

# Von der Stromwende zur Energiewende: Langfristszenarien für das deutsche Energiesystem

FGE-Tagung  
29. September 2017

Christoph Maurer, Bernd Tersteegen (Consentec), Ben Pfluger (Fraunhofer ISI),  
Bernd Franke (ifeu)



Fraunhofer **consentec**

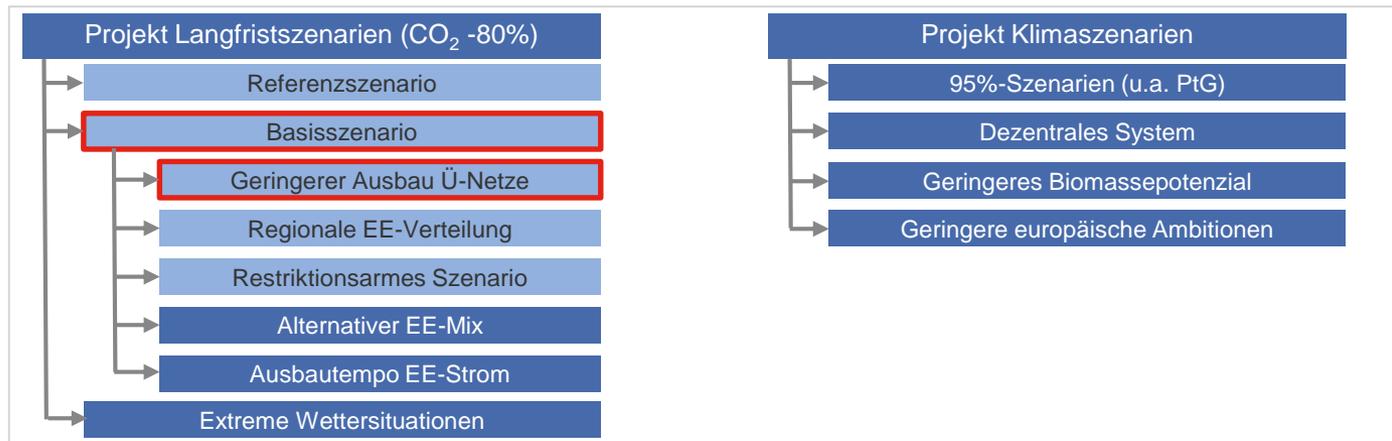
ISI

# Studie „Langfrist– und Klimaszenarien“ im Auftrag des BMWi

## Untersuchungsgegenstand und Ziel der Studie

- > Szenarien für ein Energiesystem, das die energie- und klimapolitischen Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung umsetzen → Horizont **2050**
- > Modellierung des **gesamten Energiesystems** (Strom, Wärme, Verkehr, Industrie) und der Wechselwirkungen zwischen den Sektoren → Fokus und höchste Modellierungsgenauigkeit Strom (Erzeugung und Netze)
- > **Optimierungsansatz: Minimierung der Systemkosten** unter Nebenbedingungen (Versorgungssicherheit, Energiekonzept-Ziele), szenarioabhängige Variation sonstiger Freiheitsgrade und Nebenbedingungen

## Szenarioarchitektur



# Studie „Langfrist– und Klimaszenarien“ im Auftrag des BMWi

## Kostenoptimierungsansatz

- > Ziel der Szenarienberechnung war die Optimierung von Systemkosten unter unterschiedlichen Freiheitsgraden und Randbedingungen
  - » möglichst objektives Kriterium
  - » gleichzeitig Tendenz zu extremen Ergebnissen (z. B. Technologiemix)
- > Wichtige **Informationsgrundlage**, um Kostenwirkungen politischer Handlungsoptionen transparent bewerten zu können

## > Erkenntnisse v. a. auch aus Szenarienvergleich

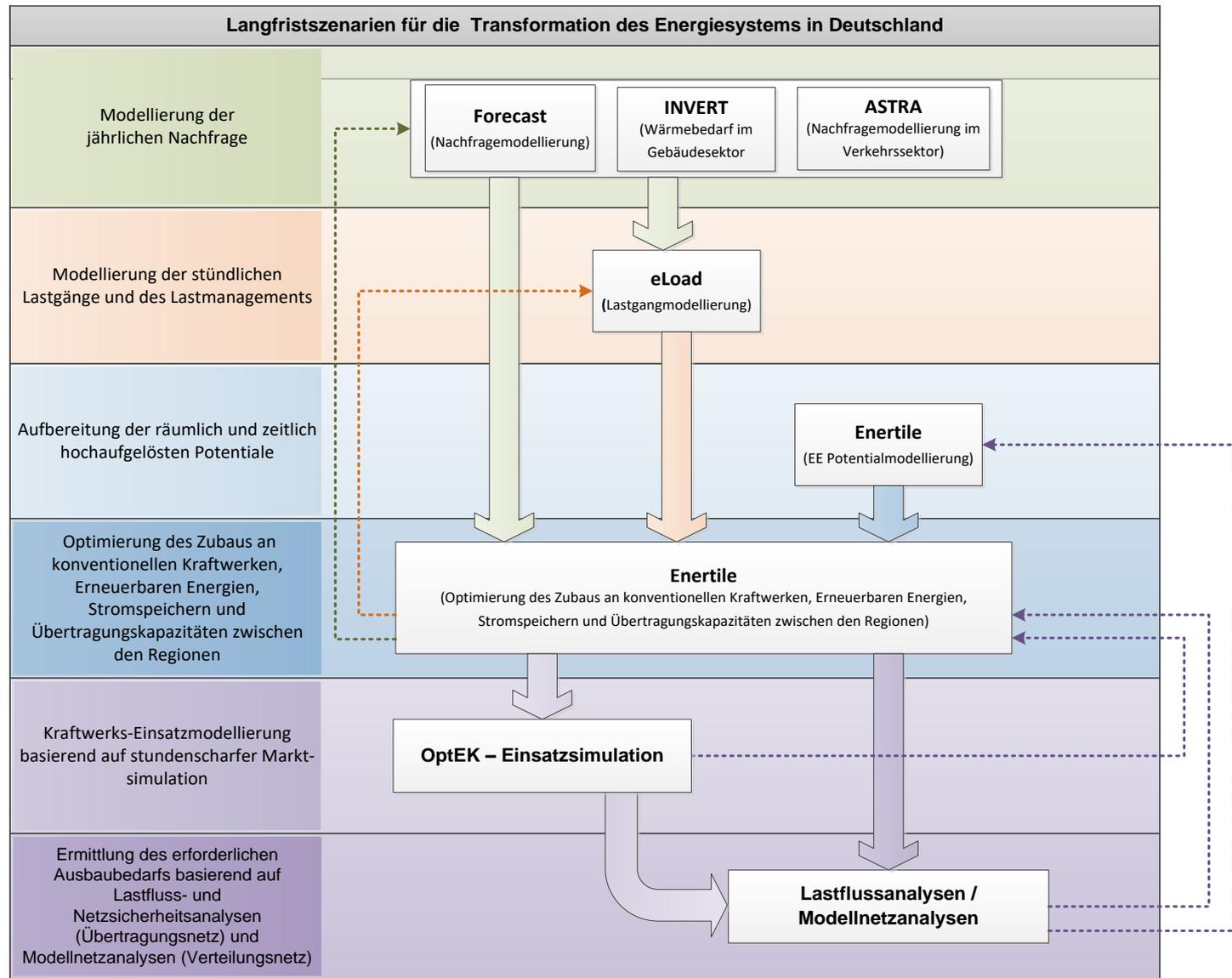
## Langfristszenarien sind kein Energiewendeplan

