

---

# Geografische Verteilung der PV für eine gelingende Energiewende in Deutschland

Berit Müller, Caroline Möller,  
Elisa Gaudchau, Ludwig Schneider,  
Kevin Gajkowski, Christian Breyer

7/8.11.2013 – PV Symposium Wolfen



**Zielsetzung des RLI:** Anwendungsnahe Forschung zur optimalen Integration Erneuerbarer Energien in unser Energiesystem

## Thematische Schwerpunkte am RLI



Mobilität und erneuerbare Energien



Optimierte Energiesysteme (Regional D / Off Grid)



Technologie erneuerbarer Energiesysteme

## Querschnittsthema

- Begleitung von Transformationsprozessen

- 1. Die Stromstudie Deutschland des RLI als Basis für verschiedene Auswertungen**
- 2. Allgemeine Ergebnisse**
- 3. PV-bezogene Ergebnisse**

## Vergleich und Optimierung von zentral und dezentral orientierten Ausbaupfaden zu einer Stromversorgung aus EE in Deutschland



**HALEAKALA**  
STIFTUNG

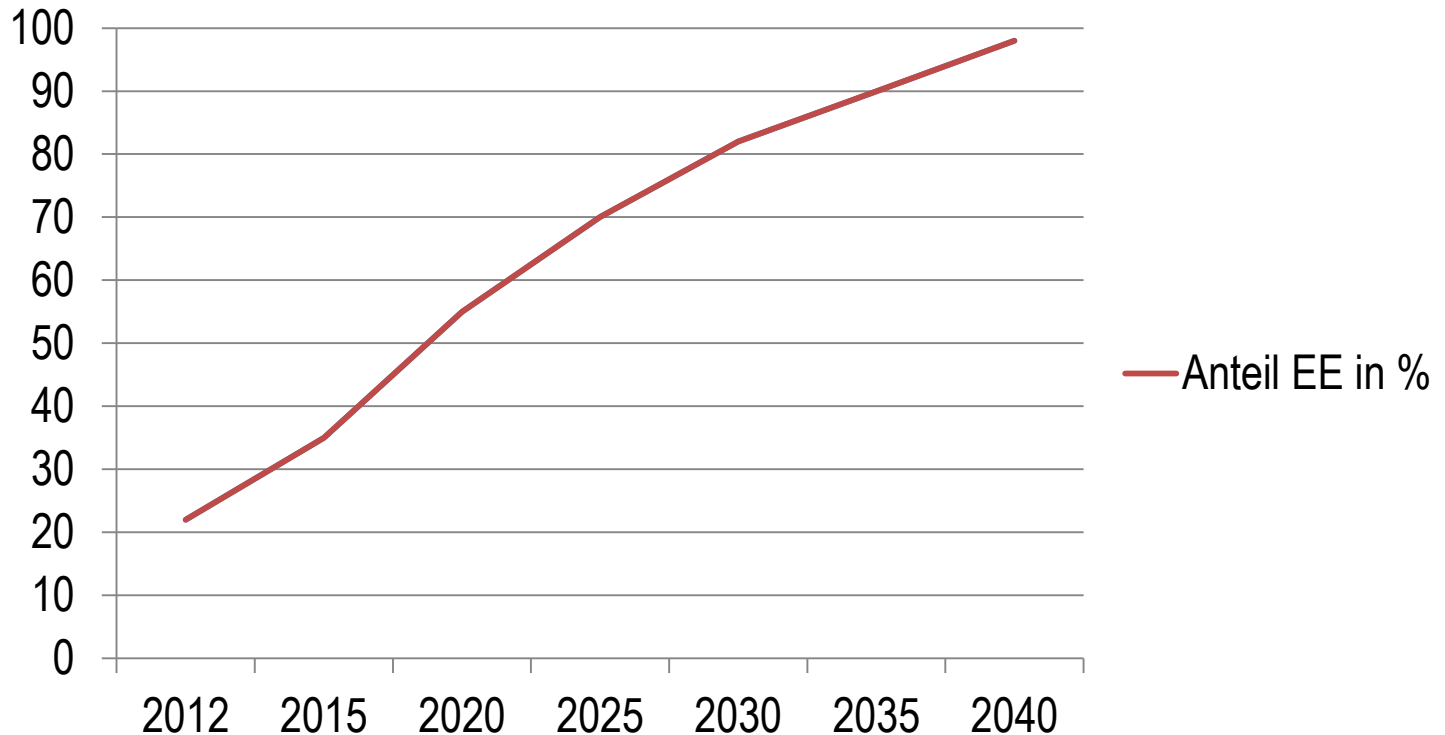


# Aufgabenstellung

2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
22 %	35 - 37 %	55 - 57 %	70 - 72 %	82 - 84 %	90 - 92 %	98 - 99 %

