

---

# MODELLGESTÜTZTE ANALYSE OPTIMALER ANPASSUNGSREAKTIONEN DES EUROPÄISCHEN STROMSYSTEMS AN UNTERSCHIEDLICHE WETTERSITUATIONEN

**Katja Franke, Gerda Deac, Dr. Frank Sensfuß, Dr. Benjamin Pfluger, Christiane Bernath und Benjamin Lux**  
**Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI**

**IEWT 2019 Wien**

**14.02.2019**

---



---

# Struktur

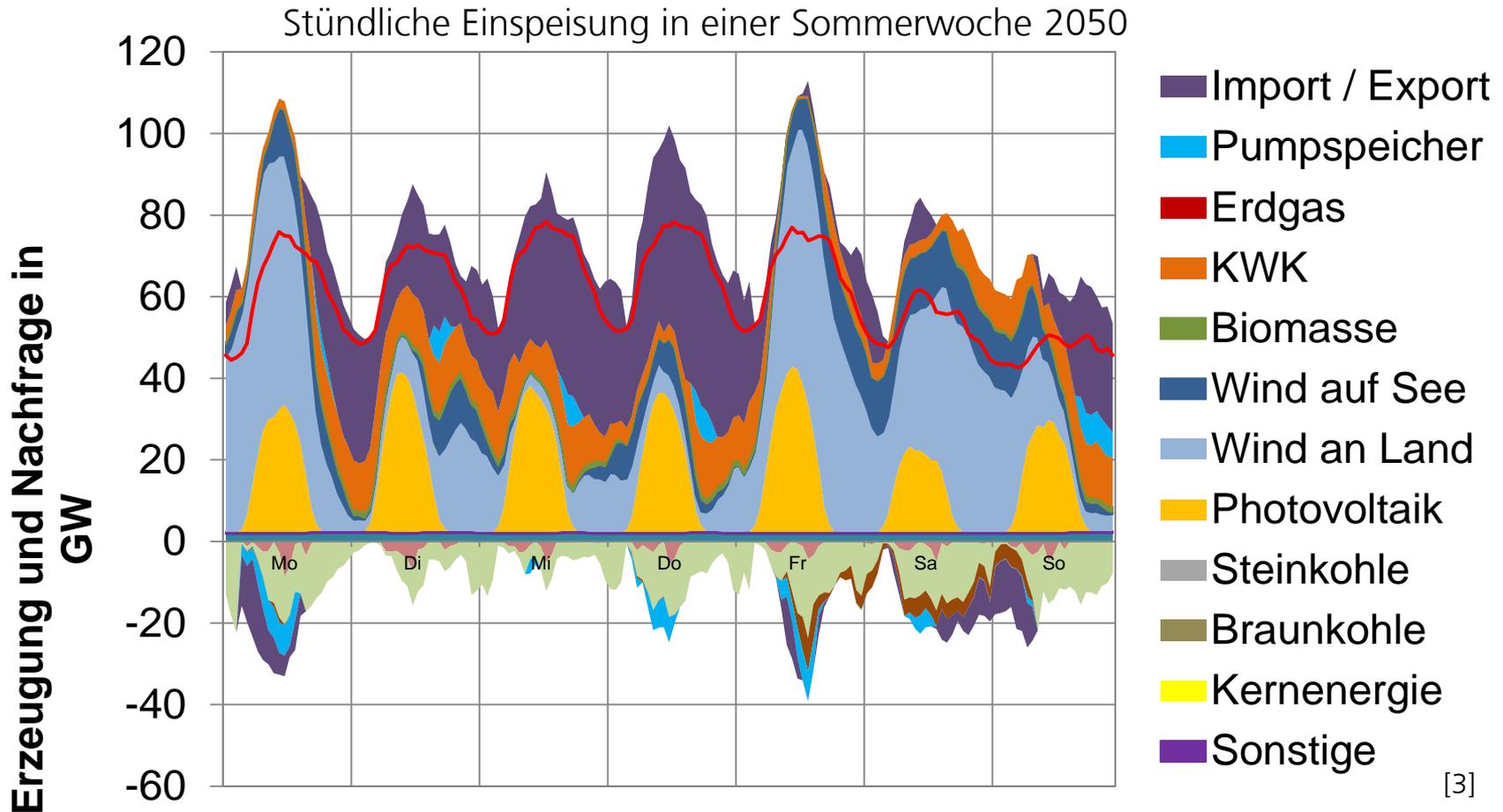
---

---

- Motivation und Fragestellung
- Methodik
- Ergebnisse und Diskussion
- Fazit

# Motivation

## Fluktuierende Einspeisung



---

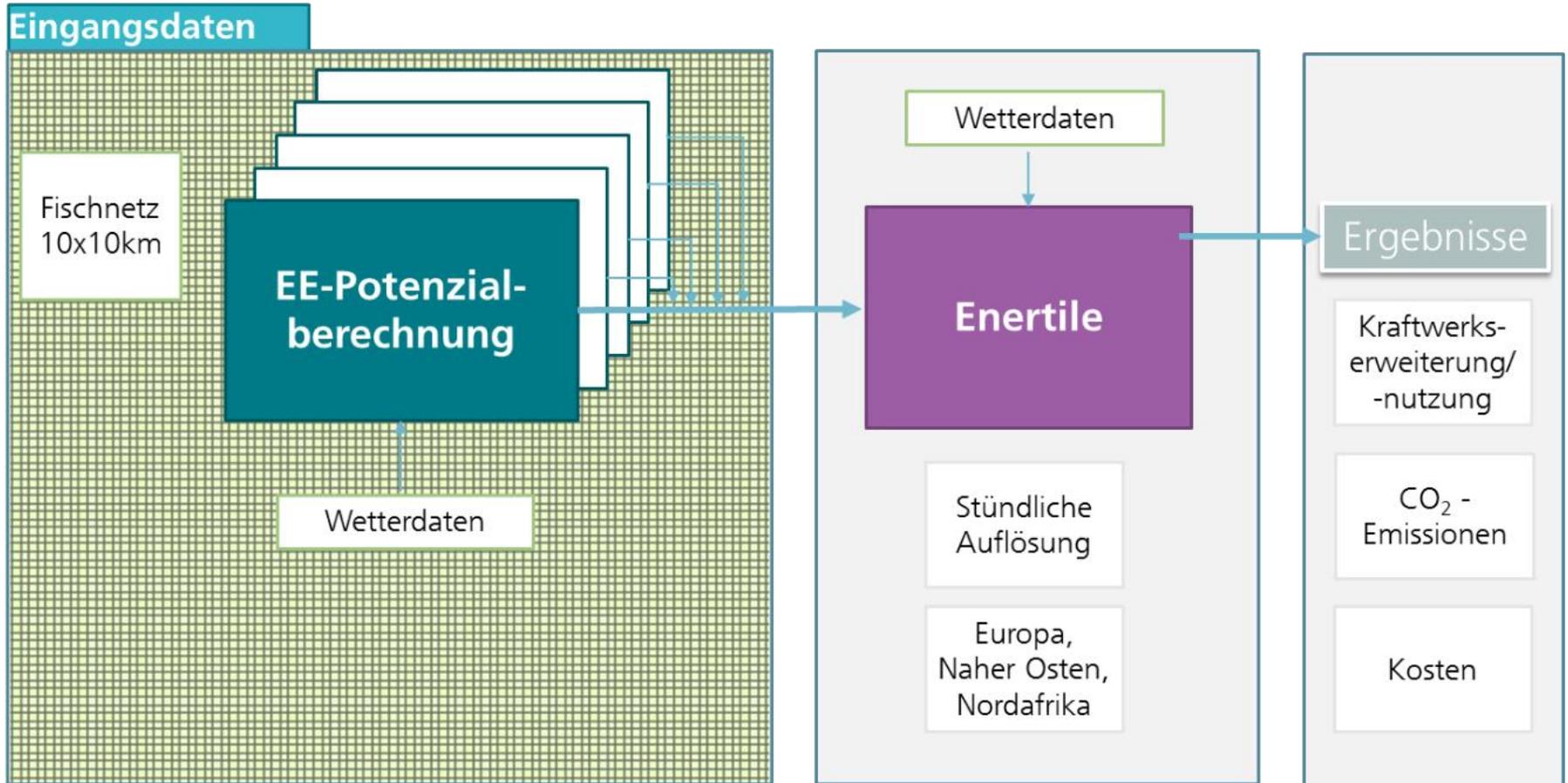
# Fragestellung

---

---

1. Welche Wettersituationen bilden eine Herausforderung für das Stromsystem?
2. Welche kostenoptimalen Anpassungsstrategien für unterschiedliche Wettersituationen können im Stromsystem angewendet werden?

# Methodik Modellbeschreibung



# Analyse der Wetterdaten

## Kriterien worst case/best case

Deutschland

	Temperatur		Windgeschwindigkeit		solare Einstrahlung		Heizgradstunden
	$\bar{T}_{min}$	$T_{min,abs}$	$\bar{v}_{min}$	$v_{max}$	$\bar{J}_{min}$	$J_{max}$	$HDH$
2007	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
2008	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow
2009	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
2010	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red
2011	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Green
2012	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

# Analyse der Wetterdaten

## Kriterien worst case/best case

Deutschland

	Temperatur		Windgeschwindigkeit		solare Einstrahlung		Heizgradstunden
	$\bar{T}_{min}$	$T_{min.abs}$	$\bar{v}_{min}$	$v_{max}$	$\bar{I}_{min}$	$I_{max}$	$HDH$
2007	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
2008	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow
2009	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
2010	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red
2011	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Green
2012	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

# Analyse der Wetterdaten

## Kriterien worst case/best case

Deutschland

	Temperatur		Windgeschwindigkeit		solare Einstrahlung		Heizgradstunden
	$\bar{T}_{min}$	$T_{min,abs}$	$\bar{v}_{min}$	$v_{max}$	$\bar{J}_{min}$	$\dot{J}_{max}$	HDH
2007	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
2008	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow
2009	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
