

# Ein Regionenmodell zur Herleitung der lokalen elektrischen Residuallast und thermischen Last in Deutschland

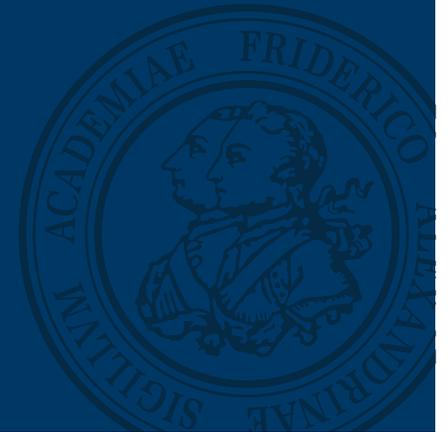
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

David Steber, Benedikt Hümmer, Christian Gürtner,  
Reinhard German, Marco Pruckner

EnInnov 2018 | Graz | 16. Februar 2018



# Agenda

- 1) Vorstellung Forschungsprojekt KOSiNeK**
- 2) Regionenmodell**
  - I. Thermische Nachfrage
  - II. Elektrische Residuallast
- 3) Zusammenfassung & Ausblick**

# Keyfacts KOSiNeK

**K**ombinierte **O**ptimierung, **S**imulation und **N**etzanalyse des elektrischen Energiesystems im europäischen **K**ontext