Istzustand

Simulationen



## Modellbildung

- Mehrknoten
- Berücksichtigung des Transportnetzes

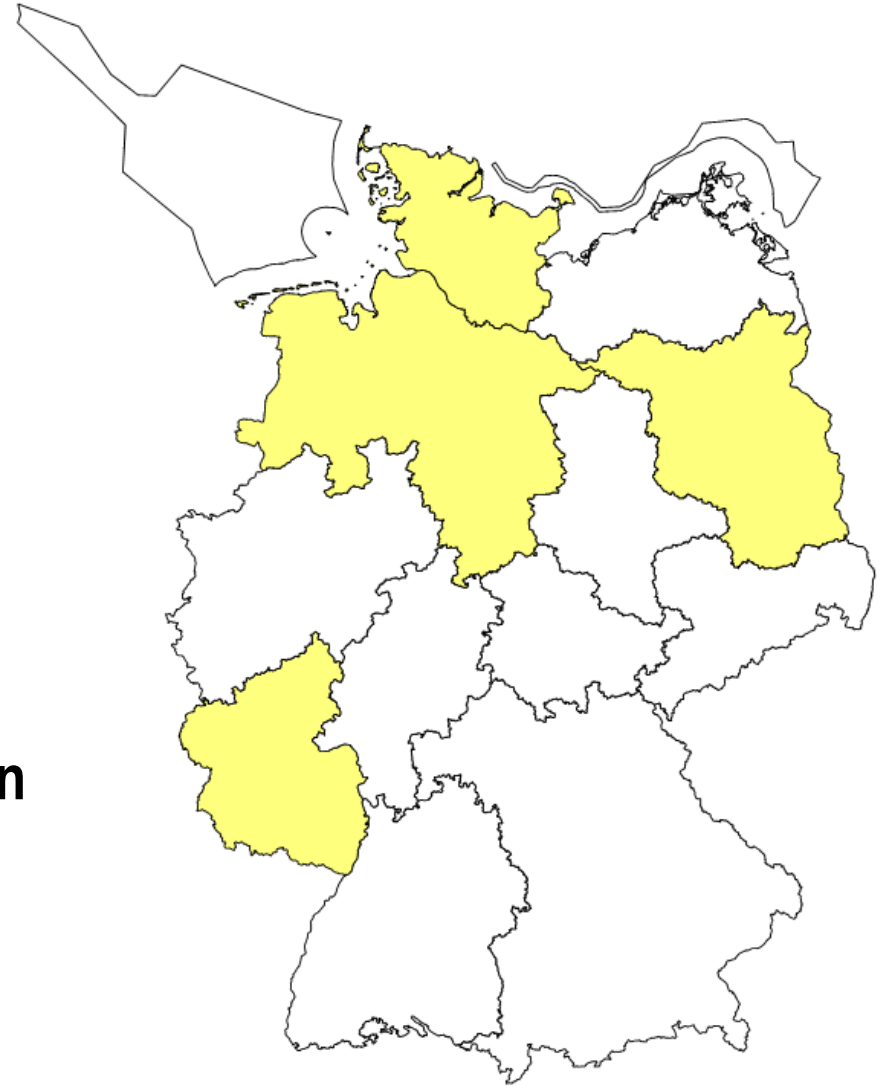
## und Optimierung

- Optimierte Größenordnung und räumliche Verteilung von Kraftwerkskapazitäten (EE und fossil)
- Optimierter Kraftwerkseinsatz
- Optimierung auf minimale Stromgestehungskosten
- Abschätzung der Kommunalen Wertschöpfung

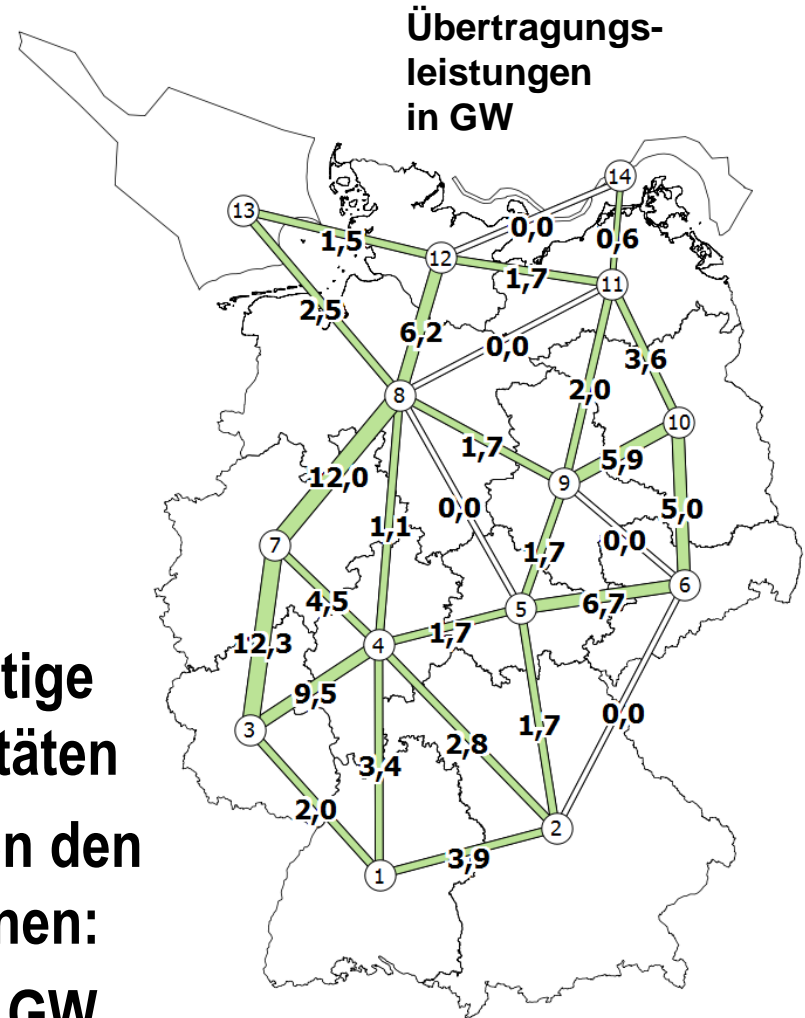
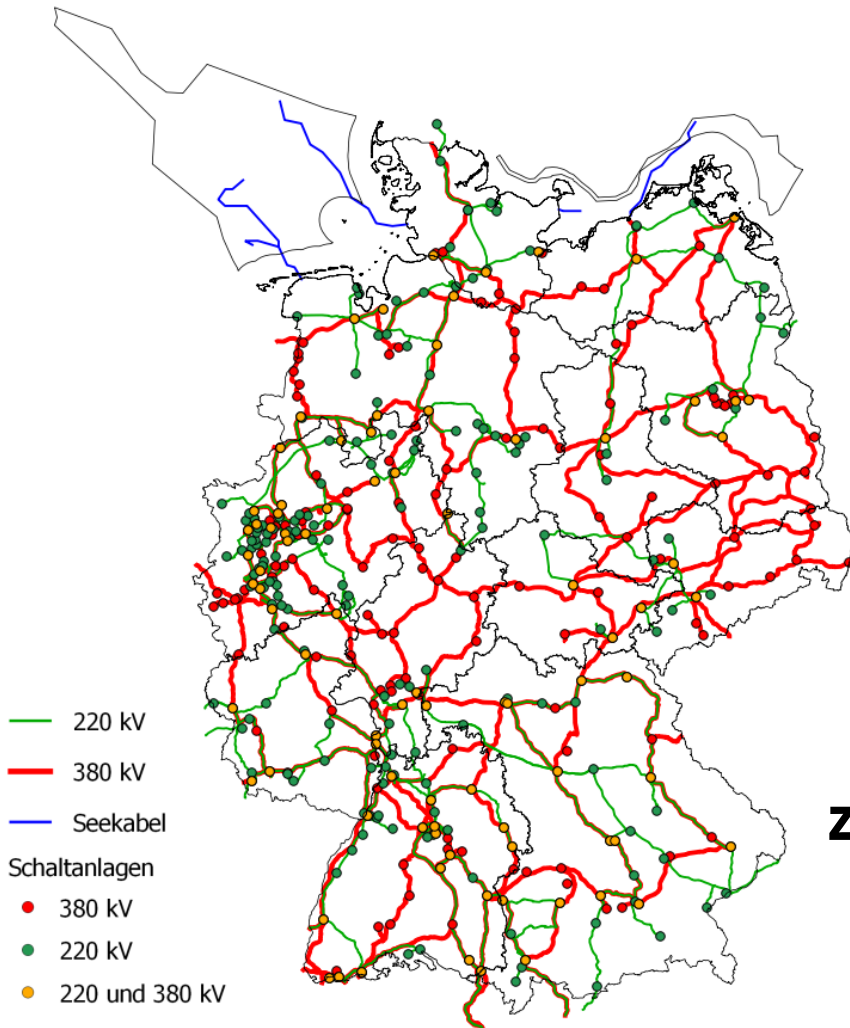
## Deutschland mit 14 Regionen (Knoten)

