

Windausbauszenarien

*unter Berücksichtigung gesellschaftlicher und ökologischer
Rahmenbedingungen für die Simulation des deutschen
Energiesystems bis 2050*

14. Symposium Energieinnovation
Energie für unser Europa
11. Februar 2016, Graz

Marion Christ
Europa-Universität Flensburg
Zentrum für nachhaltige Energiesysteme

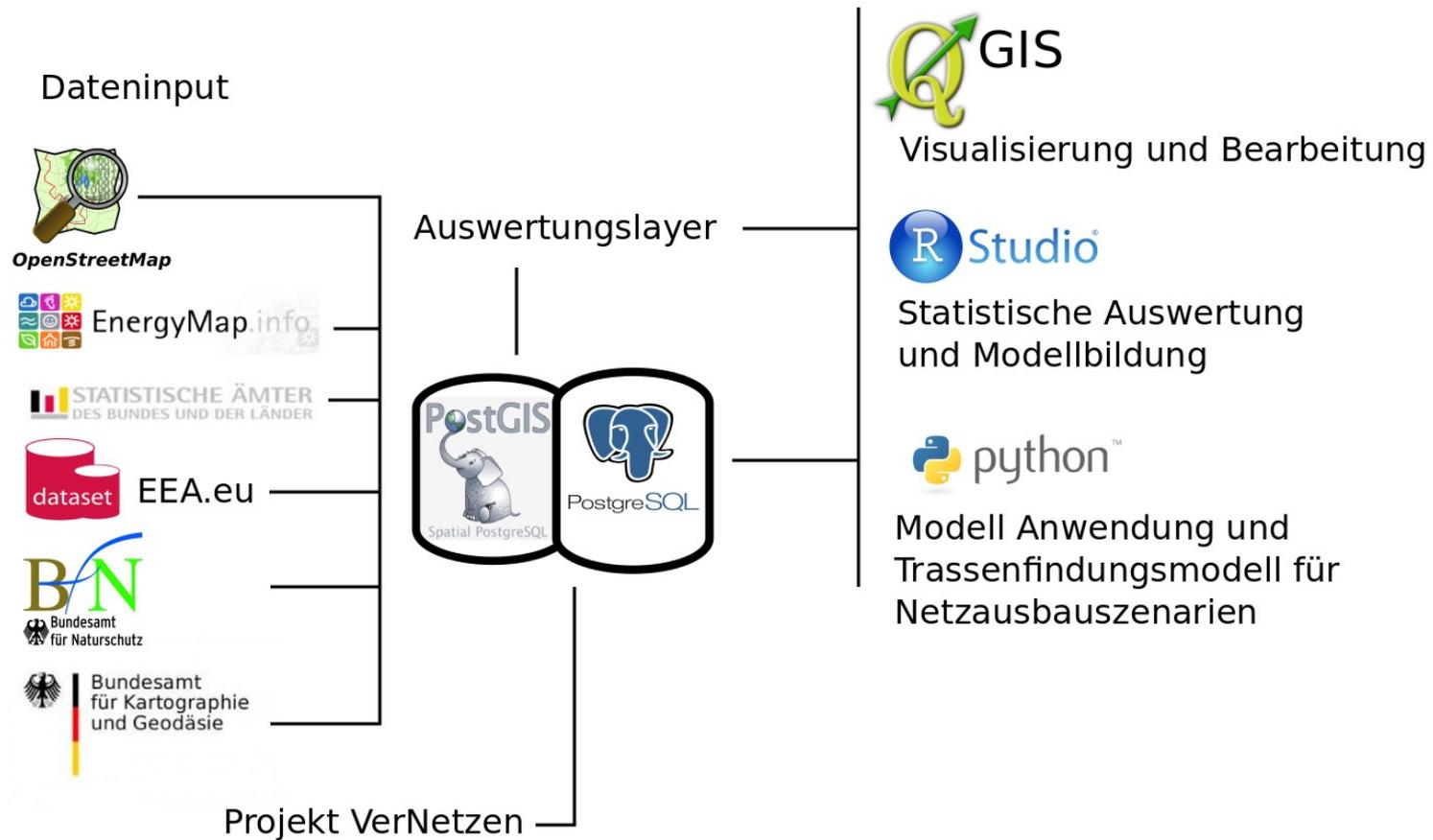
Inhalt

- Windausbauszenarien im Rahmen des Forschungsprojektes „VerNetzen“
- Projektdatenbank
- Kartierung der Weißfläche
- Technisches Potenzial
- Szenarientwicklung
 - Belastungsgrad
 - Basisszenario Akzeptanz
 - Szenarienvergleich
- Ergebnisse und Ausblick