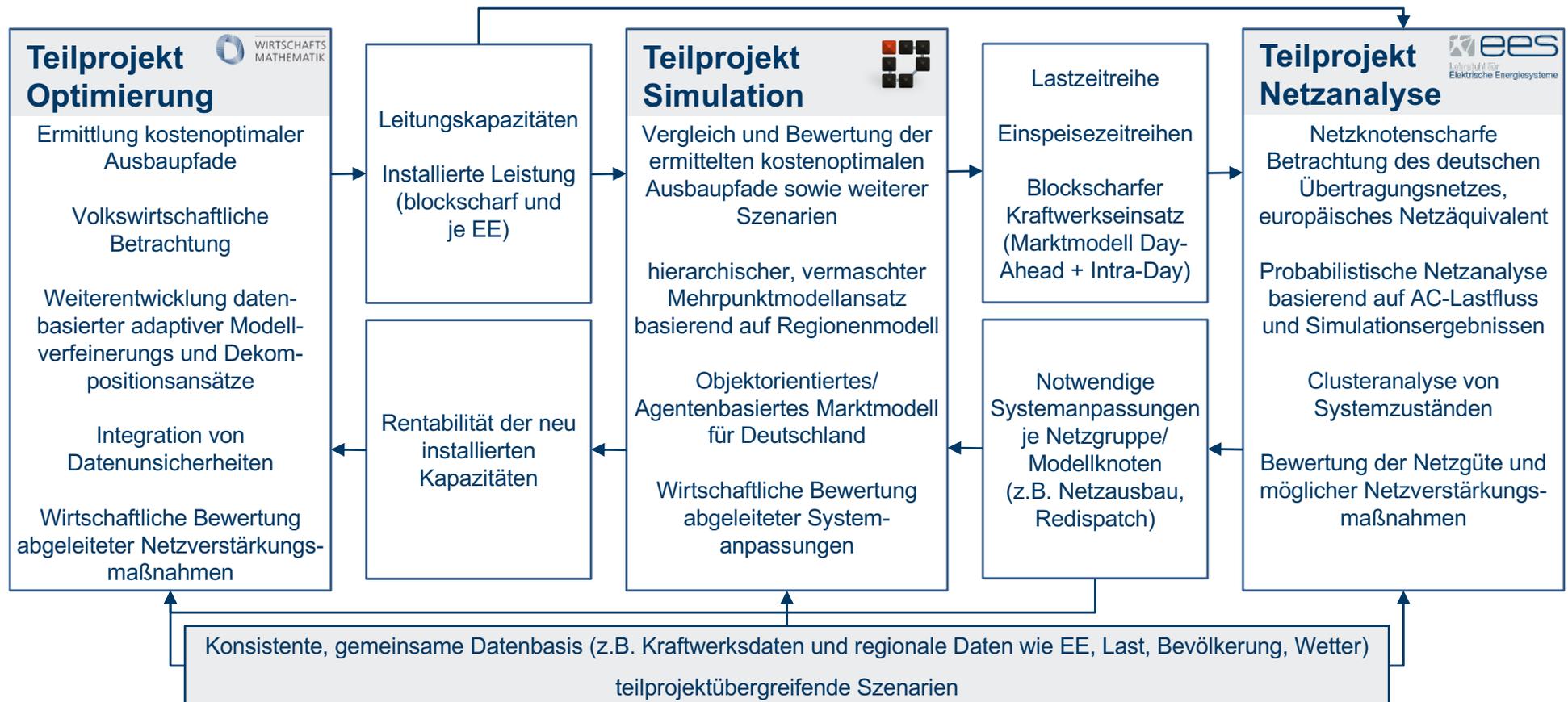
## Projektorganisation

- Förderzeitraum: Oktober 2016 bis September 2019 (drei Jahre)
- Interdisziplinäre Bearbeitung durch drei Lehrstühle der FAU als Fortführung des erfolgreichen Projekts *Energiesystemanalyse Bayern*

## Projektziele und -inhalte

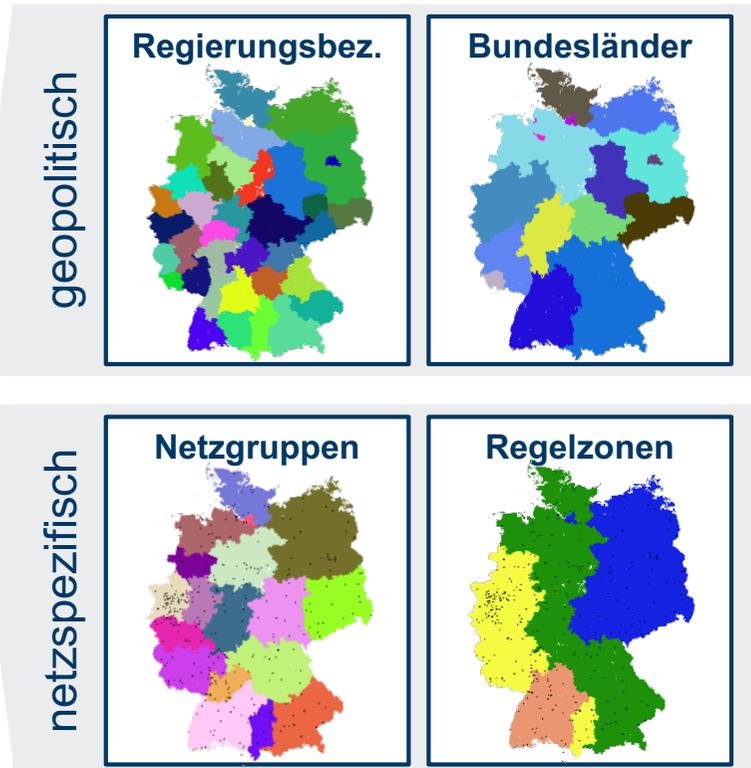
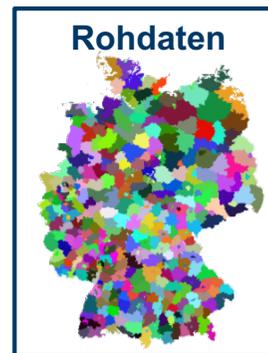
- Verfolgung eines ganzheitlichen und systemorientierten Modellierungsansatzes durch die Kombination von Optimierung, Simulation und Netzanalyse
- Hochskalierung des bestehenden Modells zu einem auf Deutschland fokussierten elektrischen Energiesystemmodell im europäischen Kontext
  - Abbildung sowohl auf geopolitischer (Bundesländer) als auch netzspezifischer (Netzgruppen) Ebene
  - Modellierung der europäischen Nachbarstaaten sowie Berücksichtigung von Netzrestriktionen

# Projektziele und -inhalte



# Regionale Datenbasis

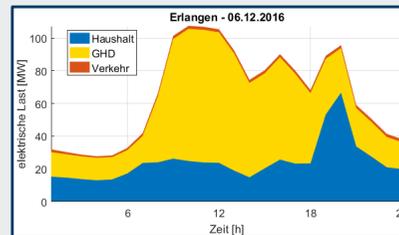
- Datenaufbereitung auf Landkreisebene
- Individuelle Auswertung technischer Berechnungen für Stakeholder möglich (z.B. auf Ebene der Bundesländer)
- Validierung anhand öffentlicher Daten
  - Energiebilanzen Bundesländer
  - EE-Einspeisung Regelzonen