- > Szenarien beschreiben aus heutiger Sicht kostengünstige Wege zur Zielerreichung und zeigen Zusammenhänge auf
  - » Unsicherheiten und Innovationen können aber im Zeitablauf erhebliche Veränderungen begründen
- > Kostengünstige Umsetzung zwar für Erfolg der Energiewende wichtig, aber nicht allein entscheidend → andere Kriterien wie Akzeptanz, Industriepolitik etc.

## > Langfristszenarien sind weder Prognose über den Ablauf der Energiewende, noch normative Leitszenarien



# Modellierungsansatz

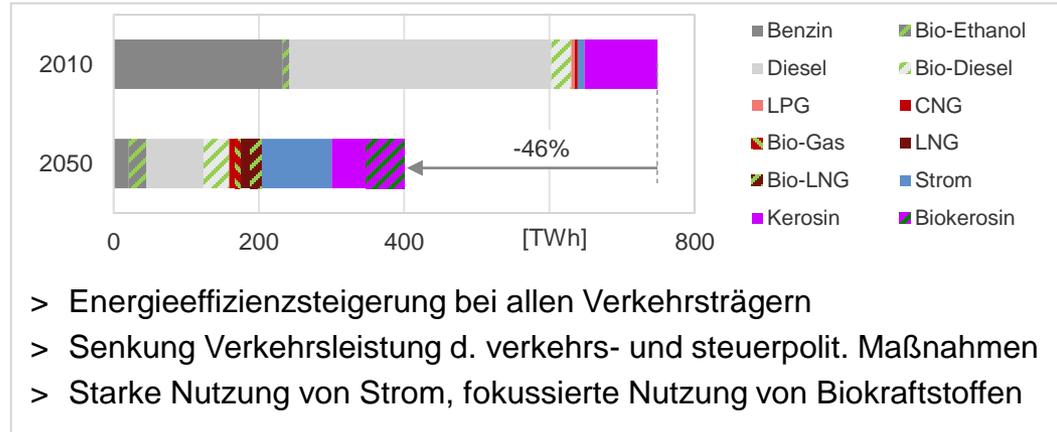


# Entwicklung des Endenergieverbrauchs

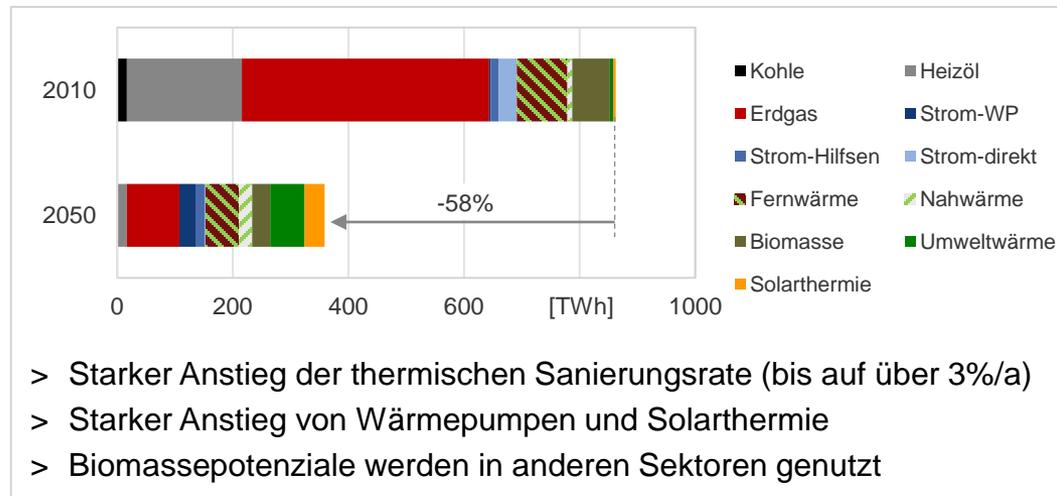
Basisszenario (80% THG-Minderung)

## Endenergieverbrauch in Deutschland

### Verkehr



### Gebäude (Wärme/Kälte)



# Entwicklung des Endenergieverbrauchs

Basisszenario (80% THG-Minderung)

## Endenergieverbrauch in Deutschland

### Verkehr

- > Energieeffizienzsteigerung bei allen Verkehrsträgern
- > Senkung Verkehrsleistung d. verkehrs- und steuerpolit. Maßnahmen
- > Starke Nutzung von Strom, fokussierte Nutzung von Biokraftstoffen

### Gebäude (Wärme/Kälte)

- > Starker Anstieg der thermischen Sanierungsrate (bis auf über 3%/a)
- > Starker Anstieg von Wärmepumpen und Solarthermie
- > Biomassepotenziale werden in anderen Sektoren genutzt

