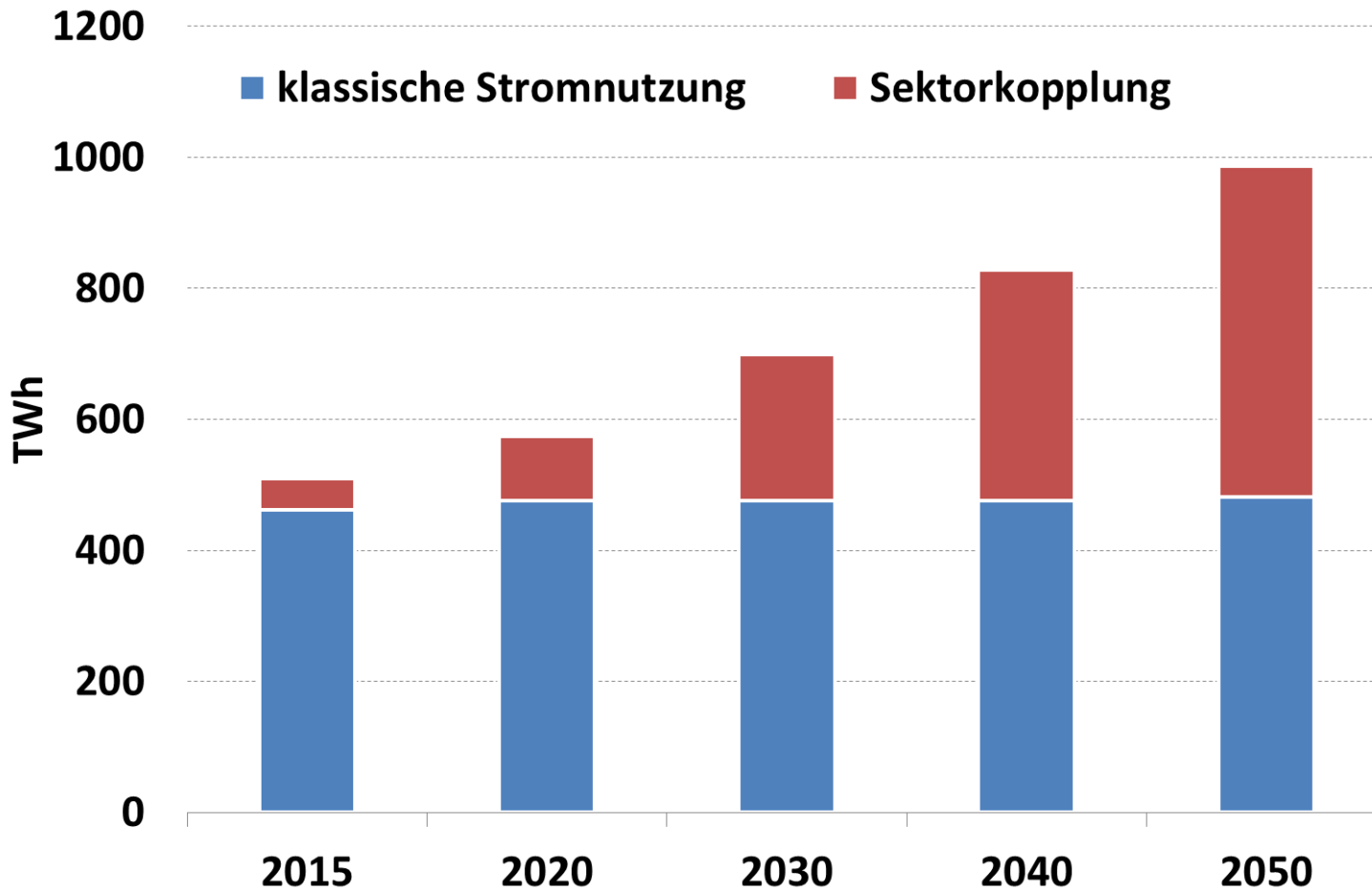
## – 85% energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen



- Reduktion Primärenergie um 40 %: Effizienz, Reduktion Verbrauch
- Anteil Erneuerbare: von 12 % auf 80 %
- Gesamtminderung Primärenergie aus fossilen Quellen: knapp 90 %