Forschungsprojekt VerNetzen

- Forschungsfrage
 - Wie können Faktoren gesellschaftlicher Akzeptanz von Windenergie und Netzausbau in die Modellierung integriert werden?
 - Welche Effekte ergeben sich daraus auf die Verteilung der Windenergieleistung und den Netzausbau
- Methodik
 - Entwicklung von Energie-Szenarien (Zielszenario 100 % erneuerbare Stromversorgung 2050)
 - Ausbauszenario **Netz**: Netzkapazität zwischen Regionen je Jahr
 - **Zeitliche Verteilung**
 - Ausbauszenario **Wind**: Installierte Leistung je Region und Jahr
 - **Regionale Verteilung**

Projektdatenbank

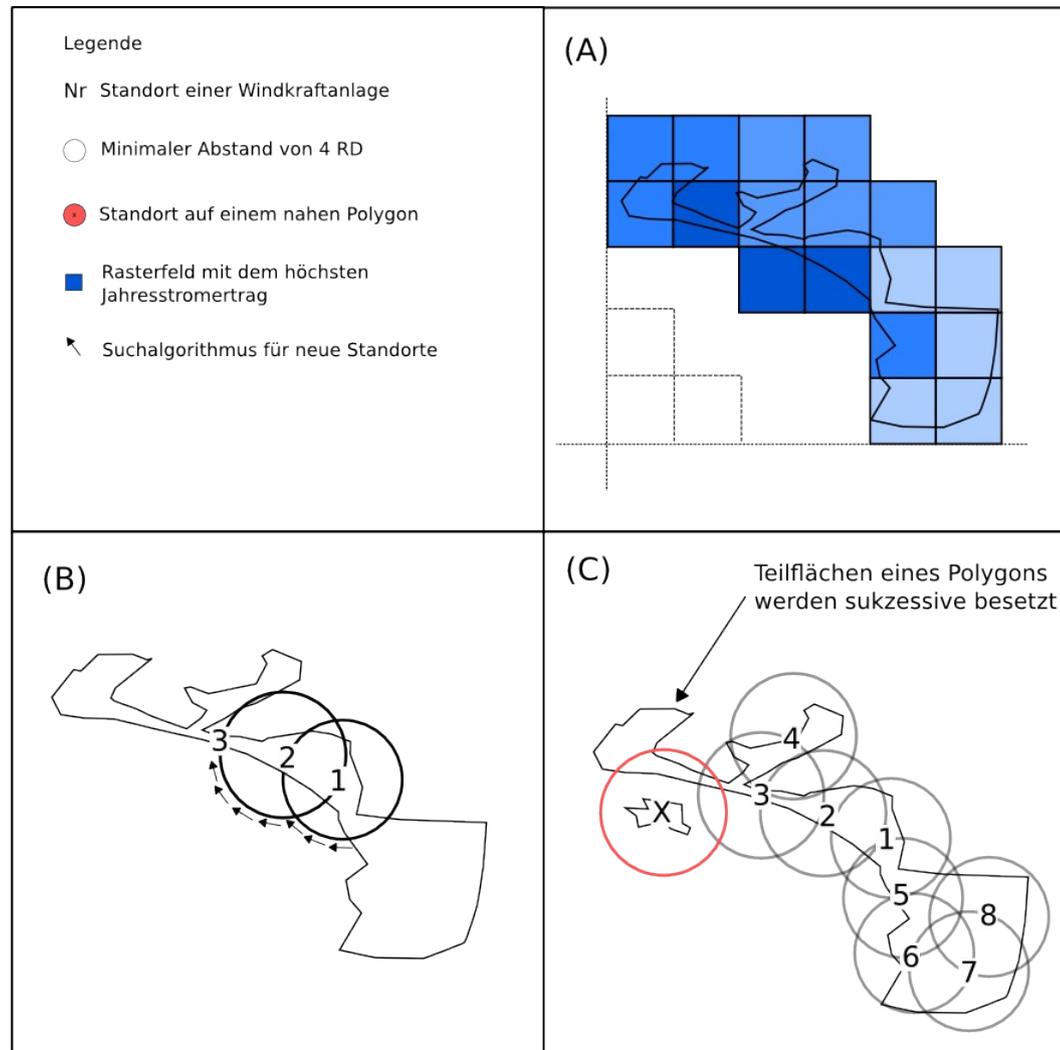


Kartierung der Weißfläche



Flächen	Mindestabstand	Quelle
Siedlungsflächen & Einzelhäuser	600 m	OSM, DLM250
Industrie - und Gewerbeflächen	250 m	OSM, DLM250
Pflegeeinrichtungen	900 m	OSM
Bundesautobahnen	100 m	OSM, DLM250
Bundesstraen	80 m	OSM, DLM250