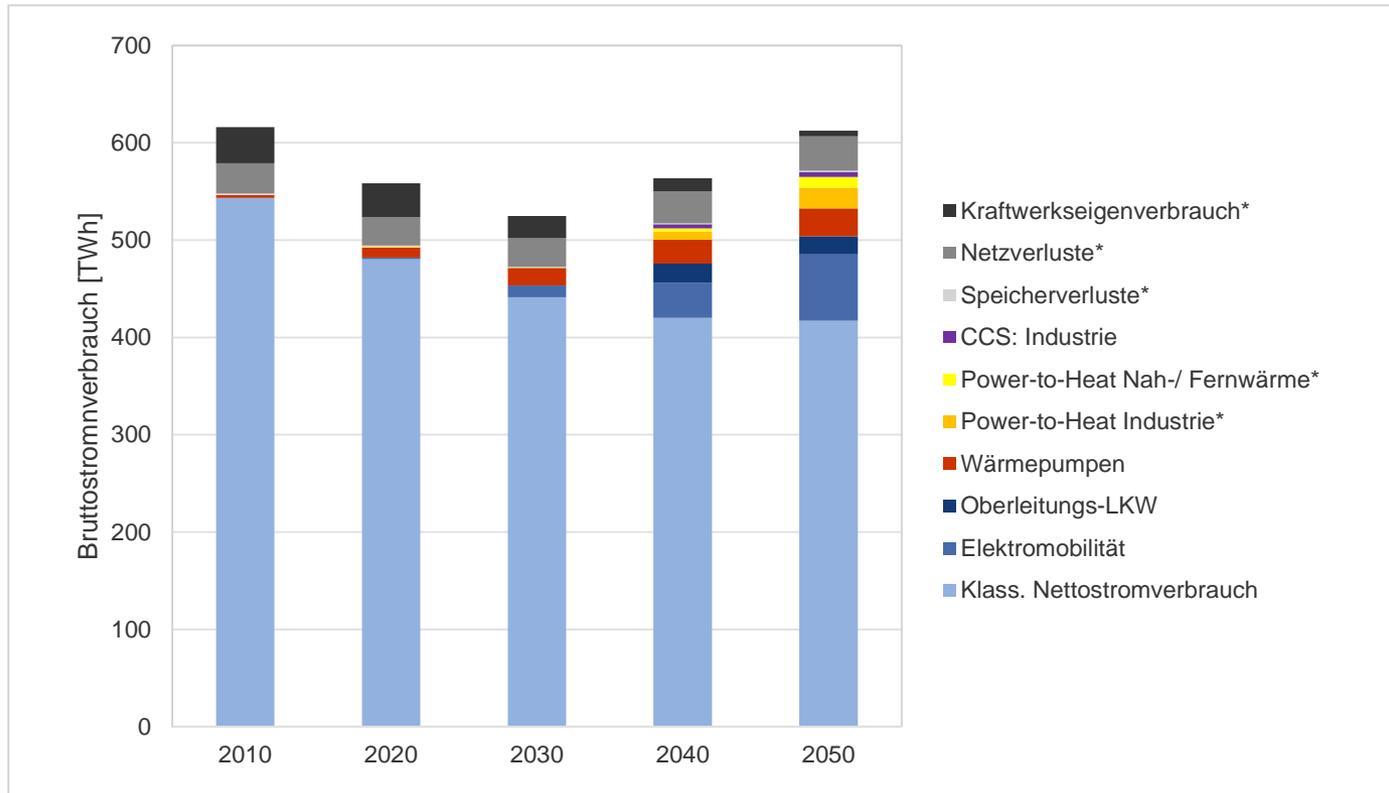
### Industrie

- > Wesentliche Beiträge: Energieeffizienz + Umstellung auf biogene Brennstoffe
- > Rückgang Endenergienachfrage um 25%
  - » trotz kontinuierlichem Wachstum des Industriesektors
- > Bereits sehr ambitionierter Pfad, bestimmte Prozesse schwer zu dekarbonisieren → CCS-Einsatz
- > Rückgang der THG Emissionen um 75%
  - » dafür aber CO<sub>2</sub>-Abscheidung von 35Mt/a notwendig
  - » entspricht ca. 50% der Brutto-Emissionen

# Stromsystem: Erzeugung und Nachfrage

Basisszenario (80% THG-Minderung)

## Entwicklung der Stromnachfrage in Deutschland

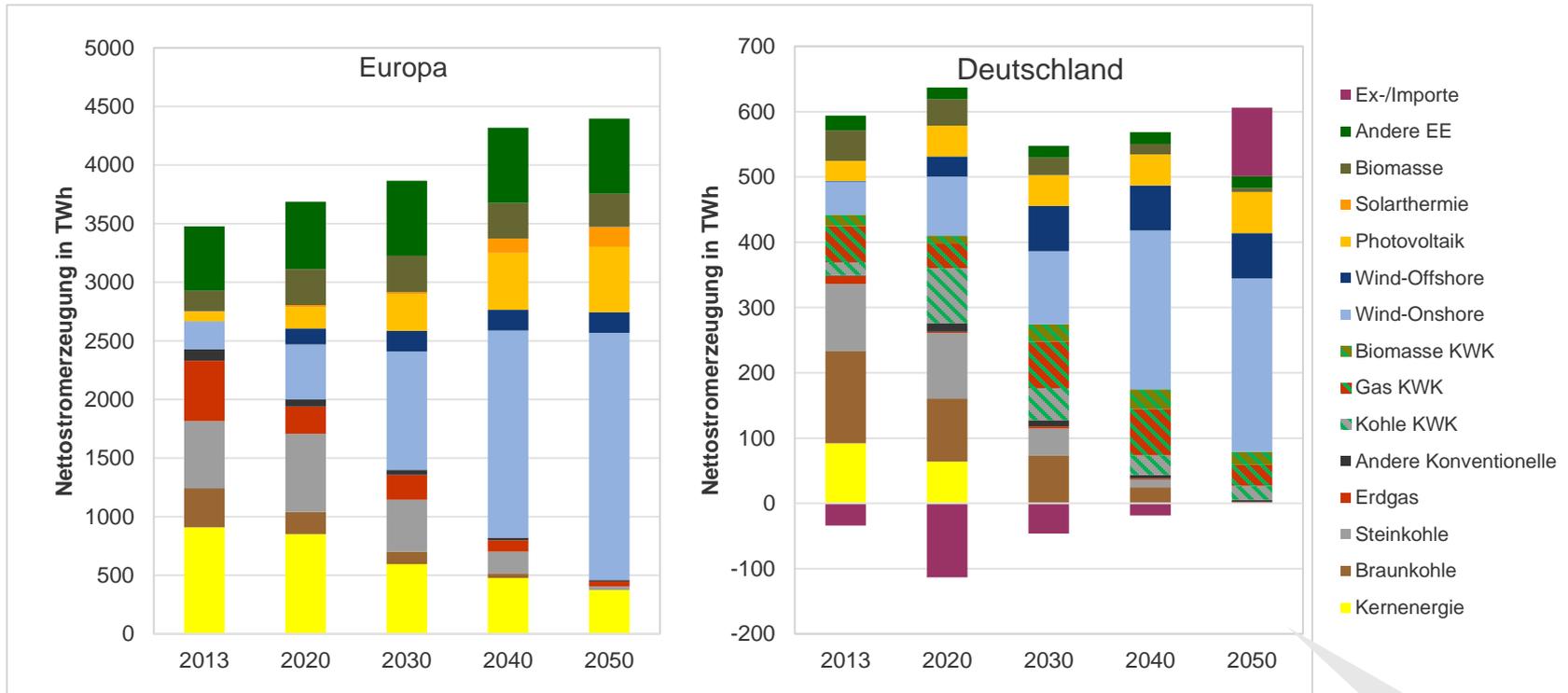


- > Energieeffizienz und Stromdirektnutzung begrenzen Stromnachfrage
- > Gesamtnachfrage zunächst sinkend, dann wieder steigend