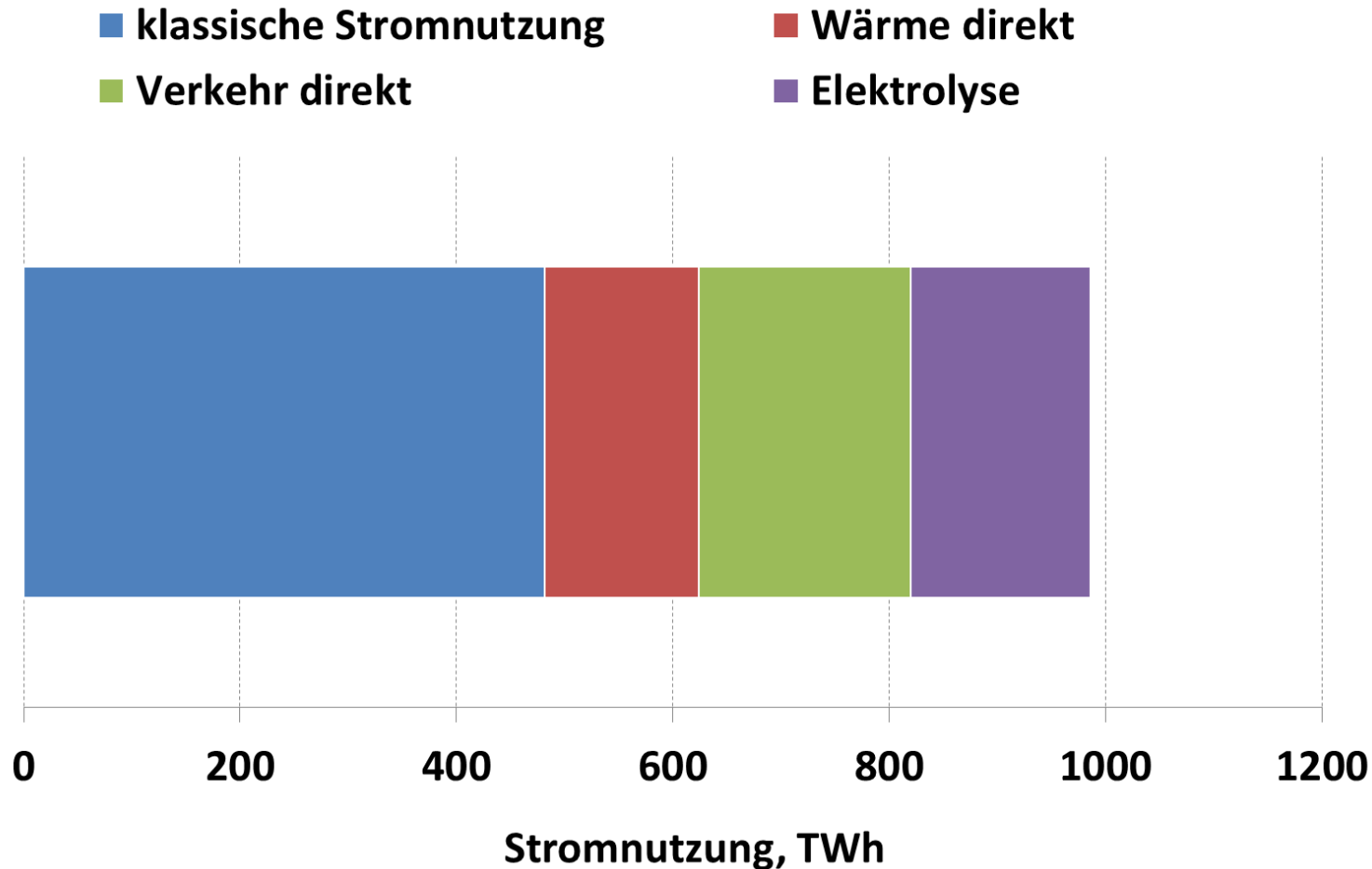
# Entwicklung Stromnutzung

## – 85% energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen



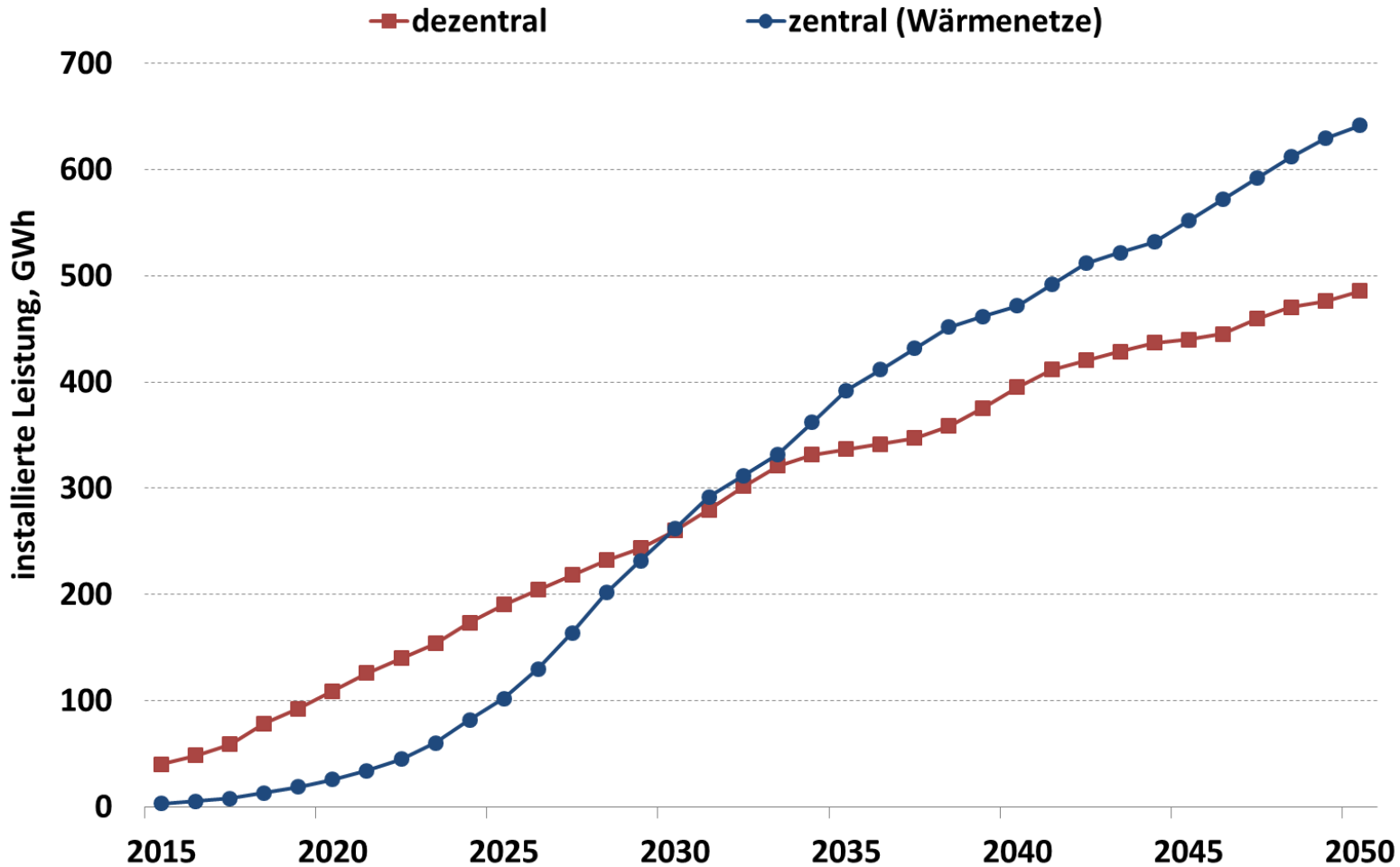
# Zusammensetzung Stromnutzung 2050

## – 85% energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen



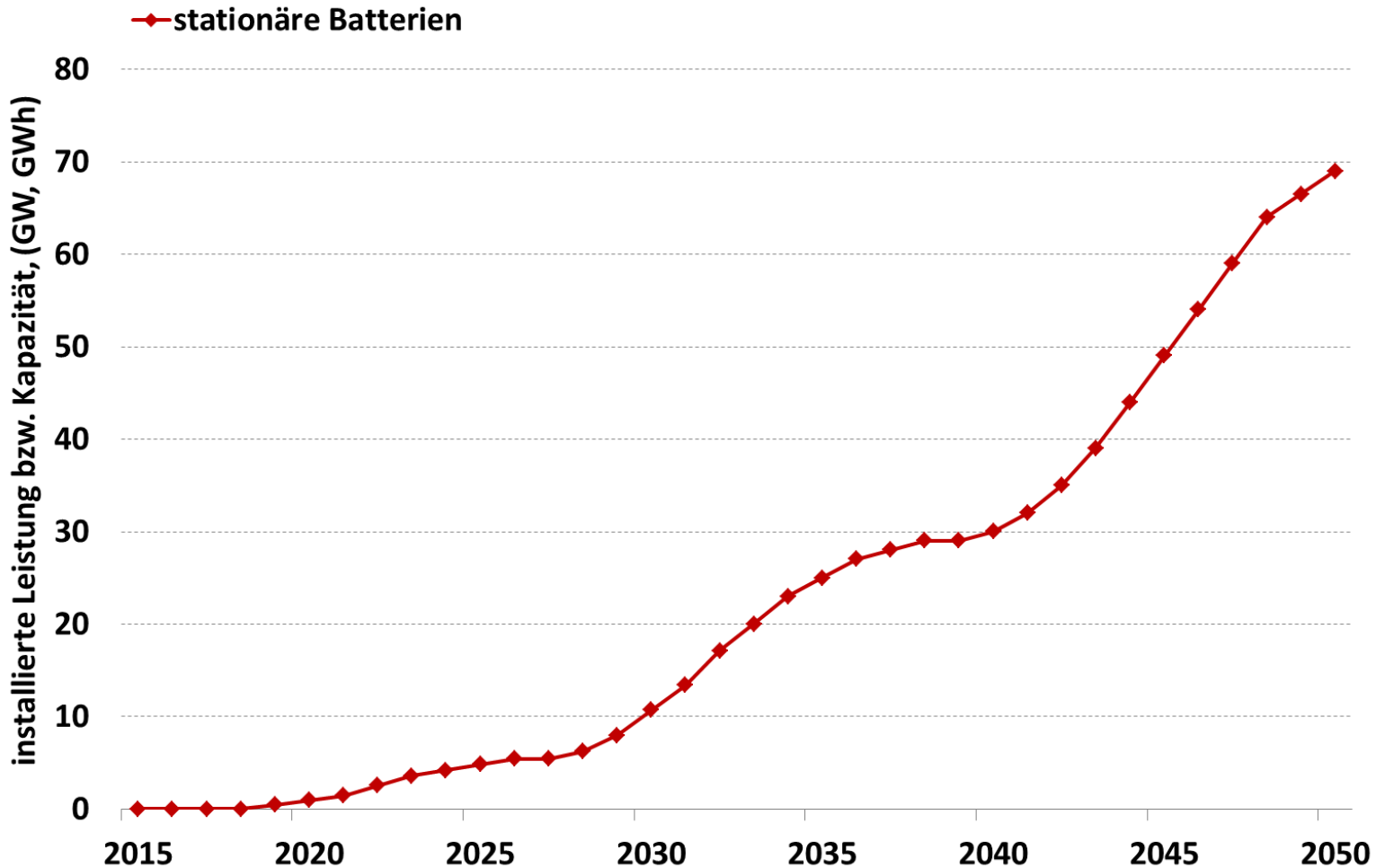
# Entwicklung Wärmespeicher

## – 85% energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen

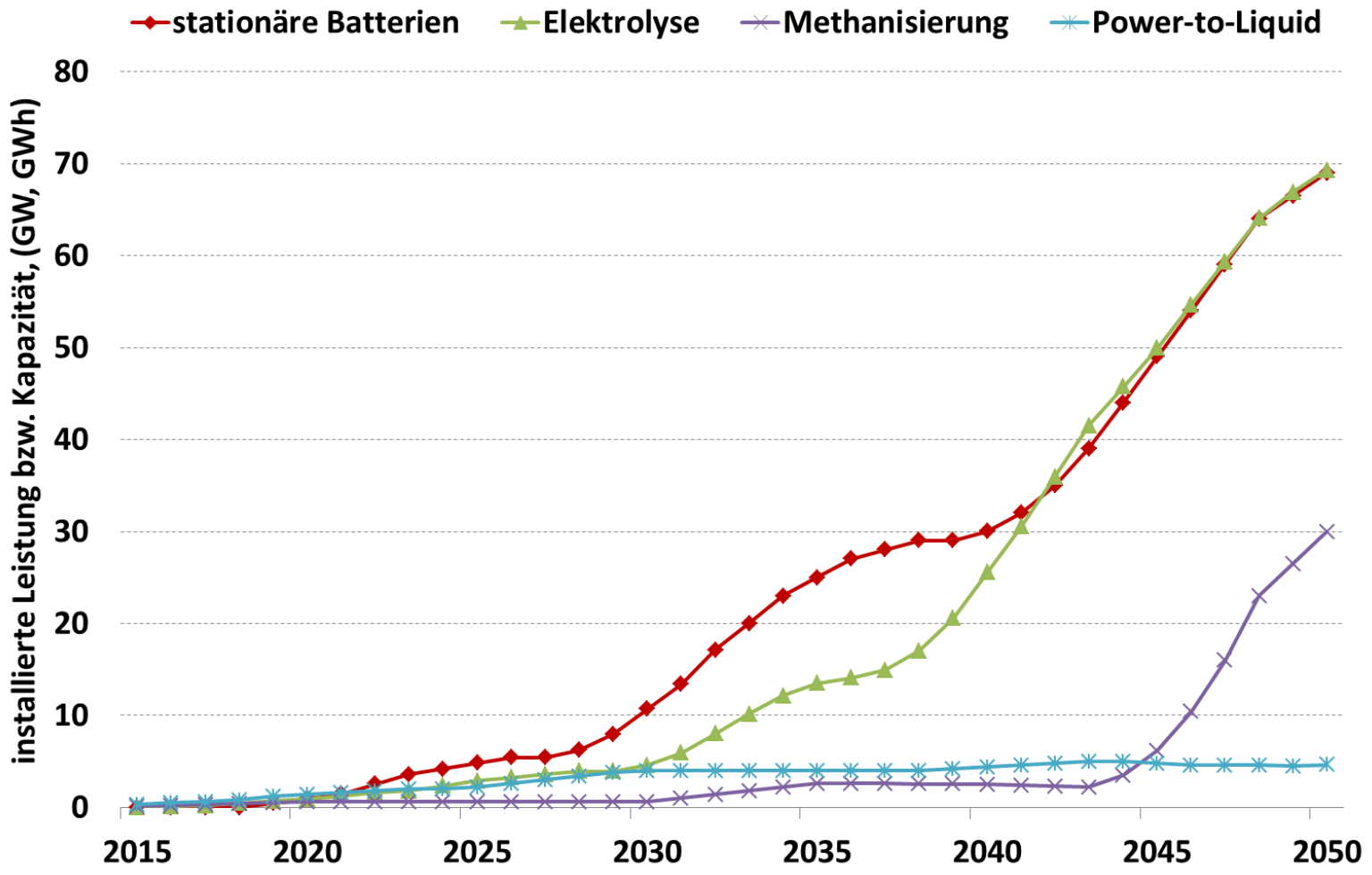


# Stationäre Batterien

– 85% energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen



# Stationäre Batterien und synthetische Energieträger – 85% energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen



# Phasen der Energiewende



# Inhalt

Energiewende und Klimaschutz

Sektorkopplung

Systemoptimierung und Systemintegration

Fazit



# Fazit 1/2

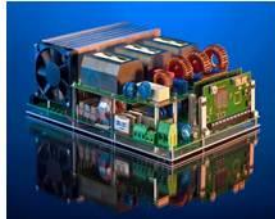
- Klimaschutzziele nur durch deutlich zunehmende Kopplung der Sektoren (Strom, Wärme, Verkehr) möglich
- Bedeutung von Strom nimmt zu
- Starker Ausbau erneuerbarer Energien notwendig
- Umfassende Erschließung der Nutzung von Flexibilitäten (flexible Kraftwerke, Lastmanagement, Kurzzeitspeicher) in der nächsten Phase der Energiewende → Systemintegration der (volatilen) EE
- Direkte Stromnutzung sinnvoll, wo mit überschaubarem Aufwand möglich
  - PKW, kurze Reichweiten: Batterie-Elektromotor
  - Raumwärme: Wärmepumpen
  - Industrie: elektrische Prozesswärme

## Fazit 2/2

- Großmaßstäbliche Elektrolyse in dritter Phase der Energiewende
- Vielfältige Nutzungsoptionen für Wasserstoff
- Biomasse und synthetische Energieträger bzw. Chemikalien (Wasserstoff, synthetische Kohlenwasserstoffe) in Bereichen, die für direkte Stromnutzung schwer erschließbar
  - PKW, lange Reichweiten
  - Schwerlastverkehr, Schiffsverkehr, Luftverkehr
  - Chemische Industrie
- Wichtige Elemente für Weiterentwicklung des Marktrahmens
  - Einheitlicher, wirksamer Preis für CO<sub>2</sub>-Emissionen
  - Variable Strompreise

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fotos © Fraunhofer ISE



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Hans-Martin Henning

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

[hans-martin.henning@ise.fraunhofer.de](mailto:hans-martin.henning@ise.fraunhofer.de)