Landesstraen	80 m	OSM, DLM250
Kreisstraen	80 m	OSM, DLM250
Gemeindestraßen (unvollständig)	80 m	DLM250
Bahnverkehr	250 m	OSM, DLM250
Flughäfen	5000 m	DLM250
Flugplätze	1760 m	DLM250
Freileitungen	120 m	OSM, DLM250
Nationalparke	200 m	BfN
Landschaftsschutzgebiete	200 m	BfN
Vogelschutzgebiete	200 m	BfN
FFH - Gebiete	200 m	BfN
Ramsargebiete	0 m	BfN
Biosphärenreservate	0 m	BfN
Wald	0 m	OSM, DLM250
Stehende Gewässer	5 m	OSM, DLM250
Fliessgewässer	5 m	OSM, DLM250
Meer	5 m	DLM250

Technisches Potenzial



Eingesetzte Windkraftanlagen

Parameter/Modell	Vestas V112	Vestas V126
Windklasse	IEC IB	IEC IIIA
Nennleistung	3.3 MW	3.3 MW
Nabenhöhe	84 m	137 m
Rotordurchmesser	112 m	126 m
Noise - Modus	98,1 db(A)	98,3 db(A)

Leistungs- und Ertragspotenzial

Region	Leistungs- und Ertragspotenzial	
	GW	TWh
Norden	323,30	894,14
Mitte	148,54	320,60
Süden	146,04	208,02
Deutschland	617,91	1.422,76