2010	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red
2011	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Green
2012	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

Europa

	$\bar{T}_{min}$	$T_{min,abs}$	$\bar{v}_{min}$	$v_{max}$	$\bar{J}_{min}$	$\dot{J}_{max}$	HDH
2007	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
2008	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Red	Yellow
2009	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green
2010	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
2011	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow
2012	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Red	Green	Red

# Analyse der Wetterdaten

## Kriterien worst case/best case

Deutschland	Temperatur		Windgeschwindigkeit		solare Einstrahlung		Heizgradstunden
	$\bar{T}_{min}$	$T_{min,abs}$	$\bar{v}_{min}$	$v_{max}$	$\bar{I}_{min}$	$I_{max}$	$HDH$
2007	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green
2008	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow
2009	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
2010	Red	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red
2011	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Green
2012	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

Europa	$\bar{T}_{min}$	$T_{min,abs}$	$\bar{v}_{min}$	$v_{max}$	$\bar{I}_{min}$	$I_{max}$	$HDH$
	2007	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
2008	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Red	Yellow
2009	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green
2010	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
2011	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow
2012	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Red	Green	Red

---

# Fazit

## Wetterdatenanalyse

---

---

- 2010: kaltes, windschwaches Jahr sowohl in Deutschland als auch in Europa
- 2012: durchschnittliches Jahr in Deutschland, überaus kaltes Jahr in Europa
- 2007: warmes, windreiches Jahr in Deutschland als auch in Europa

Für zukünftige Analysen:

- Erweiterung des Datensatzes

# Beschreibung der Szenarien



- 80% Treibhausgas-reduktion im Stromsektor
- kostenoptimale Anpassungsstrategien

[4]

# Beschreibung der Szenarien



- Kapazitäten des Basisszenarios werden fixiert

[4]

# Beschreibung der Szenarien



- Wetterjahr 2010 ohne Skalierung und Anpassung des Windprofils

[4]

# Beschreibung der Szenarien



- Wetterjahr 2012 ohne Skalierung und Anpassung des Windprofils

[4]

