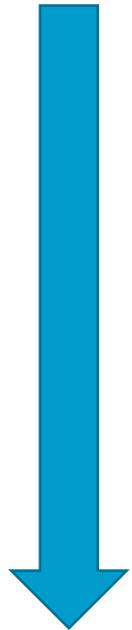


MARKTDESIGN UND VERTEILUNGSEFFEKTE:

AUSWIRKUNGEN DER RAHMENSETZUNGEN FÜR
WINDANLAGEN AUF DIE REGIONALE VERTEILUNG

Frieder Borggrefe,
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt



1. Szenarien-Ergebnisse
2. Methodik
3. Die neue EE-Ausschreibung in Deutschland
4. Fragestellungen
5. Zusammenführung

Energiesystemanalyse: Langfristige Entwicklung bis 2050

für das Umweltministerium in Baden-Württemberg, Deutschland



Stuttgart Research Initiative on
Integrated Systems Analysis for Energy

Projekthalte:

- Interdisziplinäre Studie zur sozio-technischen Energietransformation
- Langfristige Szenarien
- Versorgungssicherheit und Klimaschutz

Auftraggeber:

Umweltministerium Baden-Württemberg

Projektpartner:

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- Universität Stuttgart (IER, ZIRIUS)
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung



Laufzeit:

November 2016 -> April 2018

Energiesystemanalyse: Langfristige Entwicklung bis 2050

für das Umweltministerium in Baden-Württemberg, Deutschland

Projekthalte:

- Interdisziplinäre Studie zur sozio-technischen Energietransformation
- Langfristige Szenarien
- Versorgungssicherheit und Klimaschutz

Auftraggeber:

Umweltministerium Baden-Württemberg

Projektpartner:

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- Universität Stuttgart (IER, ZIRIUS)
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg



Laufzeit:

November 2016 -> April 2018

Energiesystemanalyse: Langfristige Entwicklung bis 2050

für das Umweltministerium in Baden-Württemberg, Deutschland



Stuttgart Research Initiative on
Integrated Systems Analysis for Energy

Projekthalte:

- Interdisziplinäre Studie zur sozio-technischen Energietransformation
- Langfristige Szenarien
- Versorgungssicherheit und Klimaschutz

Auftraggeber:

Umweltministerium Baden-Württemberg

Projektpartner:

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- Universität Stuttgart (IER, ZIRIUS)
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg

Anwendung von Energiesystemmodellen

- Modellierung des Europäischen Kraftwerksparks
- Entwicklung des Energiesystems bis 2050
- Ermittlung des Kraftwerksausbaus und -einsatz
- Volkswirtschaftlicher Planer