# Stromsystem: Erzeugung und Nachfrage

Basisszenario (80% THG-Minderung)

## Stromerzeugung in Europa und Deutschland

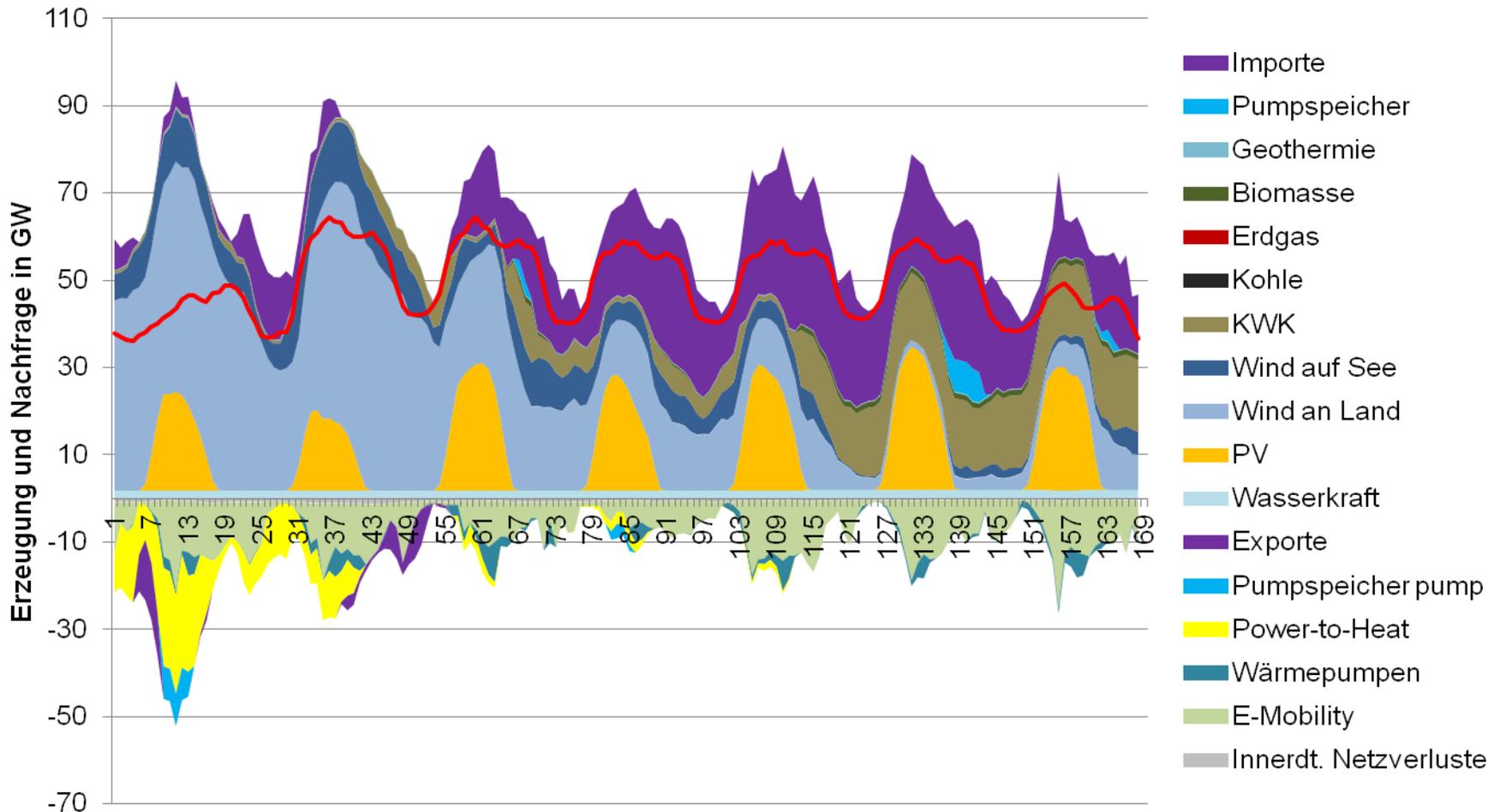


- > fast vollständiger Phase-Out fossiler Stromerzeugung → KWK als Brückentechnologie
- > Wind Onshore als dominierende Technologie
- > Ausbau von Photovoltaik v. a. durch Aufnahmefähigkeit System begrenzt

# Stromsystem: Erzeugung und Nachfrage

Basisszenario (80% THG-Minderung)