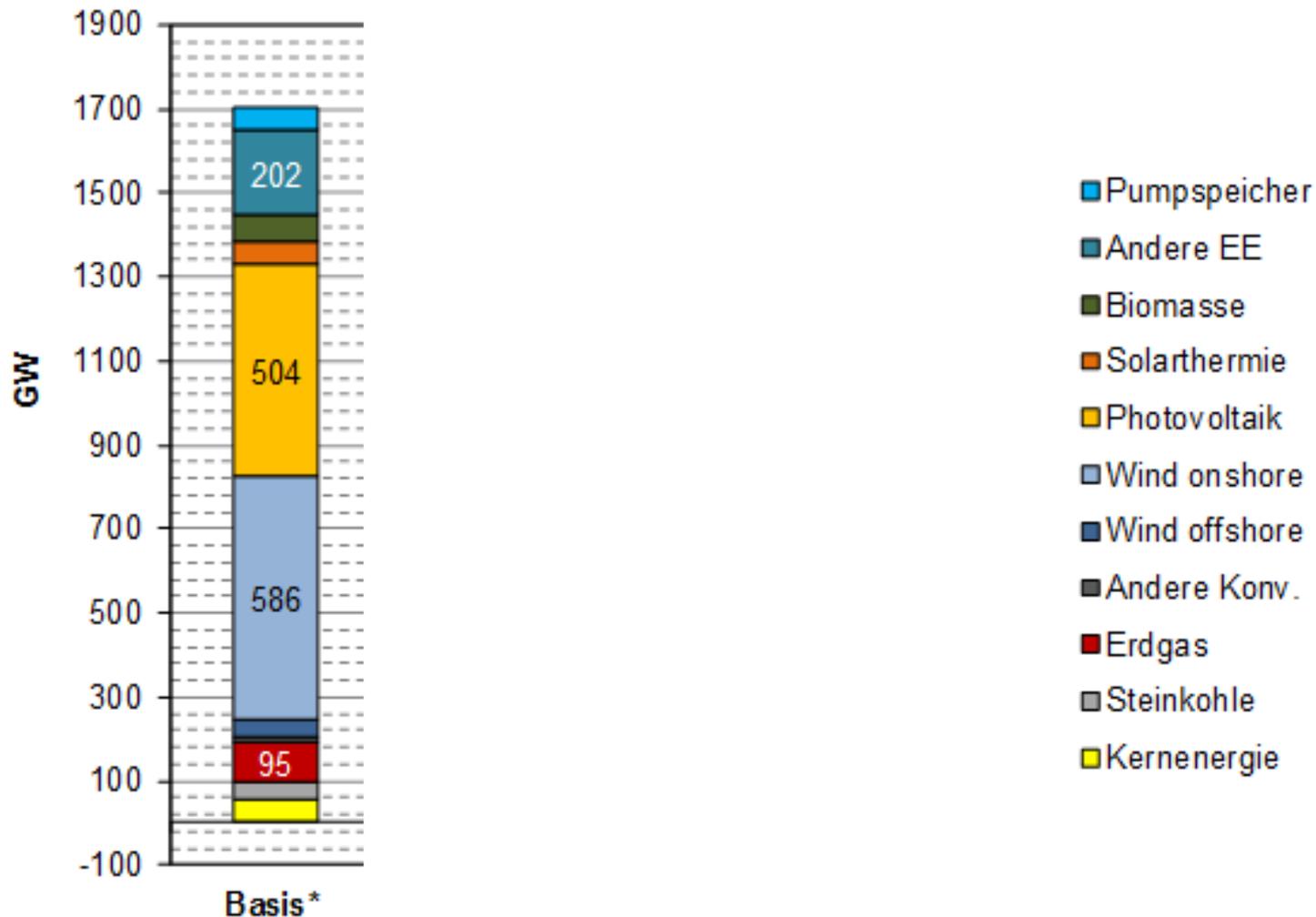
# Beschreibung der Szenarien



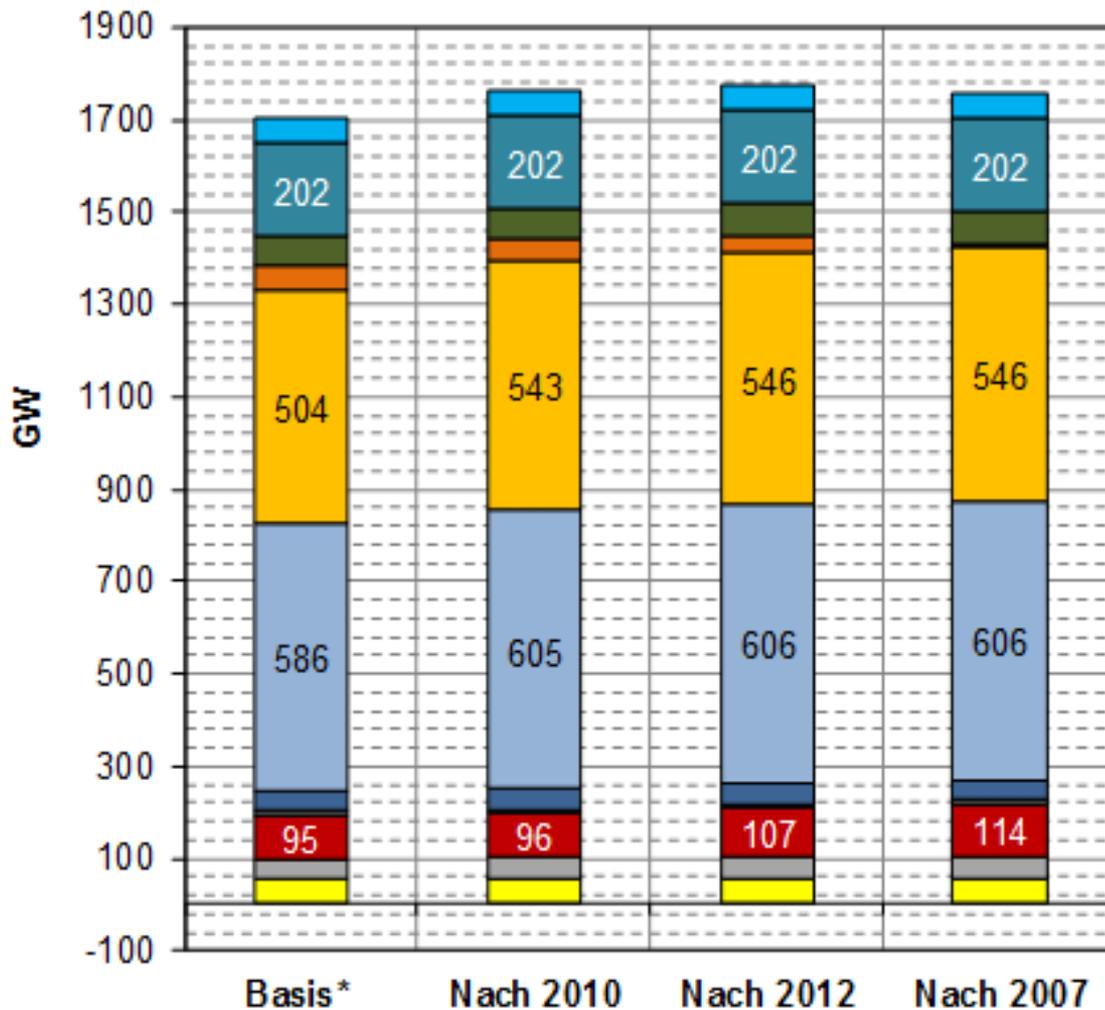
- Wetterjahr 2007 ohne Skalierung und Anpassung des Windprofils