- 12 „Bundesländer“
- 2 Offshore-Regionen

**Stadtstaaten und Saarland werden  
Bundesländern zugeordnet.**



# Istzustand: Übertragungsnetz



**derzeitige  
Kapazitäten  
zwischen den  
Regionen:  
1 – 17 GW**



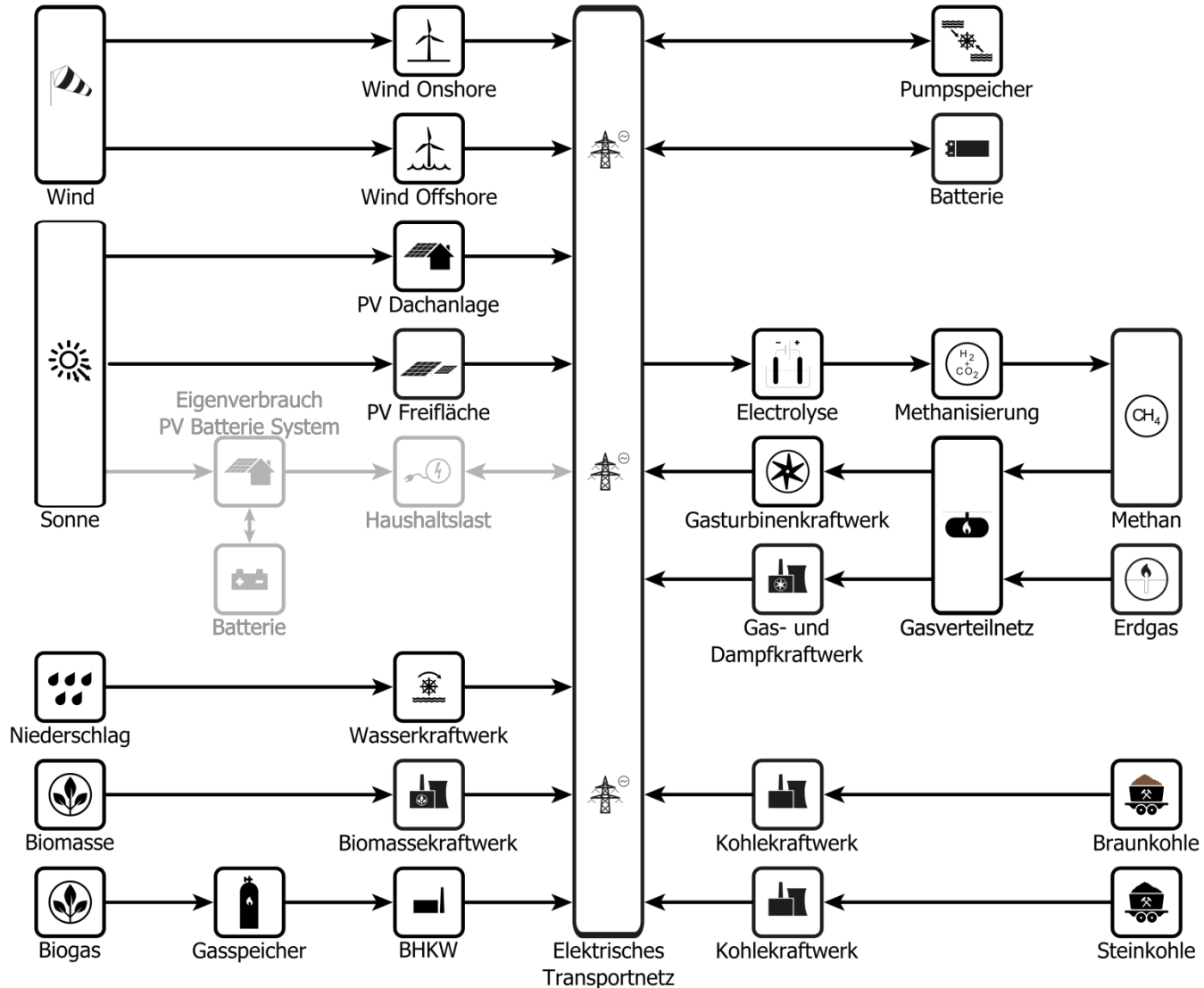
## Modellbildung

- Mehrknoten
- Berücksichtigung des Transportnetzes

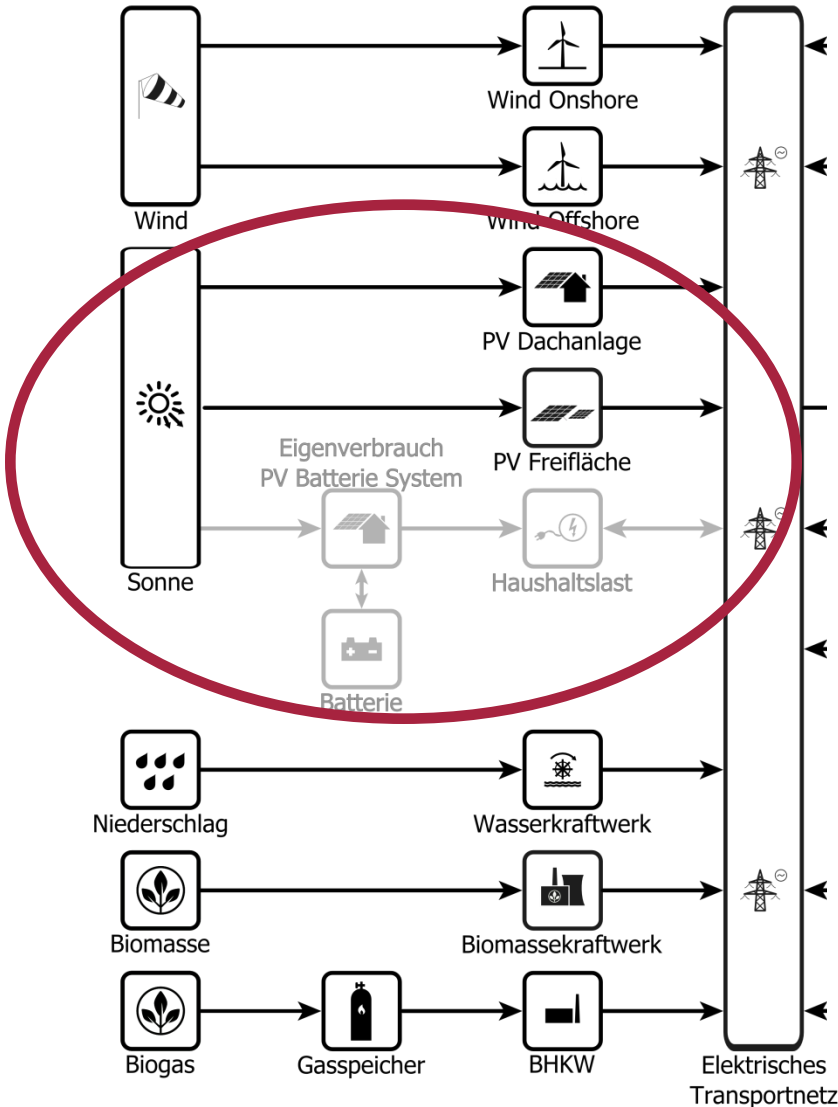
## und Optimierung

- Optimierte Größenordnung und räumliche Verteilung von Kraftwerkskapazitäten (EE und fossil)
- Optimierter Kraftwerkseinsatz
- Optimierung auf minimale Stromgestehungskosten