EnINNOV 2018 - SESSION A4: DO, 16:30-18:30, I1

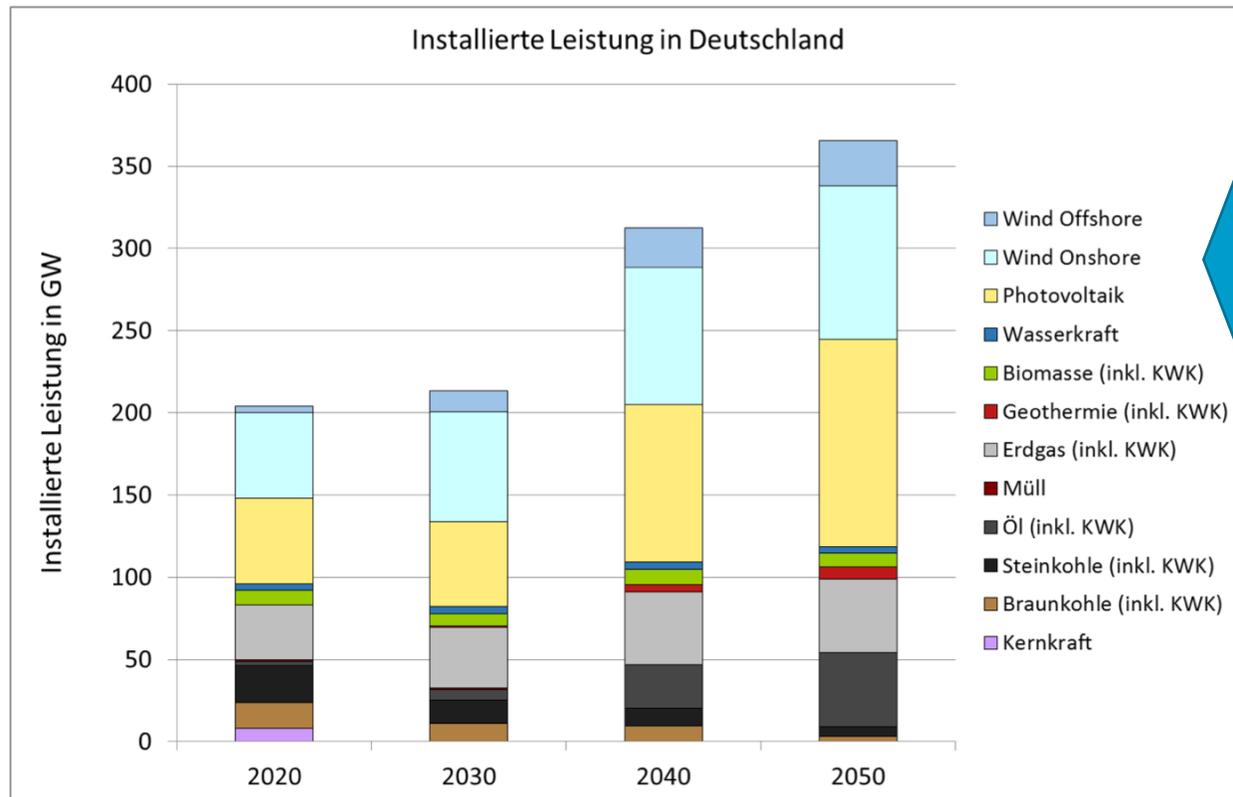
Wetzel, Gils, Borggrefe:

RÄUMLICH UND ZEITLICH AUFGELÖSTE

**UNTERSUCHUNG VON ENERGIEWENDESZENARIEN FÜR
BADEN-WÜRTTEMBERG**

REMix-Ergebnisse zur Stromversorgung in Deutschland

Ergebnisse Energiesystemmodell: Kraftwerkspark und Erzeugungsstruktur



Anwendung von Energiesystemmodellen

- Modellierung des Europäischen Kraftwerksparks
- Entwicklung des Energiesystems bis 2050
- Ermittlung des Kraftwerksausbaus und -einsatz
- Volkswirtschaftlicher Planer

EnINNOV 2018 - SESSION A4: DO, 16:30-18:30, I1

Wetzel, Gils, Borggrefe:

RÄUMLICH UND ZEITLICH AUFGELOSTE

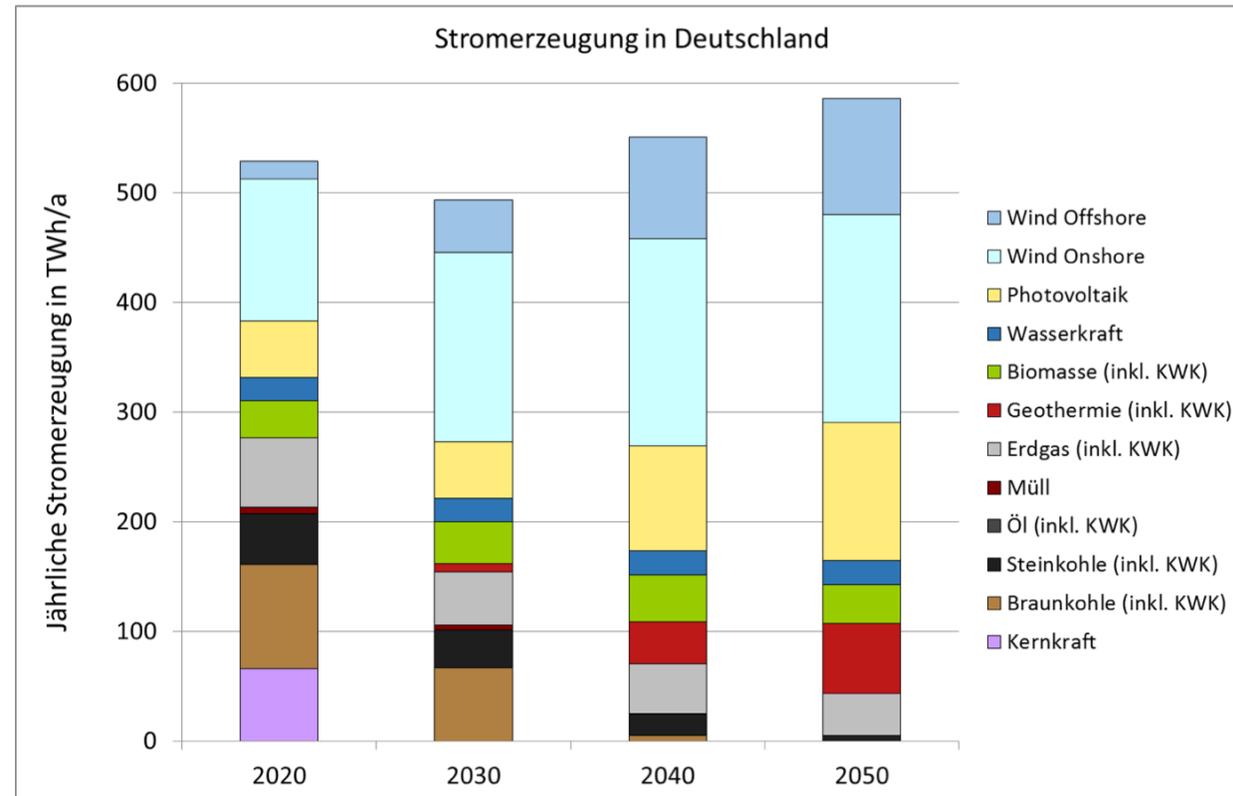
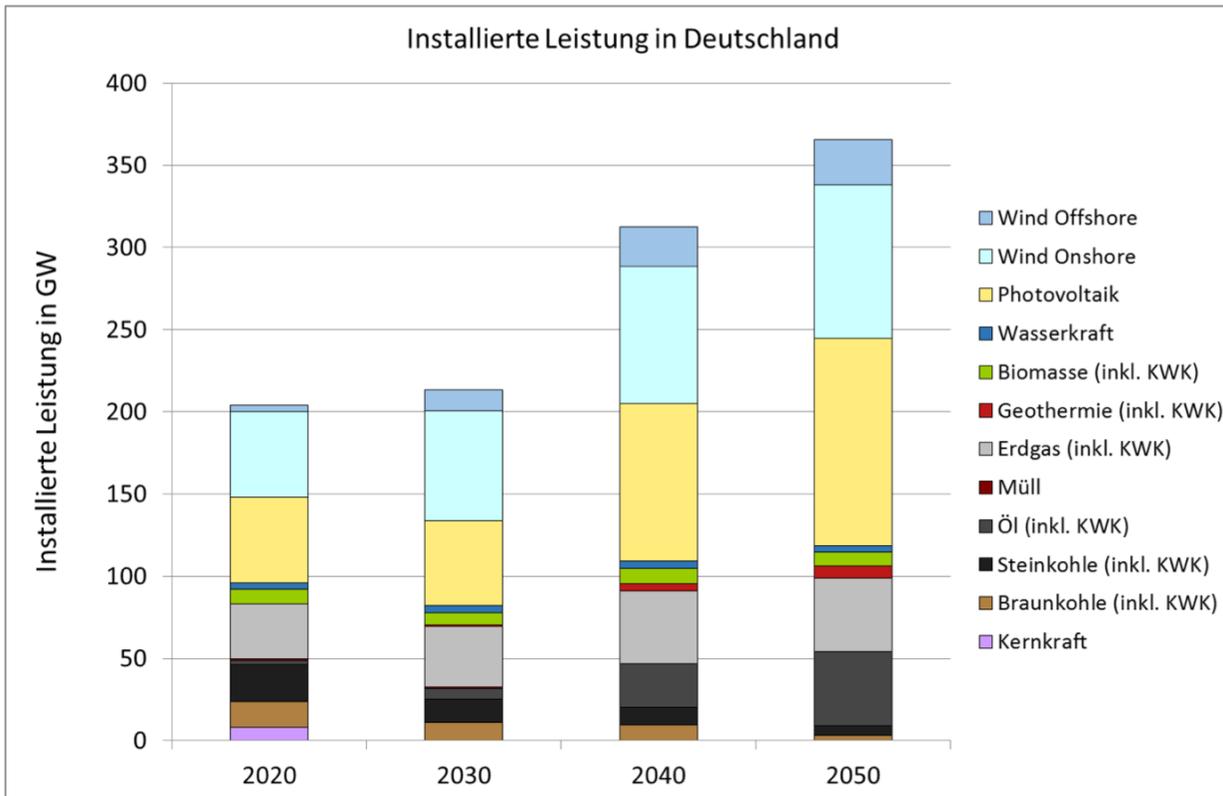
UNTERSUCHUNG VON ENERGIEWENDESZENARIEN FÜR