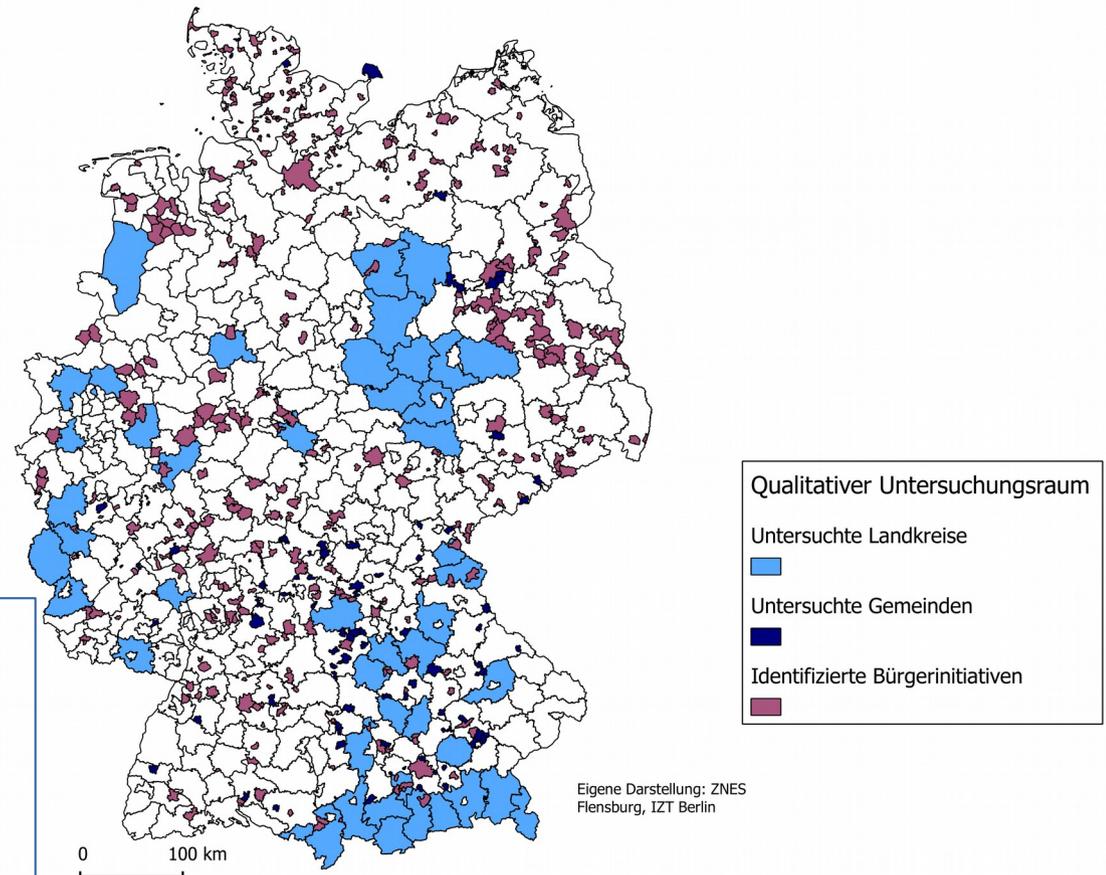
Norden: BE, BB, HB, HH, MV, NI, ST, SH – Mitte: HE, NW, RP, SN, TH – Süden: BW, BY, SL

Szenarientwicklung

- Belastungsgrad
 - Als Grundlage zur Integration sozialer Faktoren
- Ausschluss von Naturparken
 - Als ökologisches Kriterium neben Naturschutzgebieten
- Ausbauszenarien
 - Ökonomisches Szenario
 - Basisszenario Akzeptanz
 - Ökologisches Szenario Akzeptanz

Bestimmung des Belastungsgrads

- Untersuchung spezifischer Landkreise und Gemeinden
- Fokusgruppen und Experteninterviews
- Umfeld und Diskursanalysen



Schlüsselfaktoren:

- Flächenbeanspruchung durch Windkraftanlagen
- Bevölkerungsdichte

Belastungsgrad

Grundlage: Genutzte Fläche für Windenergie

$$wf_{nutz} = \frac{P_{inst} \times wf_{gesamt}}{P_{max}}$$

mit:

wf_{nutz}	km^2	Genutzte Weißfläche
wf_{gesamt}	km^2	Gesamte Weißfläche
P_{inst}	MW	Installierte Windleistung (EEG - Anlagenregister)
P_{max}	MW	Maximale installierbare Windleistung

Definition des Belastungsgrads

Verhältnis der für Windenergieanlagen genutzten Flächen zu der Gesamtfläche des betroffenen Kreises multipliziert mit der Bevölkerungsdichte

$$BG_{ist} = \frac{wf_{nutz}}{A_{Kreis}} \times BD$$

$$BG_{max} = \frac{wf_{gesamt}}{A_{Kreis}} \times BD$$

mit:

wf_{nutz}	km^2	Genutzte Weißfläche
wf_{gesamt}	km^2	Gesamte Weißfläche
A_{Kreis}	km^2	Kreisfläche
BD	$\frac{EW}{km^2}$	Bevölkerungsdichte
BG_{ist}	$\frac{km^2}{EW}$	Ist - Belastungsgrad
BG_{max}	$\frac{km^2}{EW}$	Maximaler Belastungsgrad

Definition des Szenario-Belastungsgrad

$$BG_{Szenario} = BG_{max} \times bF$$

mit:

BG_{max}	$\frac{EW}{km^2}$	Maximaler Belastungsgrad
$BG_{Szenario}$	$\frac{EW}{km^2}$	Soll - Belastungsgrad
bF	%	Begrenzender Faktor