- Abschätzung der Kommunalen Wertschöpfung

# Komponenten im Modell



# Komponenten im Modell: PV



## Potenzialgrenzen

- Eigenverbrauchsanlagen: 5-20% der Haushaltsnachfrage
- 40 GWp in 2015; 52 GWp in 2020

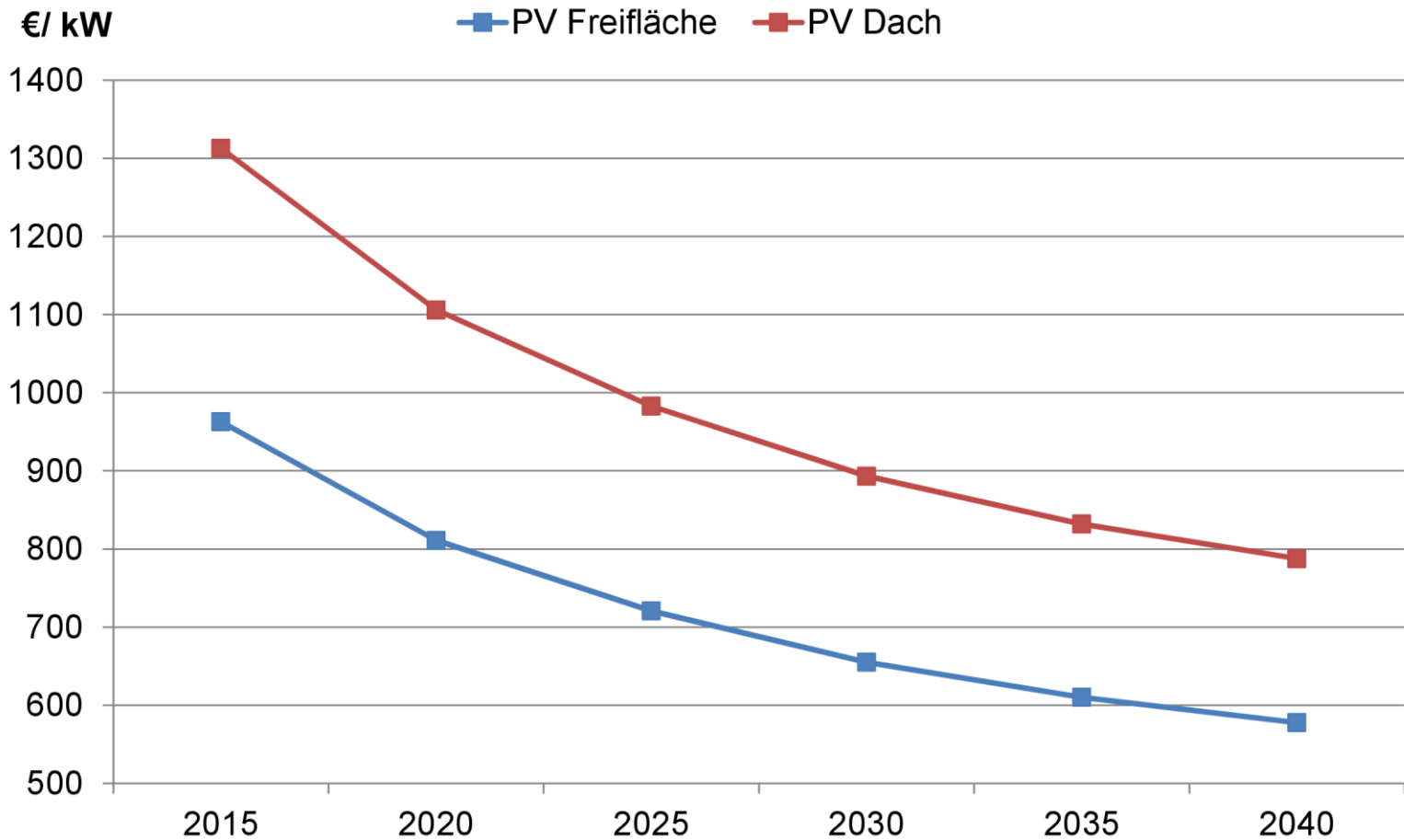
## Einspeisezeitreihen

- Stundenmittelwerte Einstrahlung  
Raster 50 km x 50 km  
Mittel der mittleren Einstrahlung => Rasterpunkt für normierte Einstrahlung

## Kosten

- Differenziert: Dach, Freifläche
- Lebensdauer: 25 Jahre (dann Repowering); 2% Opex<sub>fix</sub>