[4]

# Ergebnisse – Szenarienberechnung Europa 2050 installierte Leistung



# Ergebnisse – Szenarienberechnung Europa 2050 installierte Leistung

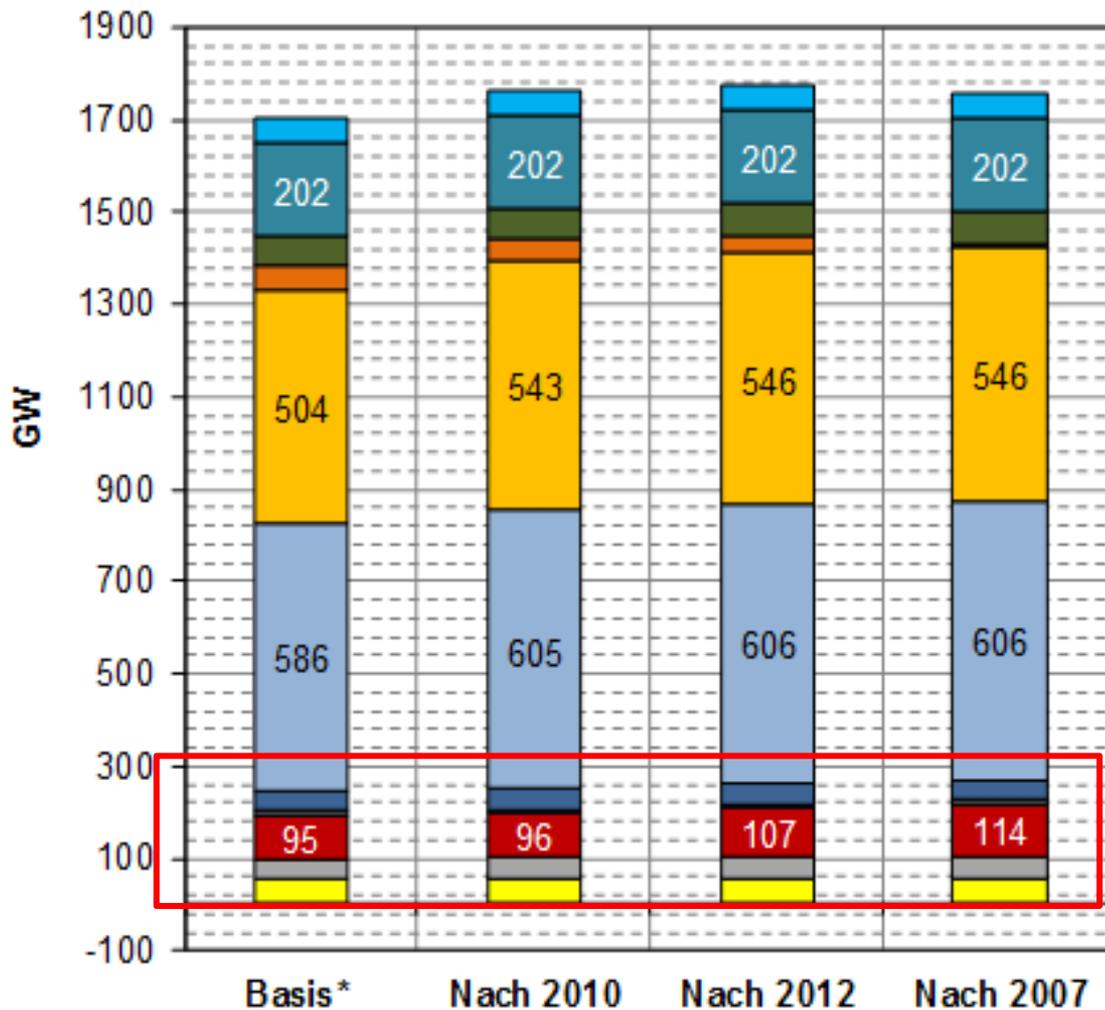


2010: schlechtes  
Windjahr, geringe  
mittlere Temperatur



Erhöhung der  