# Bottom-Up Herleitung der elektrischen Residuallast

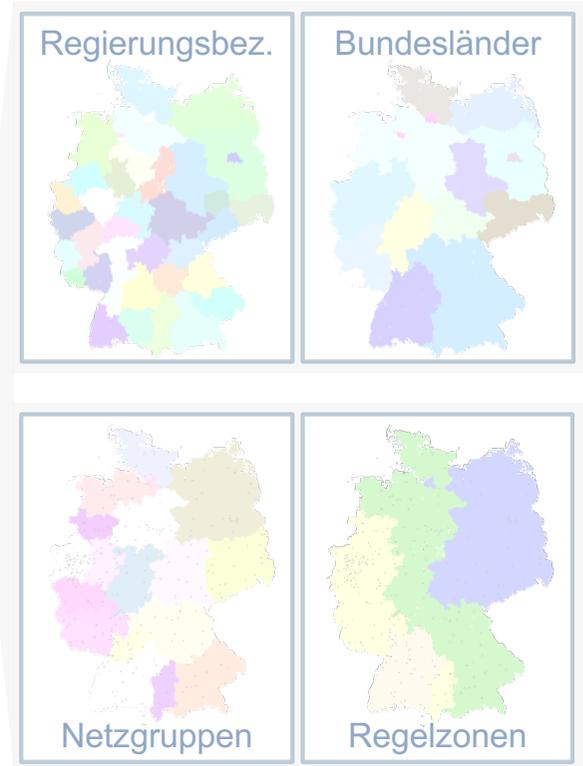
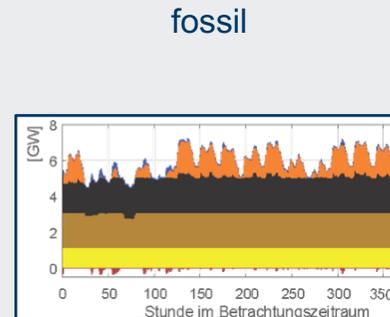
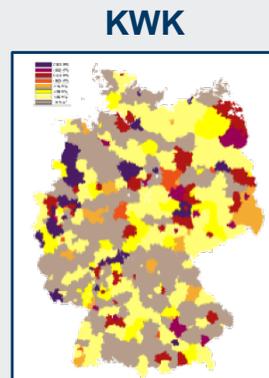
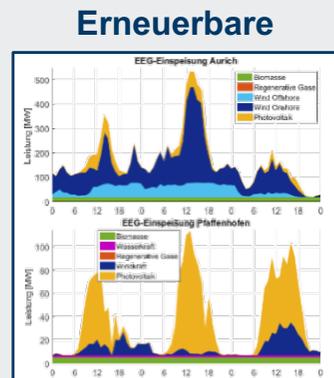
Σ Nachfrage im LK

<b>Haushalte</b>	Skalierung SLP H0 mit Bevölkerungs- & Zensusdaten
<b>Verkehr</b>	Skalierung über Bevölkerung
<b>GHD</b>	Skalierung SLP G0-6, L0-2 mit Beschäftigtenzahlen
<b>Industrie</b>	Differenzbildung