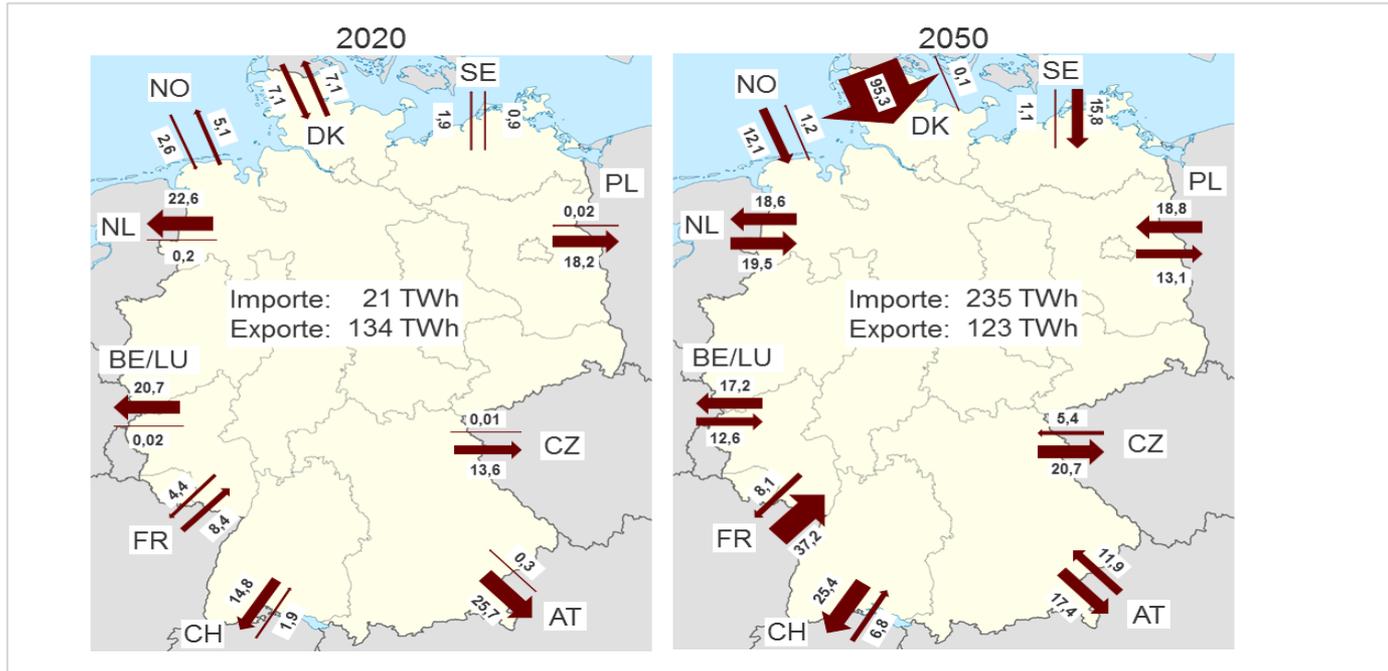
## Beispielhafter Flexibilitätseinsatz Sommerwoche 2050



# Stromsystem: Stromaußenhandel

Basisszenario (80% THG-Minderung)

## Entwicklung des Stromaußenhandels 2020 und 2050

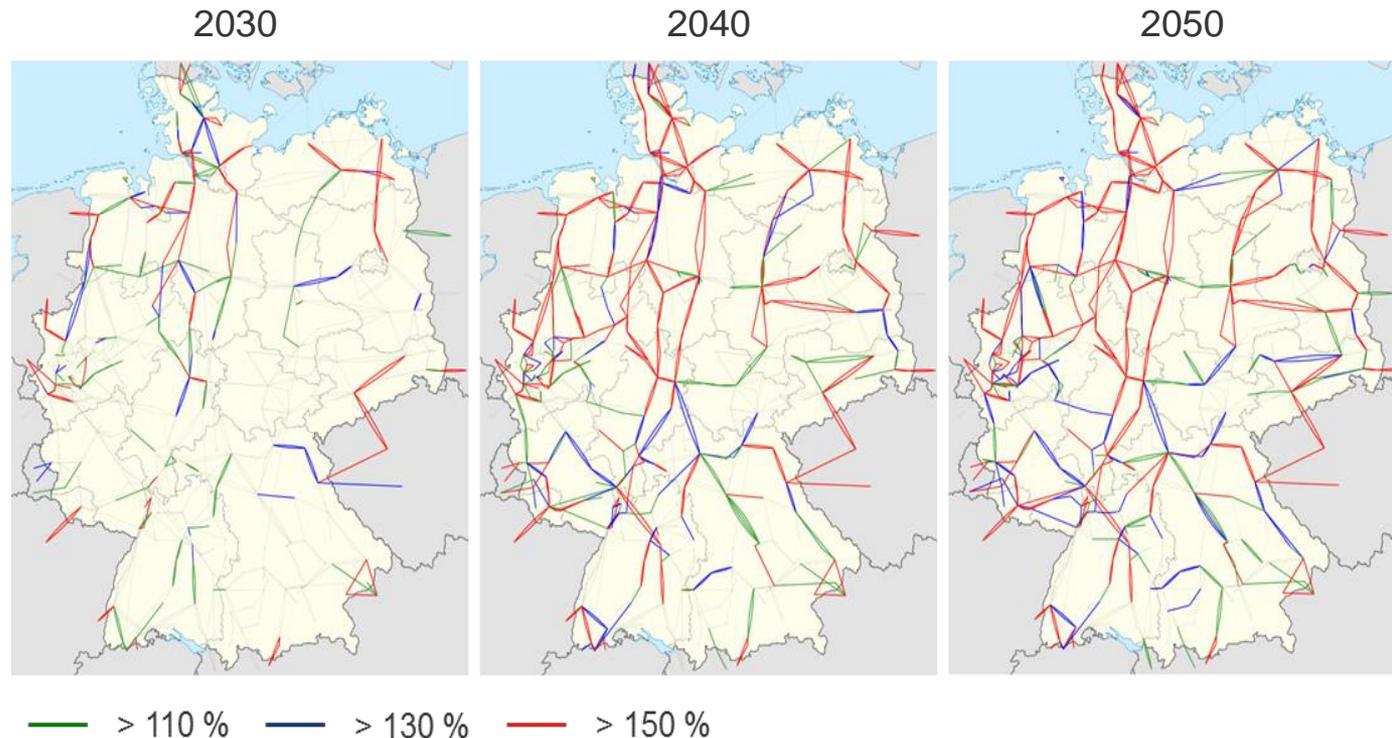


- > Signifikanter Anstieg an allen Grenzen
- > Kosteneffiziente Dekarbonisierung in Europa führt u. a. zu
  - » Nettoimporten Deutschlands wegen günstigerer Potenziale im Ausland
  - » Transiten günstigen EE-Stroms u.a. aus Skandinavien über DE

# Stromsystem: Netze

Basisszenario (80% THG-Minderung)