installierten Leistung  
der Windkraft- und  
Solaranlagen

# Ergebnisse – Szenarienberechnung Europa 2050 installierte Leistung

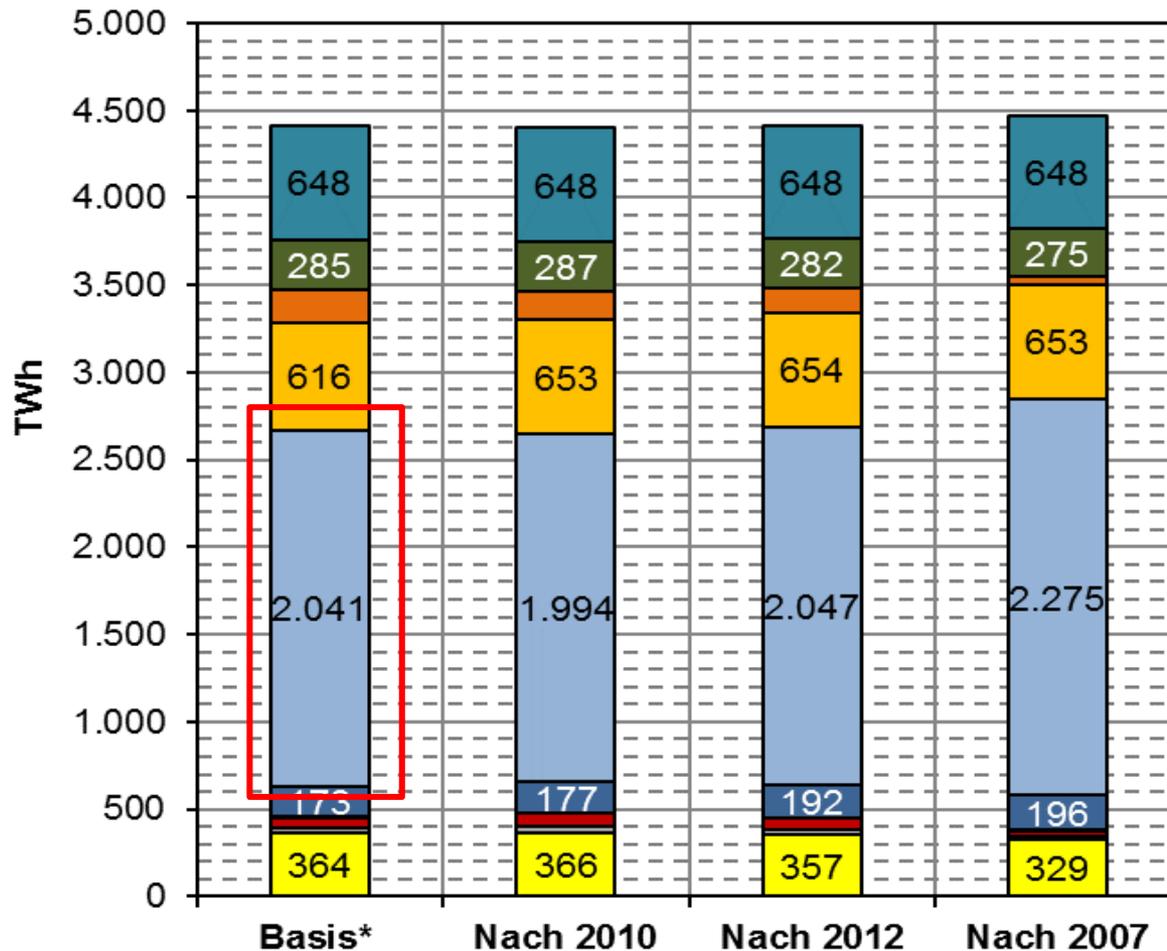


Ausbau der  
Erdgaskapazitäten



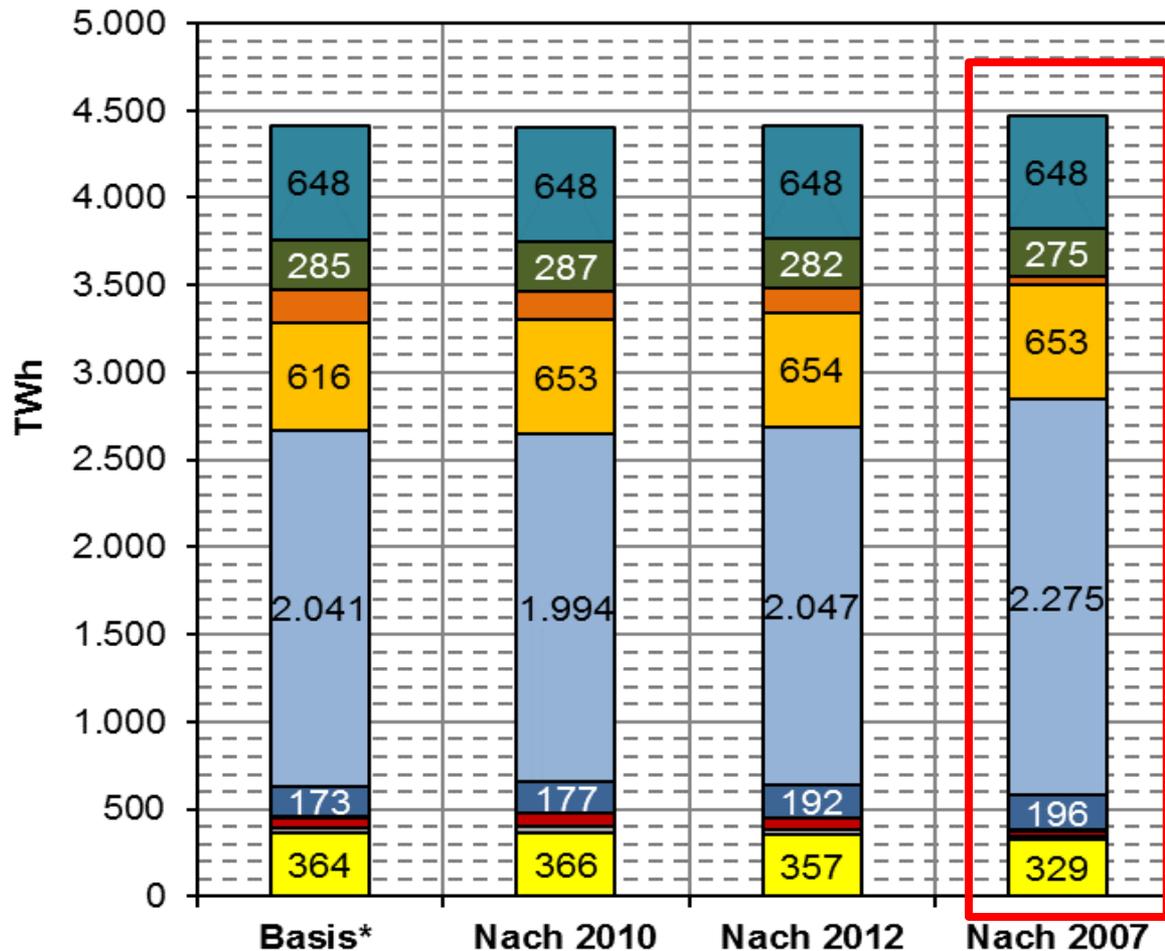
Zum Ausgleichen der  
variablen Erzeugung