Leistungsbilanz auf Landkreisebene

Σ Einspeisung im LK

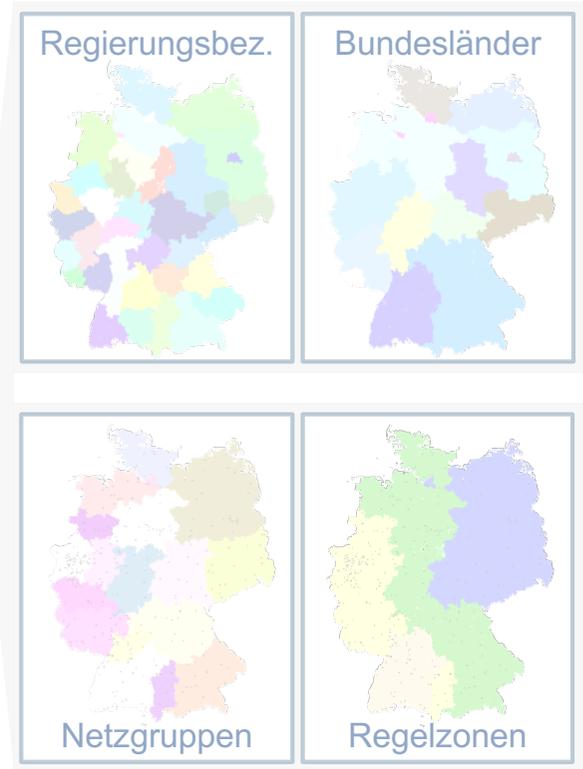


# Bottom-Up Herleitung der elektrischen Residuallast

**Σ Nachfrage im LK**

<b>Haushalte</b>	Skalierung SLP H0 mit Bevölkerungs- & Zensusdaten
<b>Verkehr</b>	Skalierung über Bevölkerung
<b>GHD</b>	Skalierung SLP G0-6, L0-2 mit Beschäftigtenzahlen
<b>Industrie</b>	Differenzbildung

Leistungsbilanz auf Landkreisebene



**Σ Einspeisung im LK**

**Erneuerbare**

**KWK**

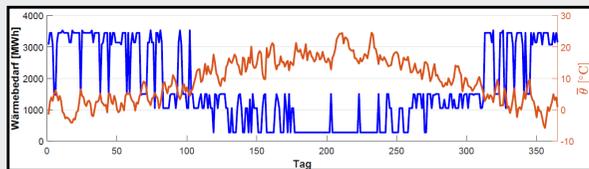
**fossil**

# Bottom-Up Herleitung der lokalen thermischen Last

## Haushalte

Modellierung gem. VDI 4655  
(Typtage abh. von Temperatur)

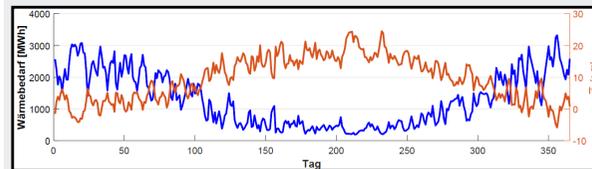
→ Tagesprofile für Heiz- und  
Trinkwasserwärmebedarf



## GHD

Input: Temperatur, SLP Gas [TUM],  
Sigmoidfunktion zur Ableitung des  
Tagesbedarf

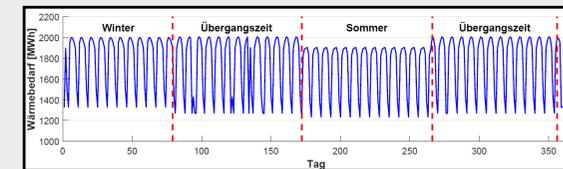
→ branchen- und temperatur-  
spezifische Tagesprofile



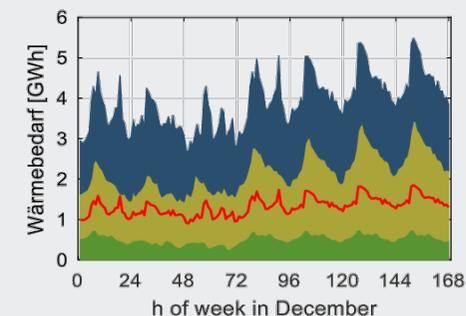
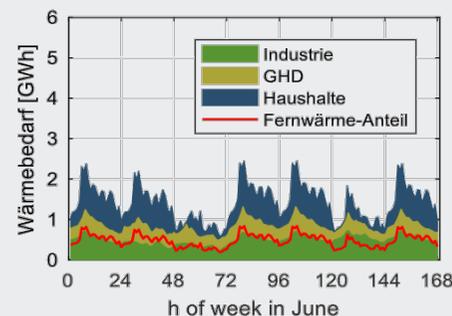
## Industrie

Problem: keine Datengrundlage für  
Verbrauchsverhalten

→ Annahme: thermisches/elektrisches  
Lastprofil gleich (Prozessenergie),  
Skalierung über Beschäftigtenzahlen