## Belastungssituation Übertragungsnetz (nach Realisierung EnLAG und BBPIG)

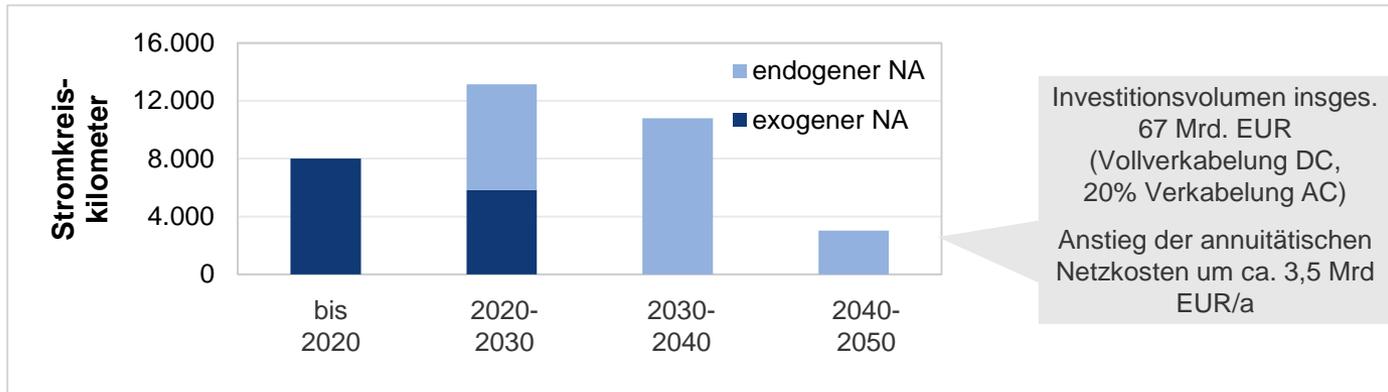


> Insbesondere in Nord-Süd-Richtung erhebliche Überlastungen, die weiteren Netzausbau erfordern

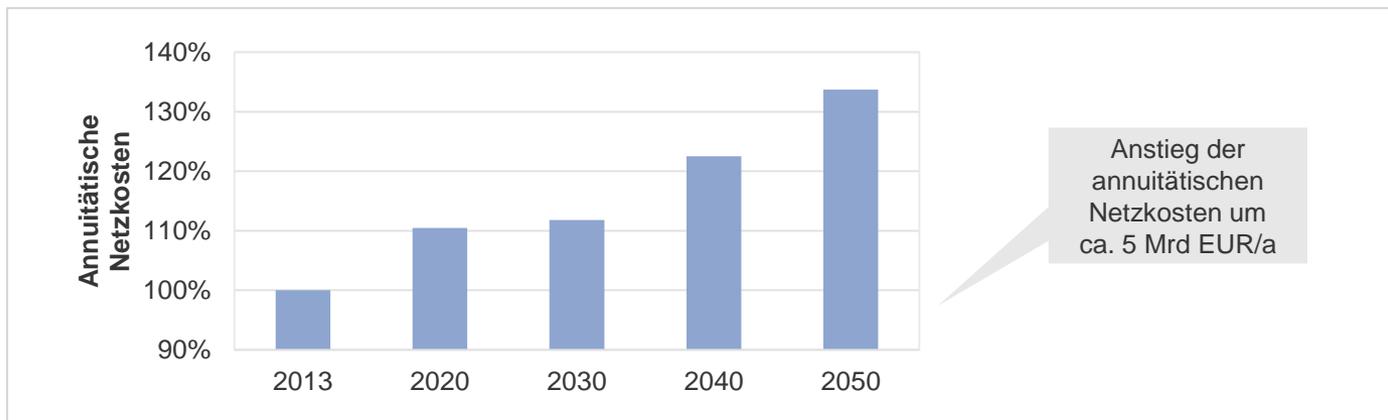
# Stromsystem: Netze

Basisszenario (80% THG-Minderung)

## Netzausbau (Zubau/Verstärkung) Übertragungsnetz



## Netzausbau Verteilernetz

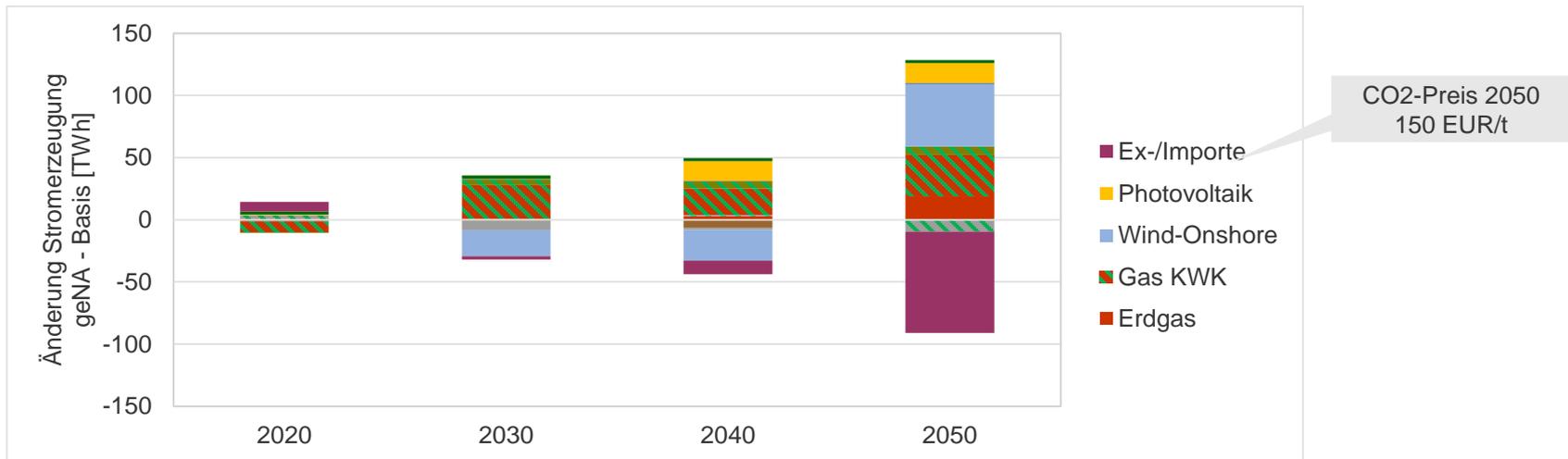


# Szenario „geringerer ÜbertragungsNetzausbau“

Ist Zielerreichung auch bei deutlich geringerem Übertragungsnetzausbau möglich und zu welchem Preis?