# Ergebnisse – Szenarienberechnung Europa 2050 Erzeugung



- 2010:
- Geringere Windeinspeisung
  - Steigende Volllaststunden der konventionellen Kraftwerke

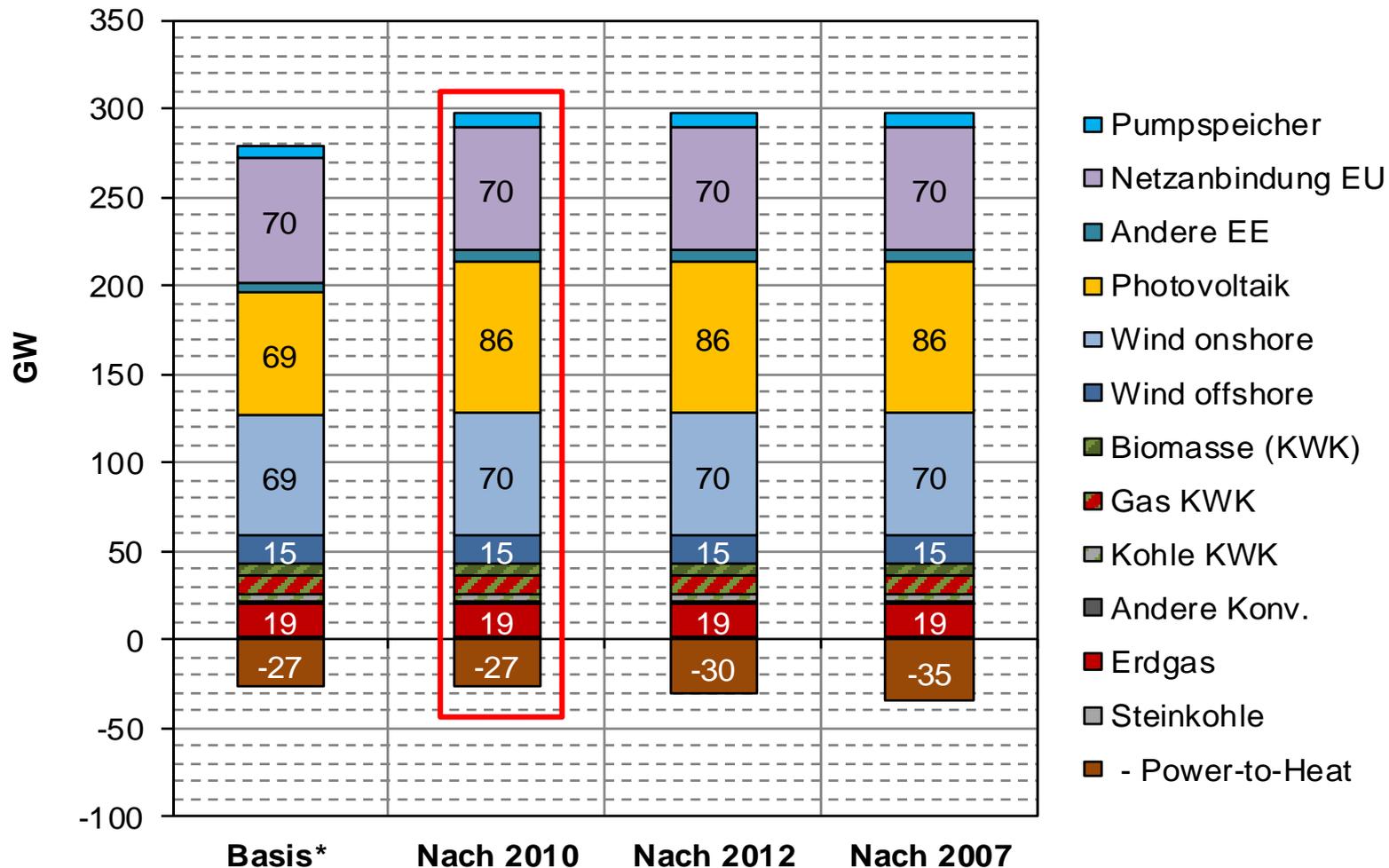
# Ergebnisse – Szenarienberechnung Europa 2050 Erzeugung