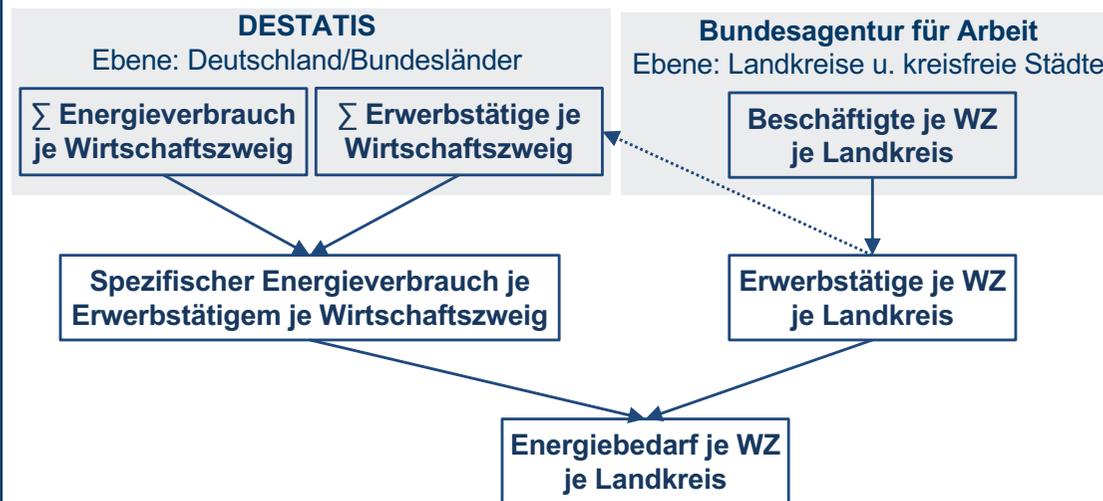


## Resultierende thermische Last auf Ebene der Landkreise u. kreisfreien Städte



# Betrachtung Industrie und Fernwärmeversorgung

## Herleitung des thermischen Energiebedarfs je Wirtschaftszweig und Landkreis

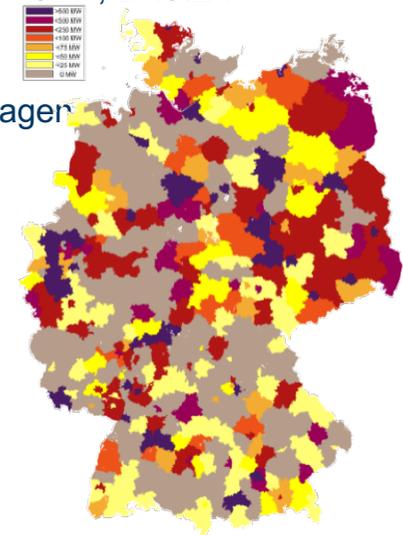


## Ableitung der von KWK-Großanlagen zu deckenden lokalen therm. Last

→ Analyse Fernwärmeversorgung  
 Quellen: AGFW-Berichte, Kraftwerkslisten UBA, BNetzA