- > Dennoch erheblicher Netzausbau angenommen
  - » In Deutschland EnLAG und BBPIG
  - » Im Ausland TYNDP-Projekte mit hoher Realisierungswahrscheinlichkeit
- > Darüber hinaus weitgehender Verzicht auf Übertragungsnetzausbau
  - » lokale Verstärkungsmaßnahmen bleiben zugelassen

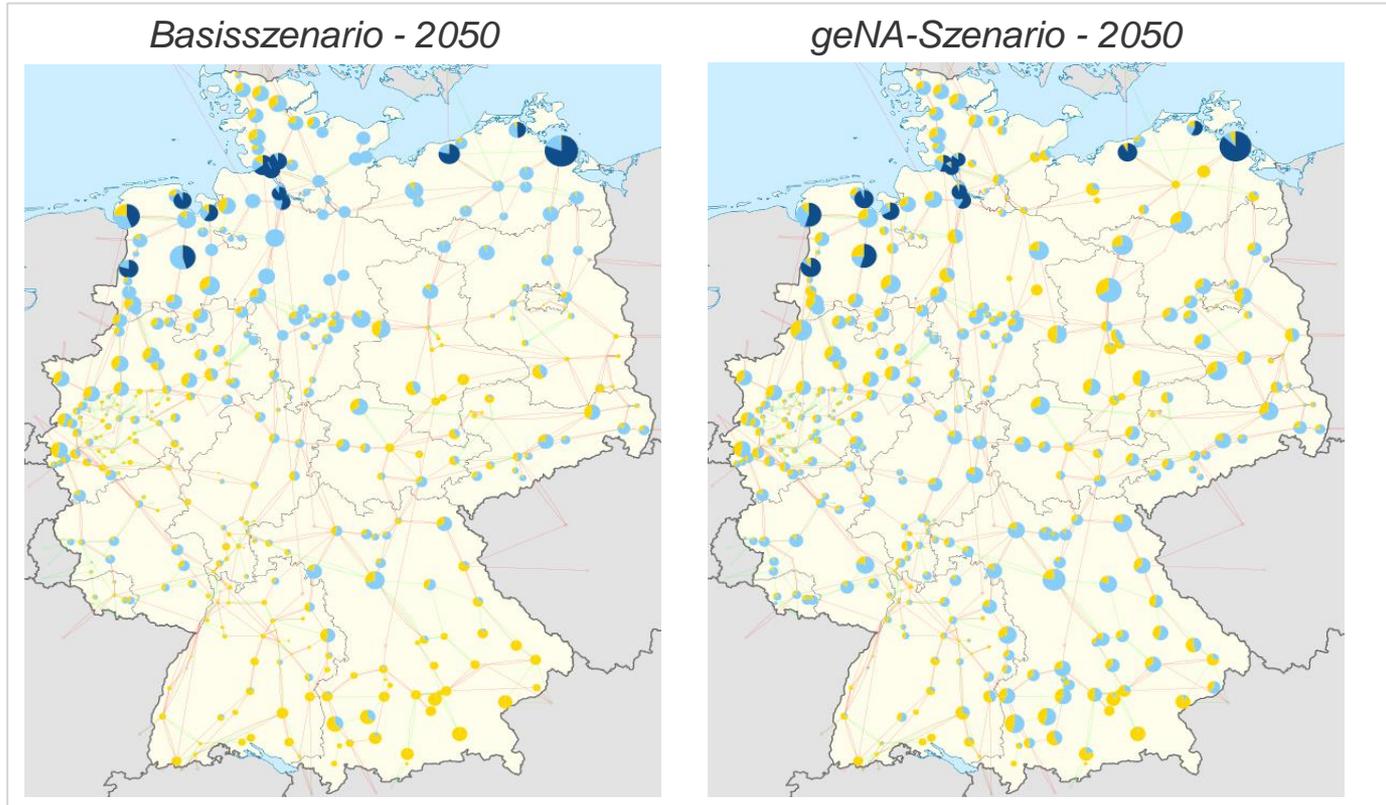
Änderungen im Erzeugungssystem gegenüber Basisszenario erheblich



# Szenario „geringerer Übertragungsnetzausbau“

Systemeffekte

## Regionale Verteilung Erzeugung

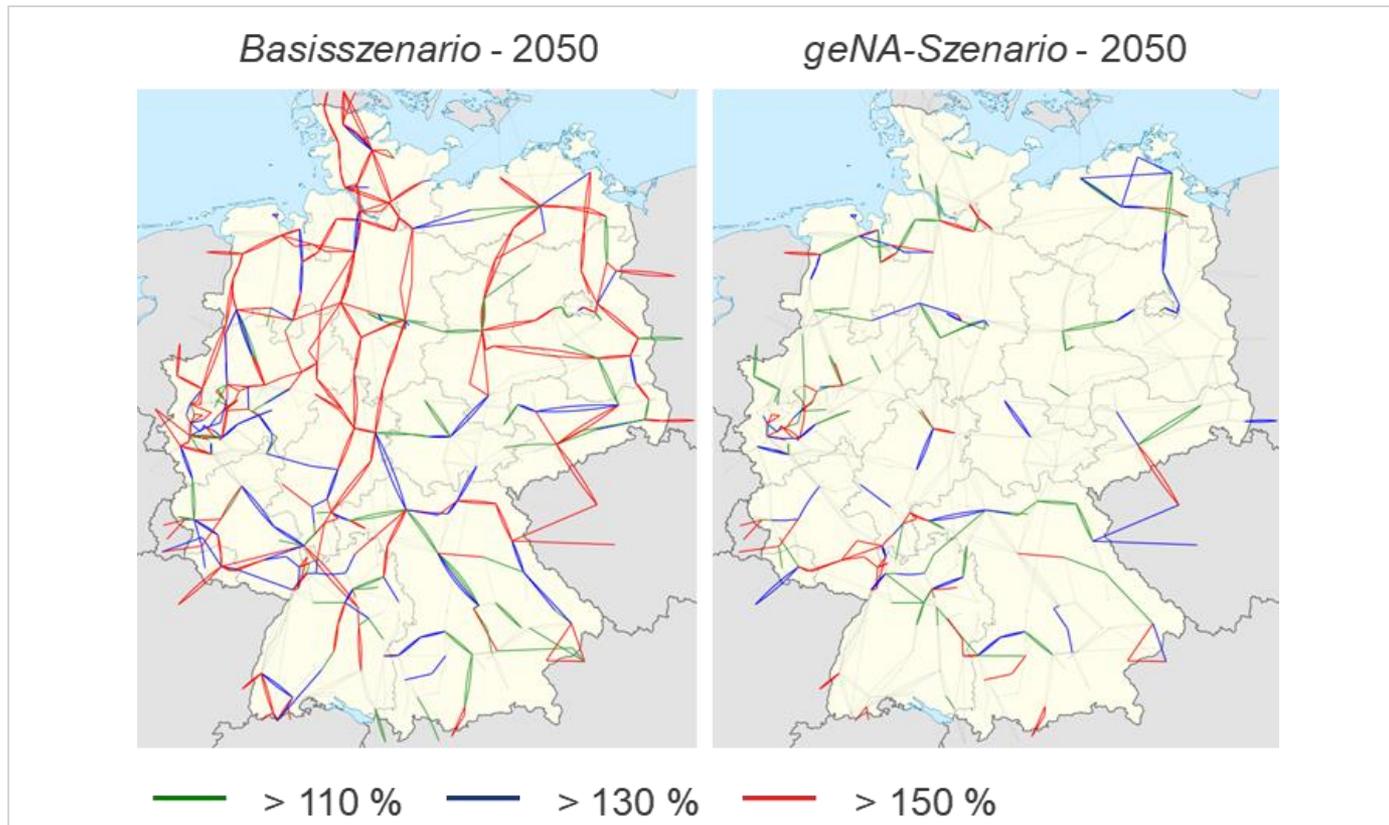


- > Insgesamt deutlich mehr installierte EE-Leistung
- > Verschiebung von Wind nach Süden, PV nach Norden