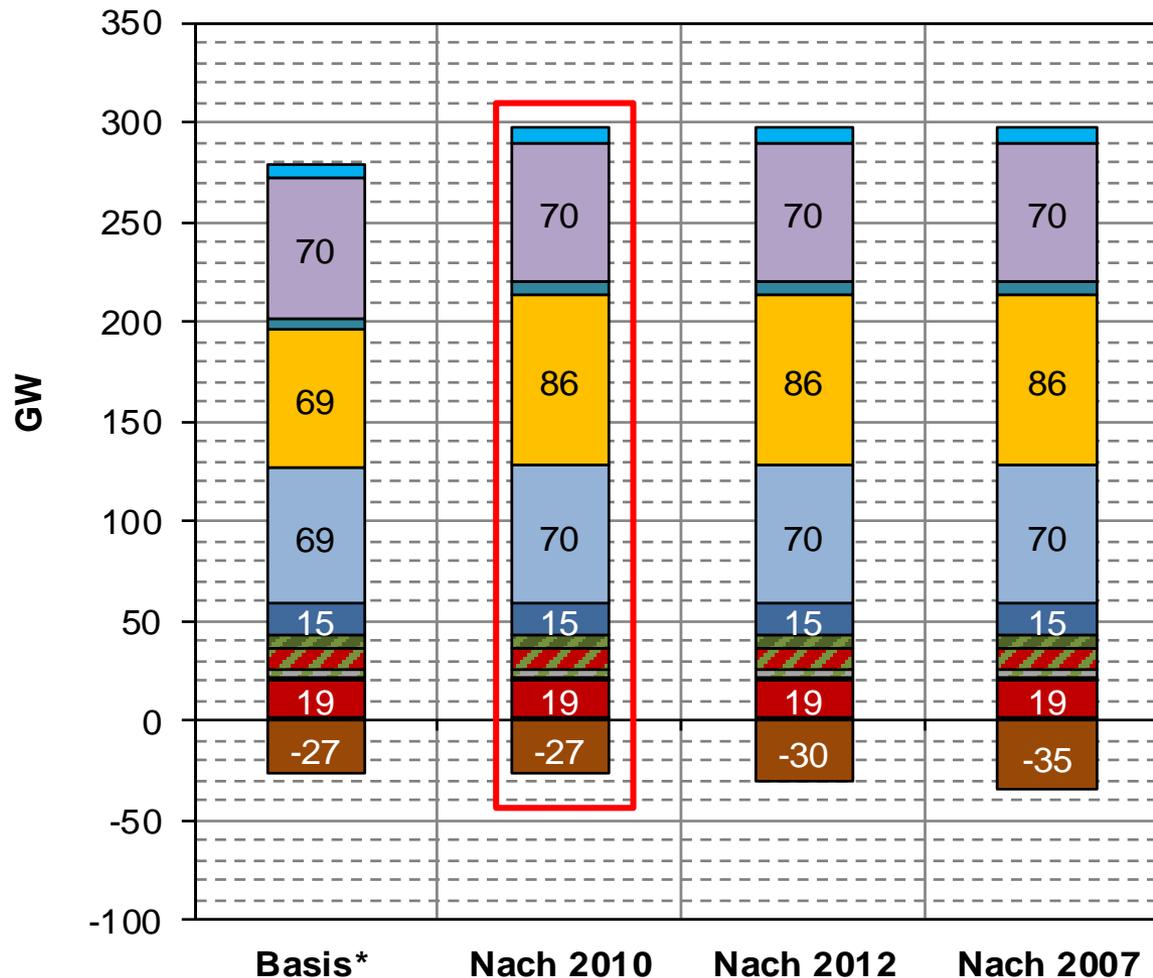
2007:

- Hohe Windeinspeisung
- Sinkende Volllaststunden der konventionellen Kraftwerke
- Erdgaskapazitäten werden für Kompensation erhöhter Stromnachfrage

# Ergebnisse – Szenarienberechnung Deutschland 2050 installierte Leistung



# Ergebnisse – Szenarienberechnung Deutschland 2050 installierte Leistung

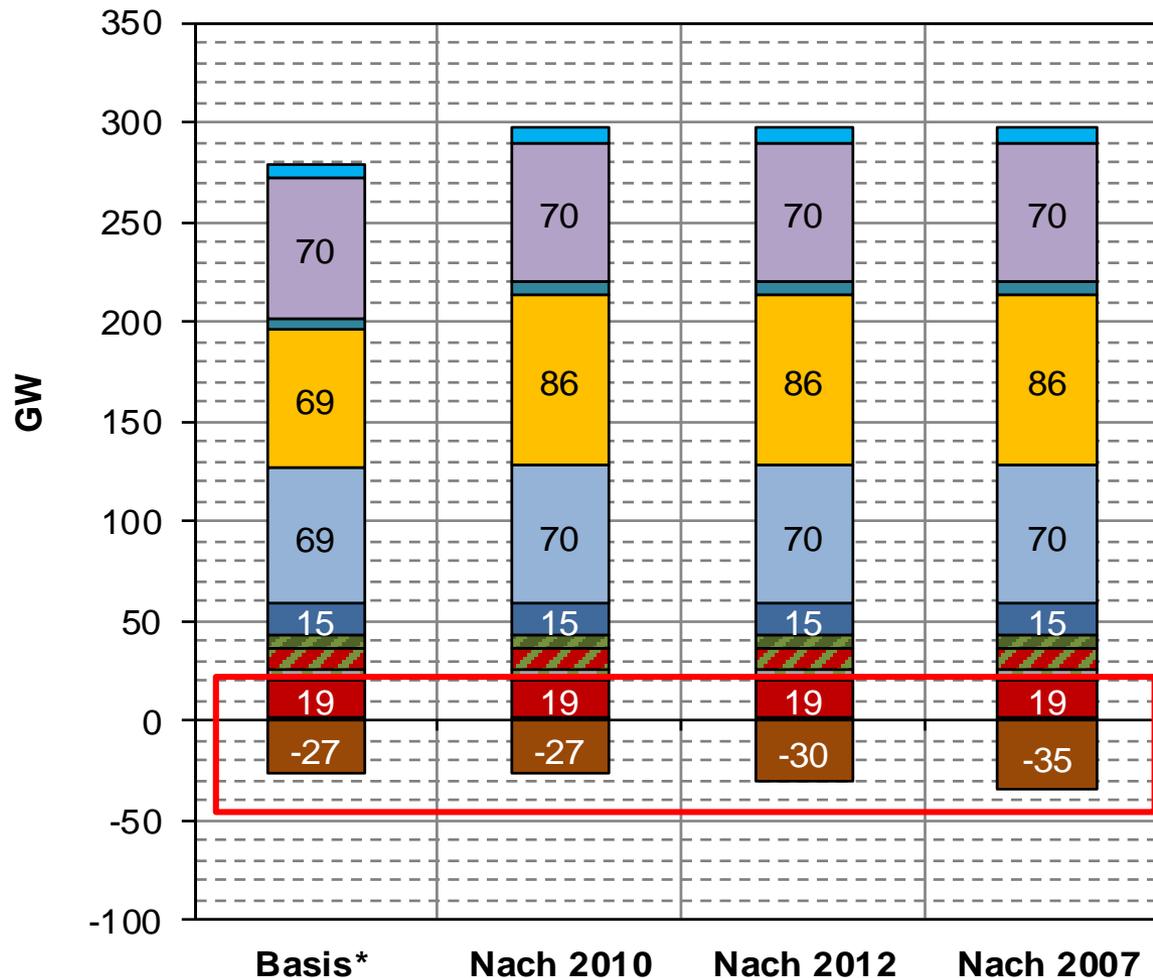


2010: schlechtes  
Windjahr, geringe  
mittlere Temperatur,  
geringe solare  
Einstrahlung