- Grenze der Belastung innerhalb eines Landkreises
- Annahme für Basisszenario: $bF = 20 \%$
- Begründung: 75,4 % aller Landkreise besitzen eine Ist-Belastung von unter 10 % der Maximalbelastung

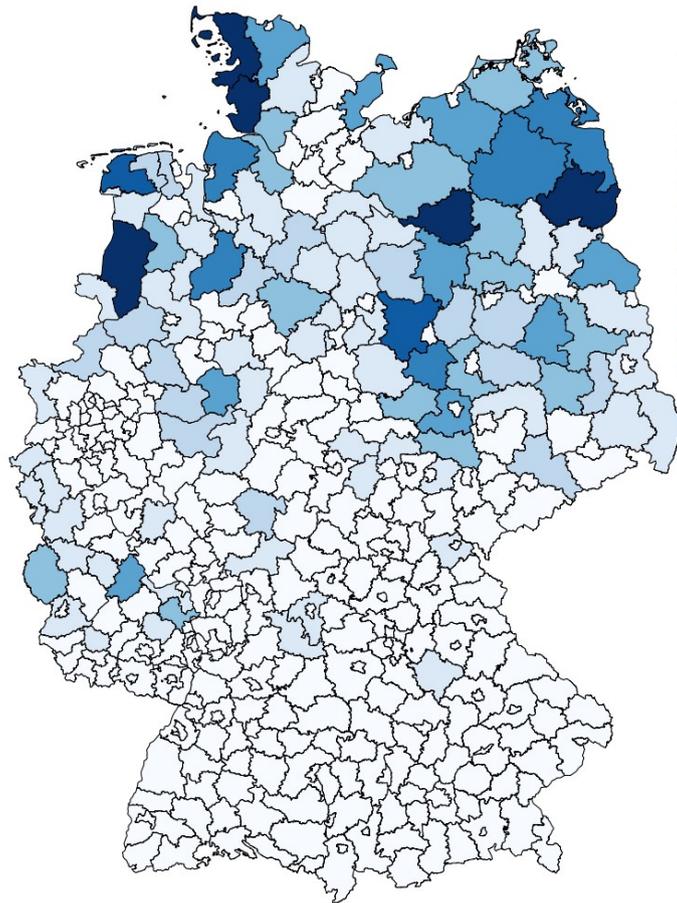
Basisszenario Akzeptanz

Parameter

- Linearer Ausbau in den Jahren
- Repowering
- Regionaler Zubau abhängig von der mittleren Volllaststundenanzahl
- 50,8 GW inst. Leistung in 2050
- Weißfläche unverändert
- Belastungsgrad 20 % von BG_{\max}
- $BG_{sc} < BG_{ist} \rightarrow BG_{sc} = BG_{\max} * 30\%$

Installierte Leistung (2014 – 2050)