# Komponenten im Modell: PV

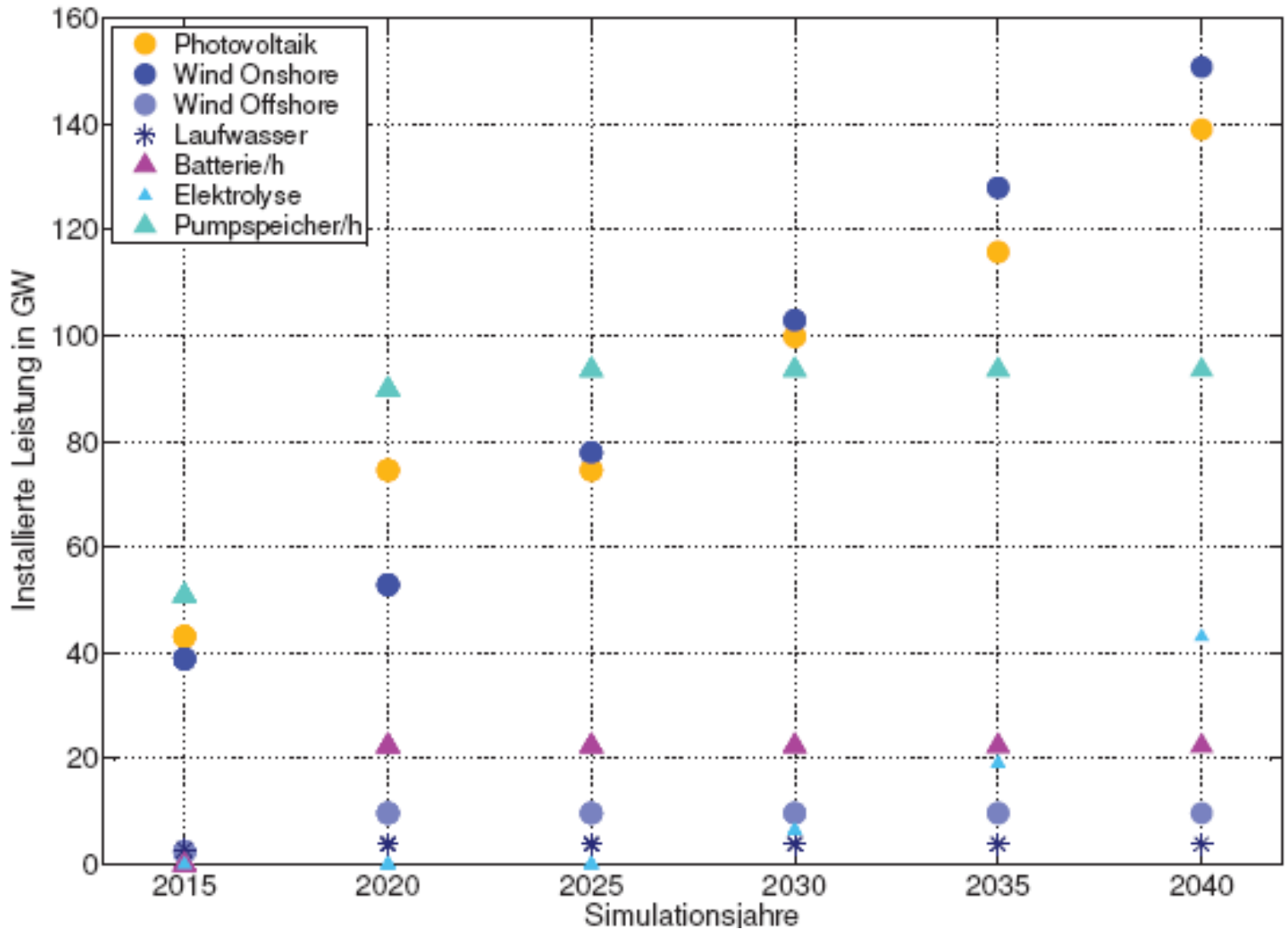


- **Szenario Zentral:** Vorgabe des Anteils EE in Deutschland gemäß Ausbaupfad
- **Szenario Dezentral:** Vorgabe des Anteils EE in Deutschland gemäß Ausbaupfad; Vorgabe des Mindestanteils EE an der Stromerzeugung pro Region; Vorgabe eines Mindestzubaues von PV und Windenergie je Region