Ausbau der  
Solarkapazitäten,  
leichte Erhöhung  
der  
Windkapazitäten

# Ergebnisse – Szenarienberechnung Deutschland 2050 installierte Leistung

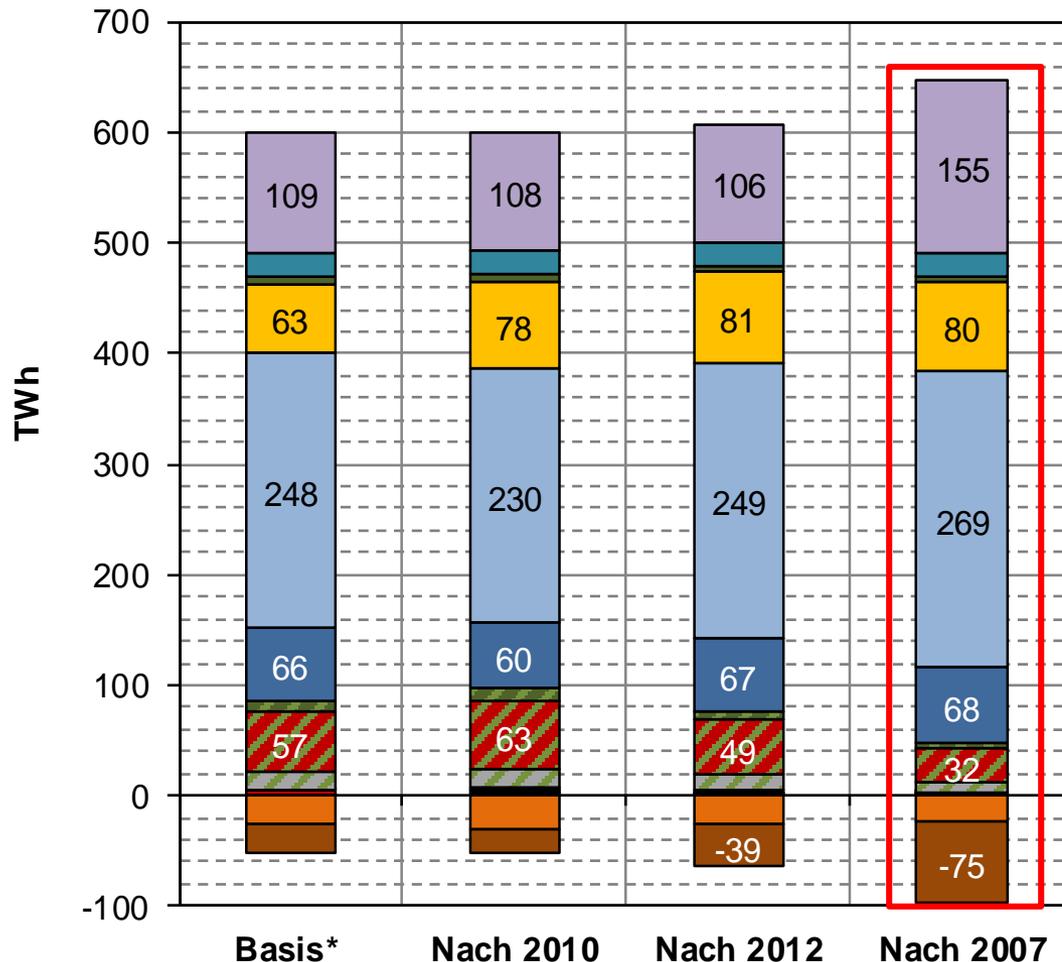


Ausbau der  
Sektorkopplung



Ausgleich der  
fluktuierenden  
Einspeisung

# Ergebnisse – Szenarienberechnung Deutschland 2050 Erzeugung



2007: gutes  
Windjahr und warm



- Hohe Einspeisung aus Windkraftanlagen
- Erhöhung der Importe
- steigender Einsatz der Sektorkopplung

---

# Fazit

## Szenarienanalyse

---

Anpassungsreaktionen auf unterschiedliche Wettersituationen:

- Europäische Ebene
  - Erhöhung der EE-Kapazitäten
  - Ausbau von Erdgaskapazitäten
- Deutsche Ebene
  - Erhöhung der EE-Kapazitäten
  - Ausbau der Sektorkopplung



Die berechneten Stromsysteme können 35.000 Stunden reale Wetterdaten mit unterschiedlichen Herausforderungen standhalten

# Fazit

## Szenarienanalyse

---

Anpassungsreaktionen auf unterschiedliche Wettersituationen:

- Europäische Ebene
  - Erhöhung der EE-Kapazitäten
  - Ausbau von Erdgaskapazitäten
- Deutsche Ebene
  - Erhöhung der EE-Kapazitäten
  - Ausbau der Sektorkopplung



Die berechneten Stromsysteme können 35.000 Stunden reale Wetterdaten mit unterschiedlichen Herausforderungen standhalten



Das zugrunde gelegte Basisszenario ist gegenüber verschiedenen Wettersituationen schon sehr robust

---

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Haben Sie Fragen?

---

---

Katja Franke M.Sc.  
Competence Center Energiepolitik und Energiemärkte  
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI  
Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe  
Telefon +49 721 6809-331  
[katja.franke@isi.fraunhofer.de](mailto:katja.franke@isi.fraunhofer.de)  
<http://www.isi.fraunhofer.de>  
<http://www.enertile.eu>



---

# Literatur

---

---

1. <https://pixabay.com/en/power-poles-upper-lines-power-lines-503935/>
2. <https://pixabay.com/en/windr%C3%A4der-wind-power-wind-park-fog-1048981/>
3. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/langfrist-und-klimaszenarien.html>
4. <https://pixabay.com/en/at-dusk-ulaanbaatar-western-light-2176359/>
5. <https://pixabay.com/en/pollution-factory-industry-smoke-2575166/>