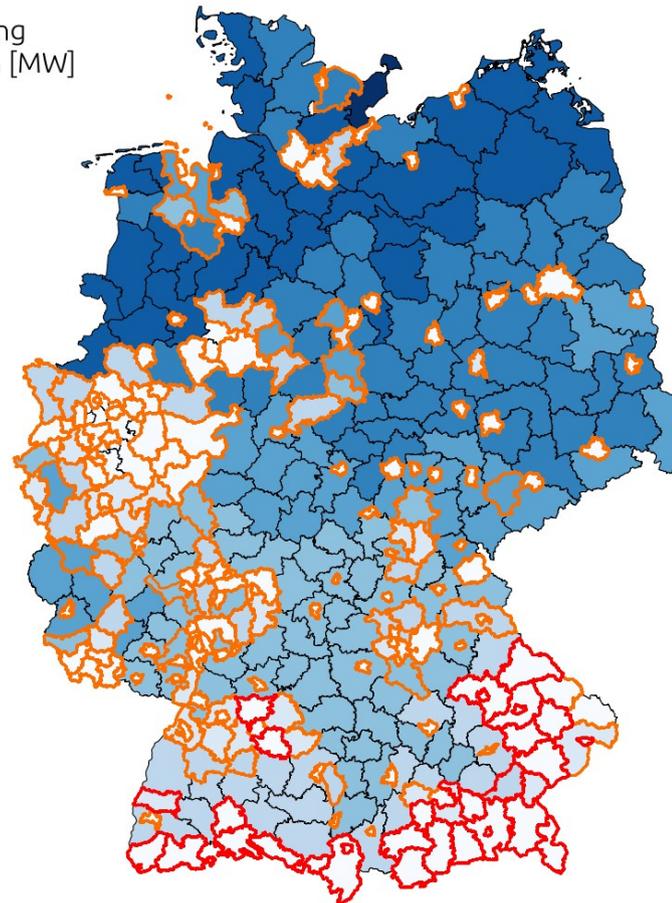
Basisszenario Akzeptanz



Installierte Leistung
Wind - Onshore in [MW]
Jahr: 2014

- 0 <= 100
- 100 <= 200
- 200 <= 300
- 300 <= 400
- 400 <= 500
- 500 <= 600
- 600 <= 700
- 700 <= 1.306

0 50 100 150 200 250 km



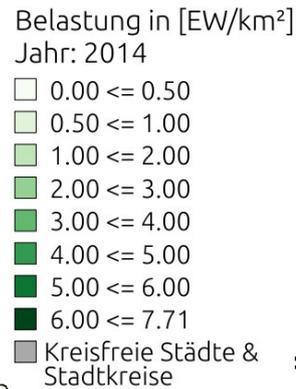
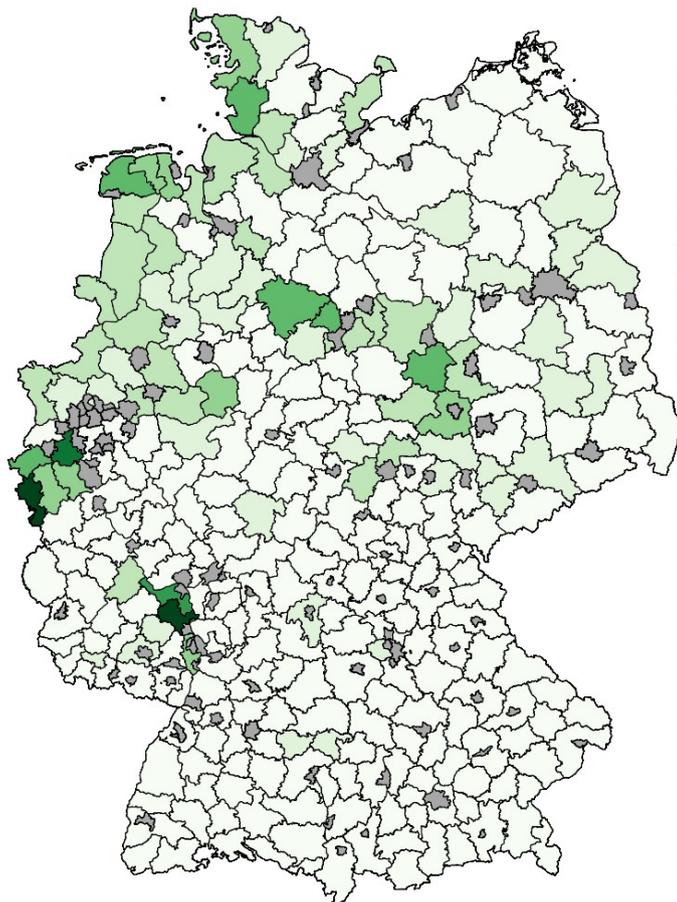
Installierte Leistung
Wind - Onshore in [MW]
Jahr: 2050

- 0 <= 50
- 50 <= 100
- 100 <= 150
- 150 <= 200
- 200 <= 250
- 250 <= 300
- 300 <= 350
- 350 <= 360
- Belastungsgrenze erreicht
- Potentialgrenze erreicht