# Ergebnisse: Installierte EE - Dezentral

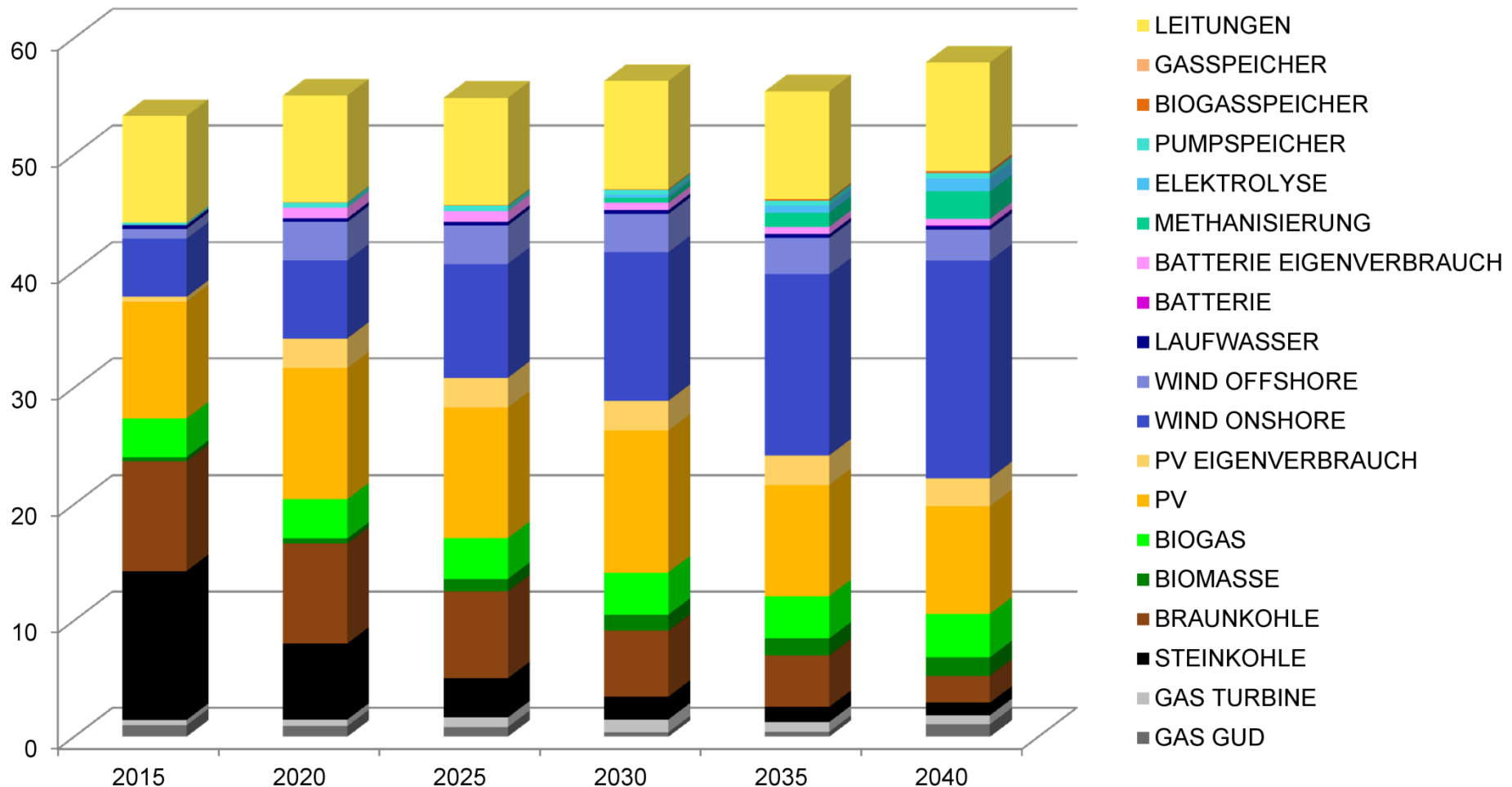
**fluktuier. EE  
und  
Speicher**

**Back-up-KW:  
50-60 GW**



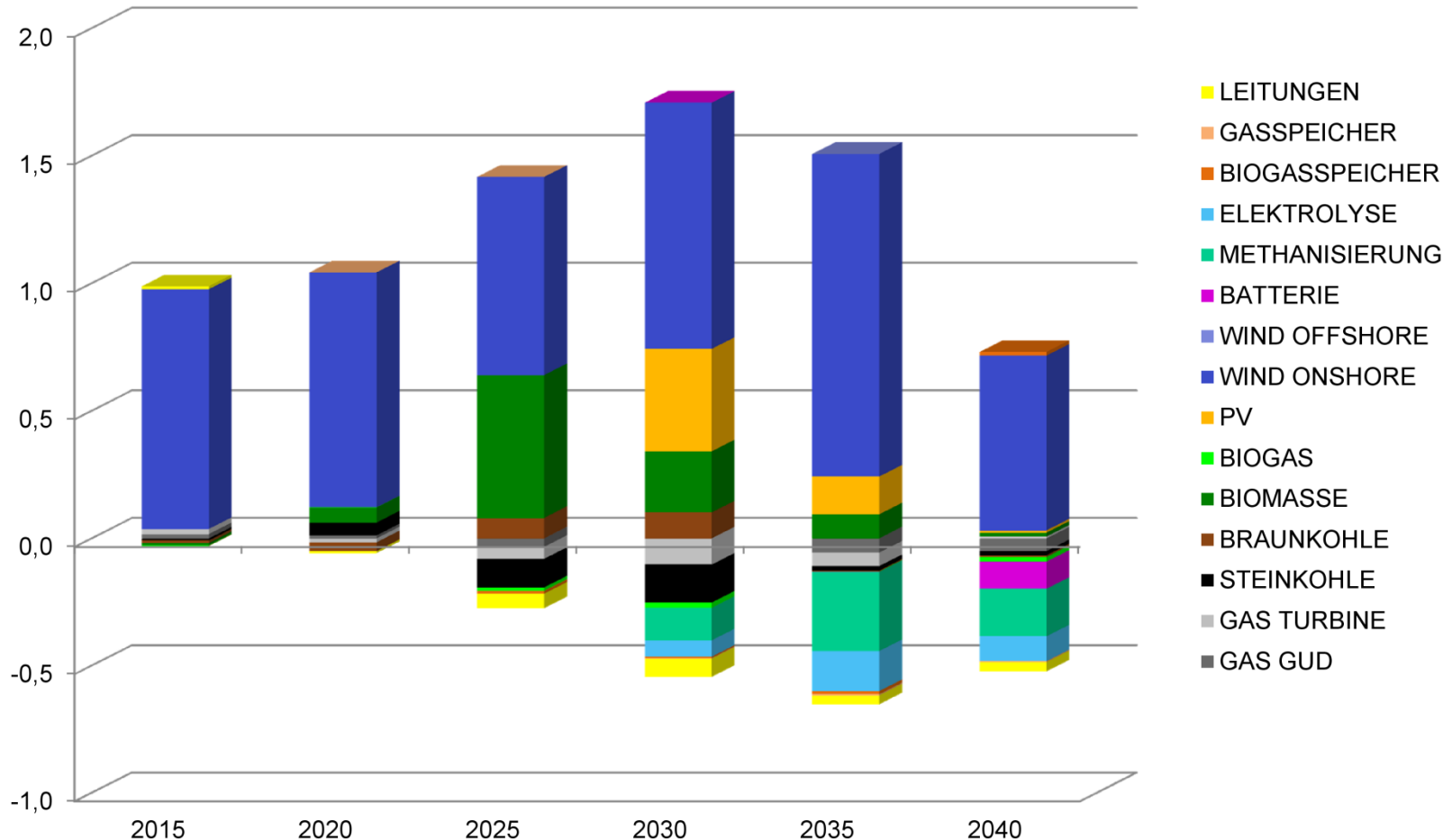
# Ergebnisse: Kosten Zentral (dezentral)

jährliche Kosten in Mrd. €



# Ergebnisse: Kosten Zentral - Dezentral

Differenz in % der  
Gesamtkosten





# Anteil EE am Endenergieverbrauch Strom 2040

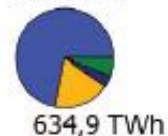
Werte:

Stromproduktion aus EE  
in TWh

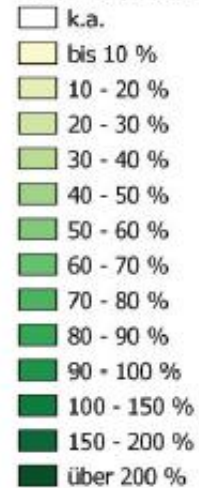
Anteil EE



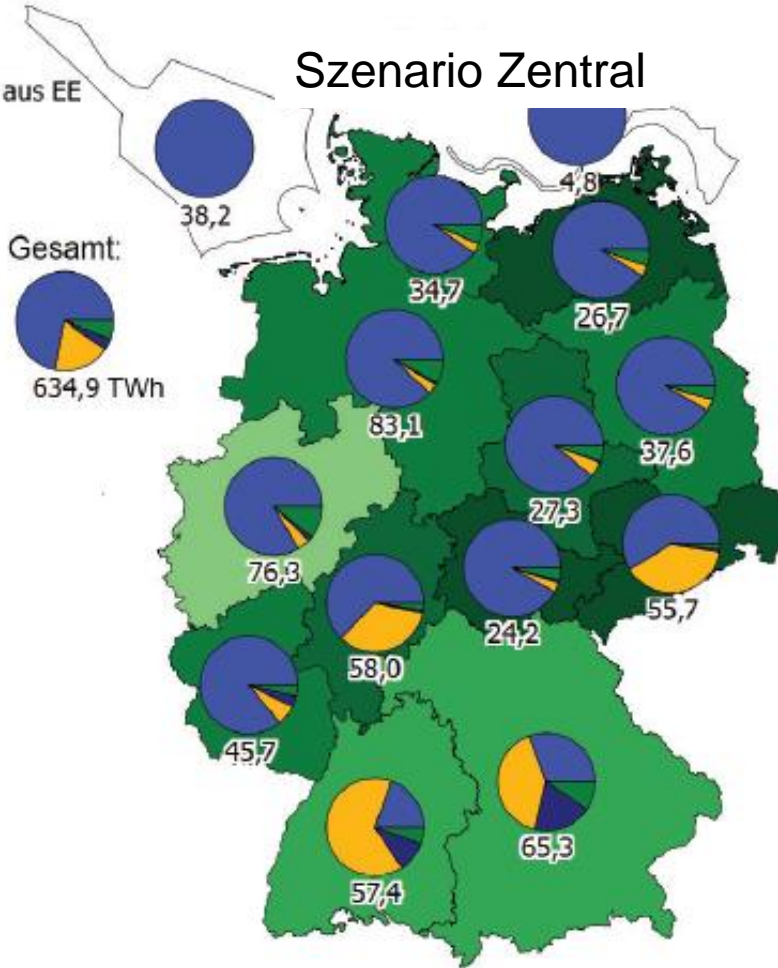
Gesamt:



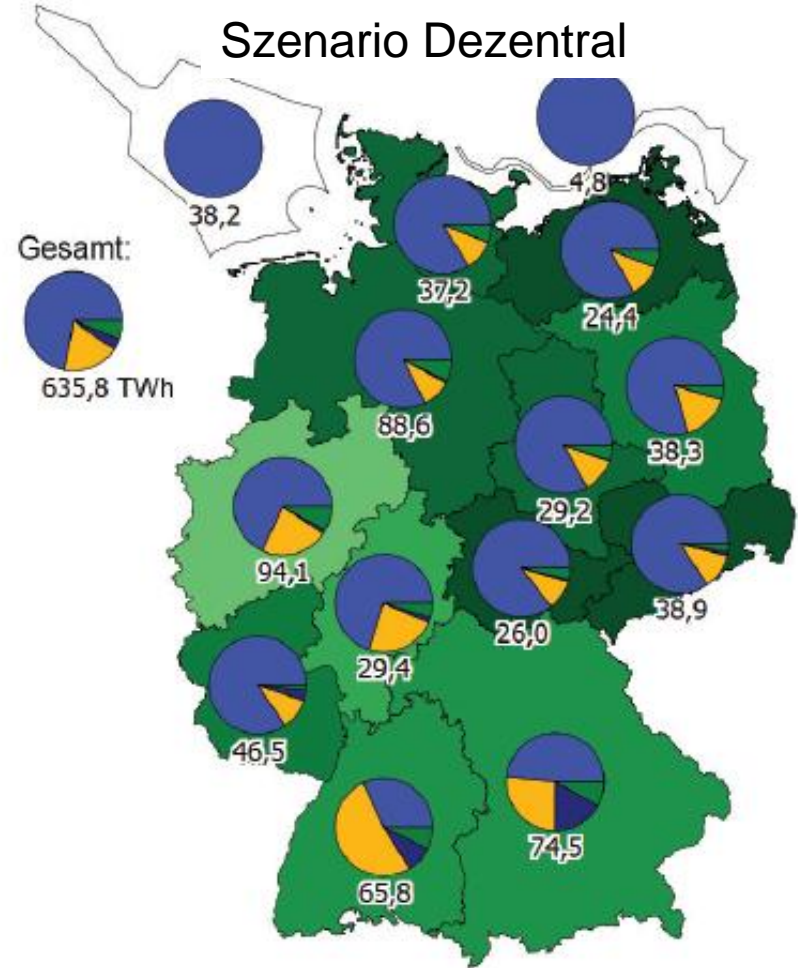
Anteil EE / EEVS



## Szenario Zentral



## Szenario Dezentral

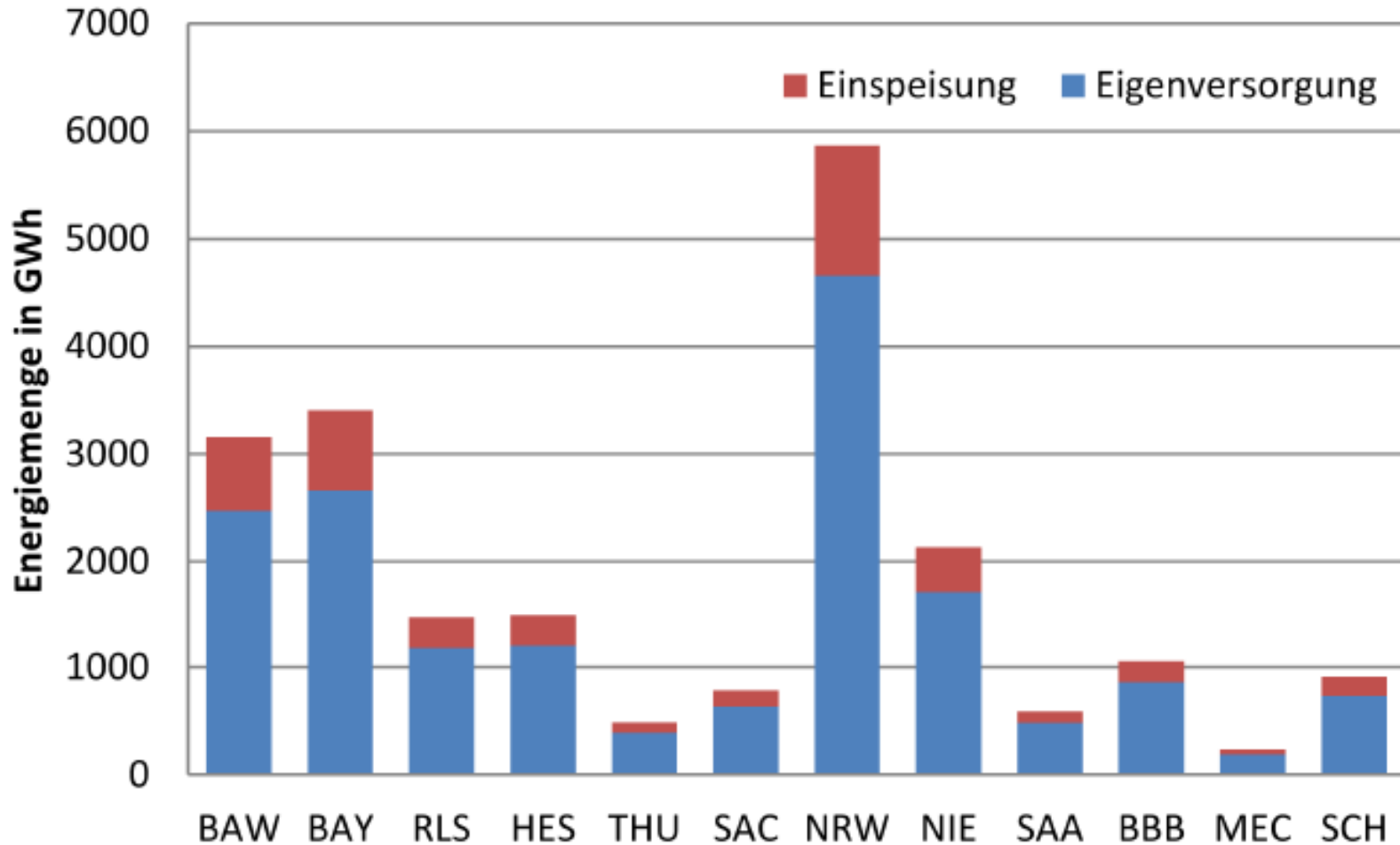


**Die jährlichen Kosten des betrachteten Stromsystems erhöhen sich bei einer Steigerung von 35% EE auf nahezu 100% um insgesamt ca. 8 % (ca. 1 cent/kWh)**

**Endzustände der Szenarien Zentral und Dezentral haben keine großen Diskrepanzen in den Kosten und den Gesamtinstallierten Leistungen**

**Unterschiede liegen im Ausbaupfad und in der Verteilung der EE und gehen zu Kosten der regionalen Wirtschaft**

# Ergebnisse: PV-Eigenverbrauch 2020

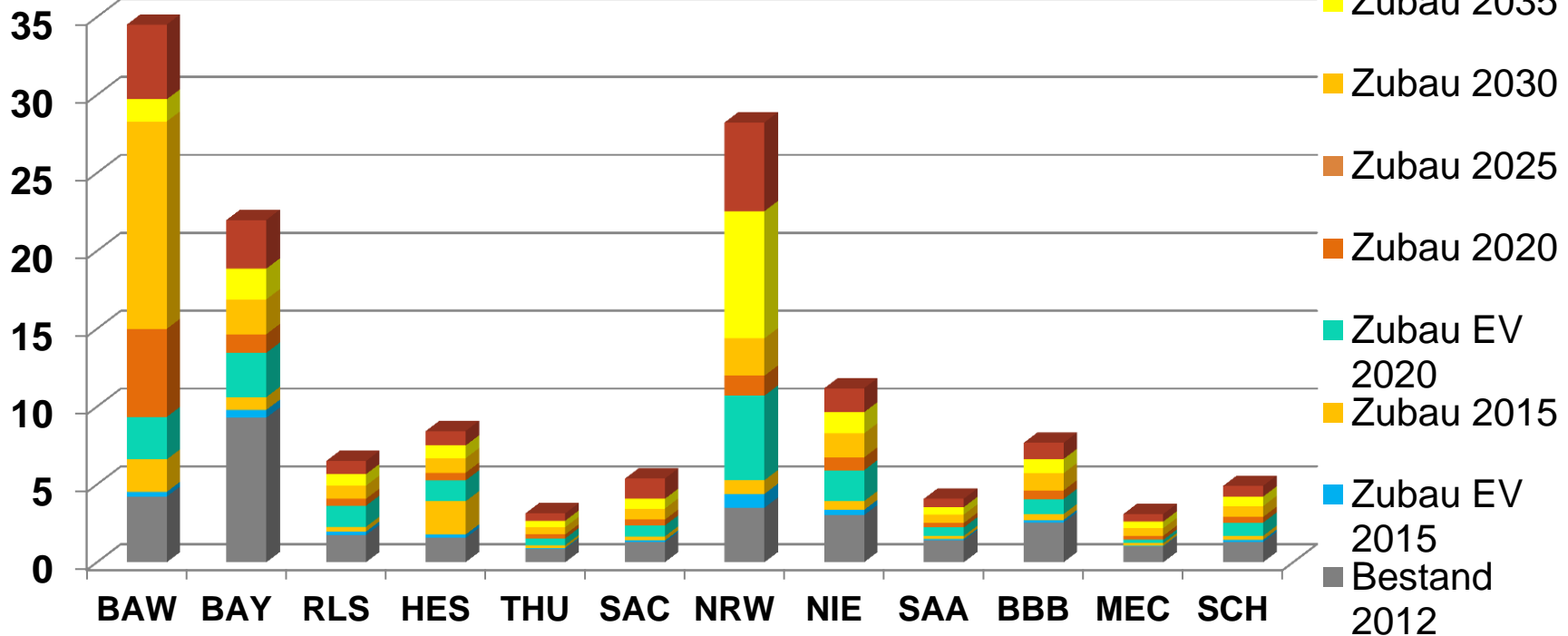


**Einspeisung und Eigenversorgung ca. 22 TWh**

Gesamtausbau PV: ca. 140 GW

Bestand und Zubau in den Regionen

Leistung in  
GW



## Anteil Freiflächen an der Gesamtfläche des Bundeslands und m<sup>2</sup> Dachfläche je Einwohner (2040)

	BAW	BAY	RLS	HES	THU	SAC	NRW	NIE	SAA	BBB	MEC	SCH
FF	0,7%	0,2%	0,2%	0,3%	0,1%	0,2%	0,5%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%
DF/EW in m <sup>2</sup>	18	10	8	8	8	8	10	8	10	8	11	10

---

**Die ausführliche Studie gibt es in ca. 2  
Wochen**