# Szenario „geringerer Übertragungsnetzausbau“

Effekte im Übertragungsnetz

Belastung im Übertragungsnetz vor endogenen Netzausbaumaßnahmen

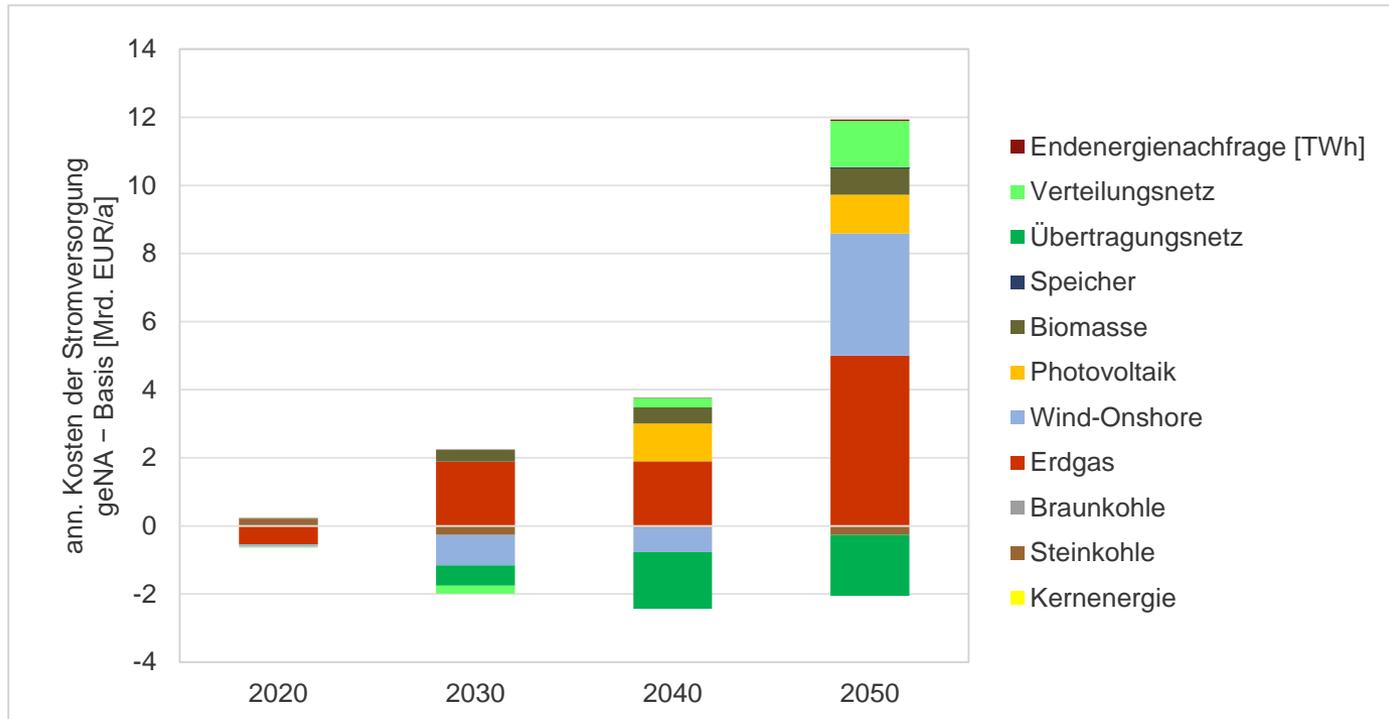


> Signifikante Reduktion v. a. der Nord-Süd-Belastung

# Szenario „geringerer Übertragungsnetzausbau“

Systemkosten

## Vergleich mit Kosten des Basisszenarios



- > Rückgang Übertragungsnetzkosten wird durch höhere Verteilernetzkosten für Anschluss zus. EE nahezu kompensiert
- > Gleichzeitig deutlicher Anstieg sonstiger Systemkosten

# Erste Schlussfolgerungen

## Gesamtes Energiesystem

- > Bereits 80%-Ziel sehr ambitioniert → koordiniertes Zusammenwirken von Gesellschaft und Wirtschaft erforderlich
- > Energieeffizienz wichtiger Beitrag zur Zielerreichung
- > Gerade in Industrie grundlegender Wandel (und ggf. CCS-Einsatz) erforderlich

## Stromsystem

- > Nicht nur in Deutschland, sondern in Europa für kosteneffiziente Umsetzung hohes Maß an Koordination und Kooperation notwendig
- > Vernetzung (im Stromsystem, aber z. B. auch P2H) effizienteste Flexibilitätsoption
  - » Management von Dargebotsschwankungen insb. über europ. Austausch zumindest bei 80%-Ziel effizienter als neue Speicher o.ä.
  - » schließt Notwendigkeit von Backup für Extremsituationen nicht aus
- > Fossile KWK (v. a. Erdgas) kann eine Rolle als Brückentechnologie haben
- > Starker Ausbau insbesondere von Onshore-Wind zur Zielerreichung kosteneffizient
  - » dabei gute Standorte + Netzausbau effizienter als Standortverlagerung
- > Effizienter Ü-Netzausbau geht deutlich über BBPIG hinaus
  - » erheblicher Netzausbau auch im Ausland
  - » Ziele allerdings auch mit dem gegenüber geringerem Ausbau erreichbar → aber deutliche Effekte für Stromsystem und deutlich höhere Systemkosten
- > Investitionsvolumen in V-Netzen sogar höher als in Ü-Netzen, dort aber wg. Akzeptanz und Systemrückwirkungen größere Herausforderungen

# consentec

Consentec GmbH

Grüner Weg 1

52070 Aachen

Deutschland

Tel. +49. 241. 93836-0

Fax +49. 241. 93836-15

info@consentec.de

[www.consentec.de](http://www.consentec.de)