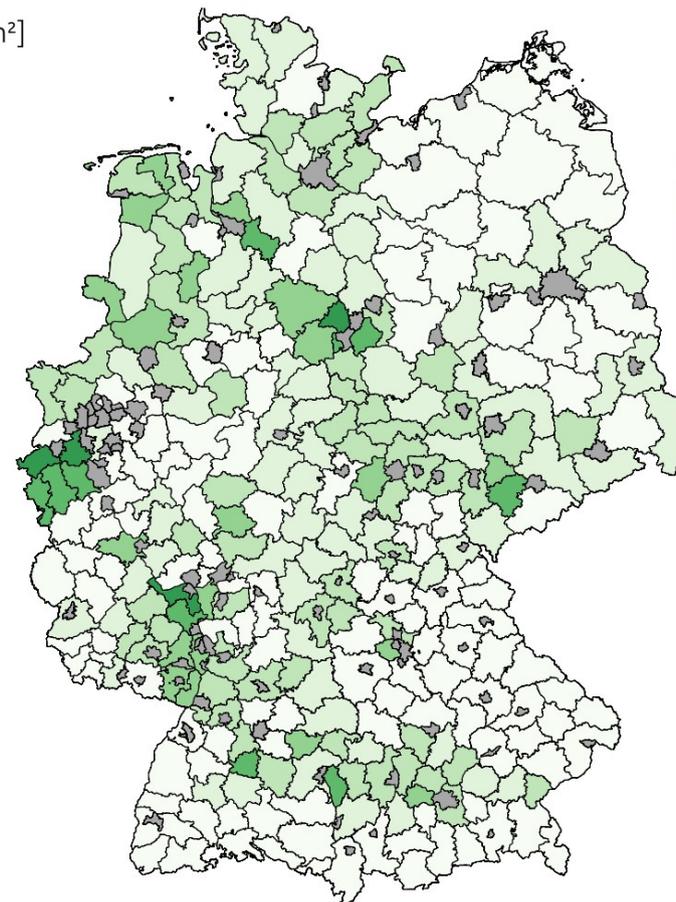
0 50 100 150 200 250 km

Belastung (2014 – 2050)

Basisszenario Akzeptanz



0 50 100 150 200 250 km



0 50 100 150 200 250 km

Szenarienvergleich

Leistung

Region	Installierte Leistung in GW	
	Ökonomisch	Basis Akzeptanz
Norden	21,0	22,1
Mitte	18,2	17,0
Süden	11,7	11,7
Deutschland	50,8	50,8

Norden: BE, BB, HB, HH, MV, NI, ST, SH – Mitte: HE, NW, RP, SN, TH – Süden: BW, BY, SL

Szenarienvergleich

Belastung

Region	Belastungsgrad in EW/km ²	
	Ökonomisch	Basis
Norden	1,09	1,15
Mitte	1,75	1,35
Süden	0,79	0,72
Deutschland	1,21	1,06

Norden: BE, BB, HB, HH, MV, NI, ST, SH – Mitte: HE, NW, RP, SN, TH – Süden: BW, BY, SL

Ergebnisse und Ausblick

- **Integration von sozialen Faktoren**
 - Mithilfe der vorgestellten Entwicklung und Anwendung eines Belastungsgrads gelingt die Integration sozialer und ökologischer Faktoren in der Szenarioentwicklung für die Energiesystemmodellierung
- **Hohe Genauigkeit**
 - Die anlagenscharfe regionale Verteilung zukünftiger Windkraftanlagen ermöglicht spezifische Analysen und Identifikation feiner Unterschiede
- **Geringere Belastung**
 - Im Basisszenario Akzeptanz sinkt die regionale Belastung, indem die installierte Leistung umverteilt wird
- **Transparenz und Vergleichbarkeit**
 - Die Szenariomentwicklung und nachfolgende Modellierung basieren auf offen zur Verfügung stehenden Daten (open Data) und open source Software

Vielen Dank!

Marion Christ

Zentrum für nachhaltige Energiesysteme (ZNES)
Europa-Universität Flensburg
Munketoft 3b
24937 Flensburg

Telefon: +49 (0) 461 805 3011
Fax: +49 (0) 461 805 2532

E-Mail: marion.christ@uni-flensburg.de

Web: www.uni-flensburg.de/eum
www.znes-flensburg.de



Für weitere Informationen:

IZT Berlin
Qualitative Analysen

Melanie Degel
Karoline Mester

Europa-Universität Flensburg - ZNES
Modellierung

Marion Christ
Martin Soethe