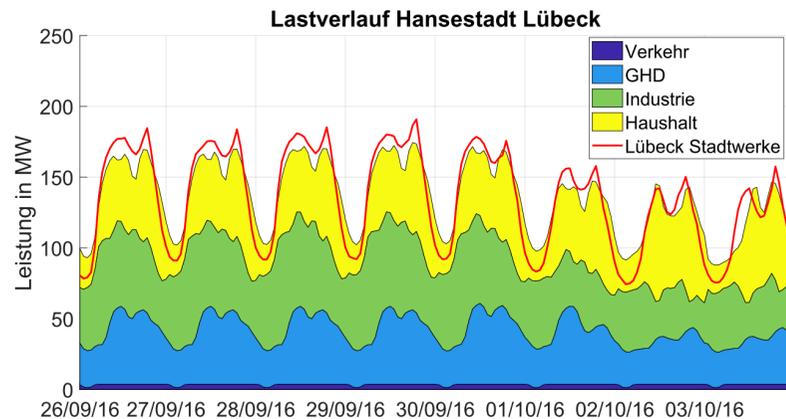
→ Begrenzung auf wärmegeführte Anlagen

→ Deckung Fernwärmeanteil

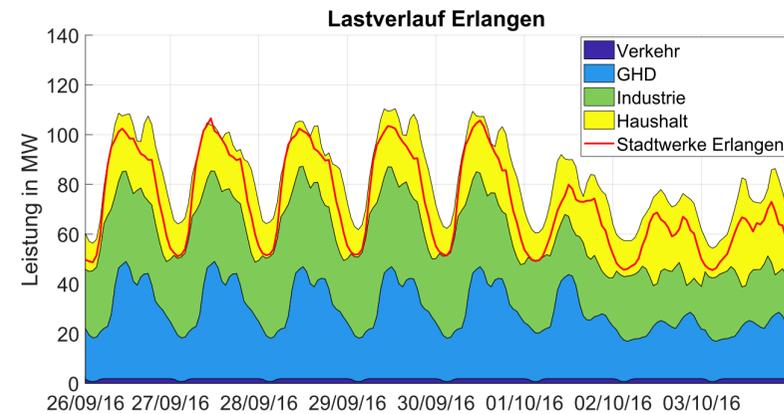


# Bottom-Up Herleitung der lokalen elektrischen Last

- Berechnung der zeitlich aufgelösten elektrischen Last jedes Endenergiesektors
  - Haushalte: SLP nach VDI 4655, Zensusdaten, DWD TRY + Wetterdaten
  - GHD: SLP nach BDEW, Beschäftigtenzahlen der BA
  - Verkehr: Gesamtverbrauch konstant über Bevölkerungszahl skaliert
  - Industrie: Differenzbildung mit ENTSO-E Lastgang, Skalierung über spezifische Verbräuche (DESTATIS) und Beschäftigtenzahlen der BA



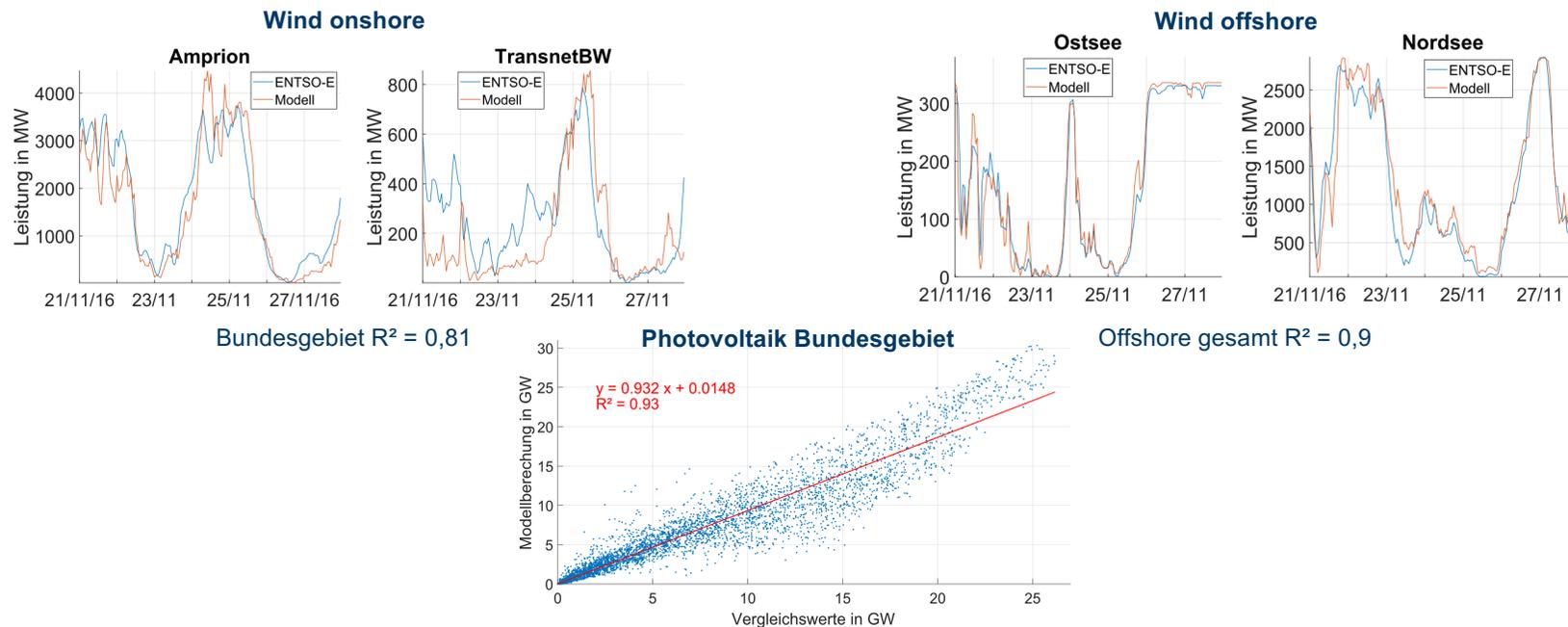
–  $R^2 = 0,91$



–  $R^2 = 0,92$

# Bottom-Up Herleitung der lokalen EE-Einspeisung

- Skalierung der dargebotsunabhängigen Einspeisung über Jahresvolllaststunden
- Wasserkraft über einen Tag konstant, Jahreszeitabhängig gem. FfE Profil
- Simulation der dargebotsabhängigen Einspeisung mit Wetterdaten und entspr. Modellen

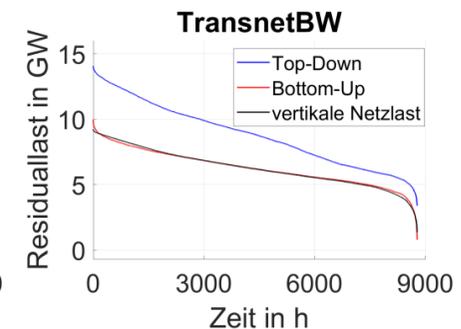
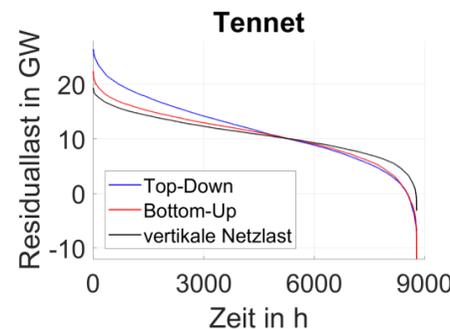
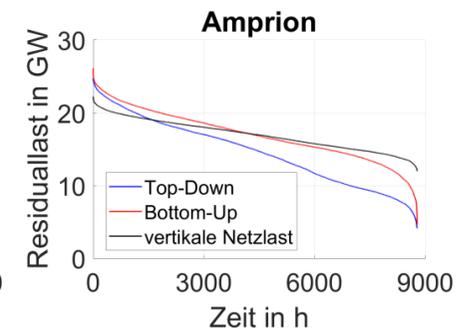
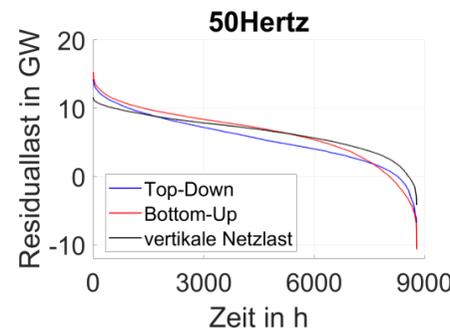


Bundesgebiet  $R^2 = 0,81$

Offshore gesamt  $R^2 = 0,9$

# Bottom-Up Herleitung der Residuallast je Regelzone

- Berechnung der Residuallast (Last - EEG-Einspeisung) je Regelzone zum Vergleich mit der skalierten vertikalen Netzlast
  - Residuallast des Bottom-Up Ansatzes zeigt durchgehend bessere Übereinstimmung als Top-Down Ansatz
  - geringste Übereinstimmung im Gebiet von Amprion
  - höchste Übereinstimmung im Gebiet von TransnetBW



ÜNB	RMSE [GW]		
	Bottom-Up	Top-Down	Bottom-Up R <sup>2</sup>
50Hertz	1,33	1,6	0,76
Amprion	1,38	2,8	0,43
Tennet	1,29	1,6	0,85
TransnetBW	0,1	2,5	0,88

# Zusammenfassung & Ausblick

## Zusammenfassung

- Analyse Nah-/Fernwärmeversorgung in Deutschland
- Modellierung der lokalen Wärmenachfrage
- Modellierung der lokalen elektrischen Last und EE-Einspeisung
- Zufriedenstellend gute Übereinstimmung
  - der EE-Einspeisung auf Übertragungsnetzebene
  - der elektrischen Last auf Ebene der Landkreise u. kreisfreien Städte
  - Residuallast des Bottom-Up Ansatzes mit der vertikalen Netzlast der ÜNBs

## Verbesserung der Aussagekraft

- Einarbeitung neuer TRY-Daten, vollständigere Wetterdaten (z.B. MERRA2)
- Verbesserung EE-Anlagenmodelle (z.B. Wind – Standortinformationen, Biomasse)
- Verbrauchsverhalten Industrie