BADEN-WÜRTTEMBERG

REMix-Ergebnisse zur Stromversorgung in Deutschland

Ergebnisse Energiesystemmodell: Kraftwerkspark und Erzeugungsstruktur

Deutschland

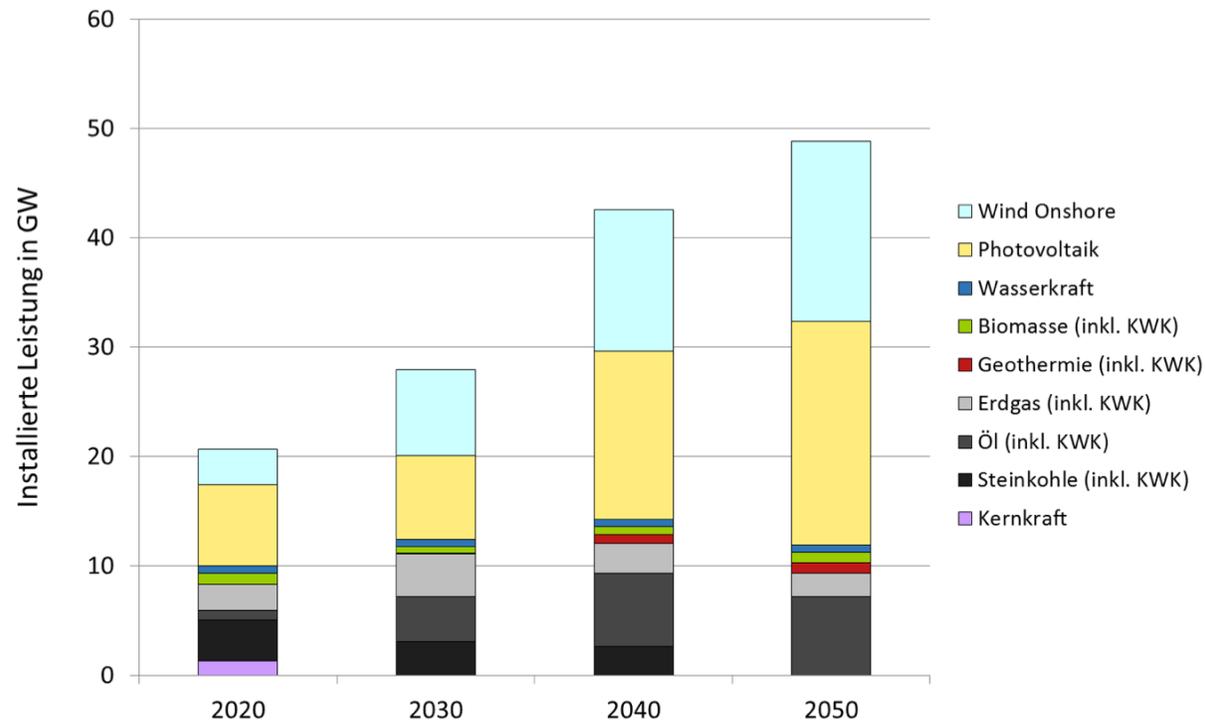


Entwicklung der Stromversorgung in Baden-Württemberg

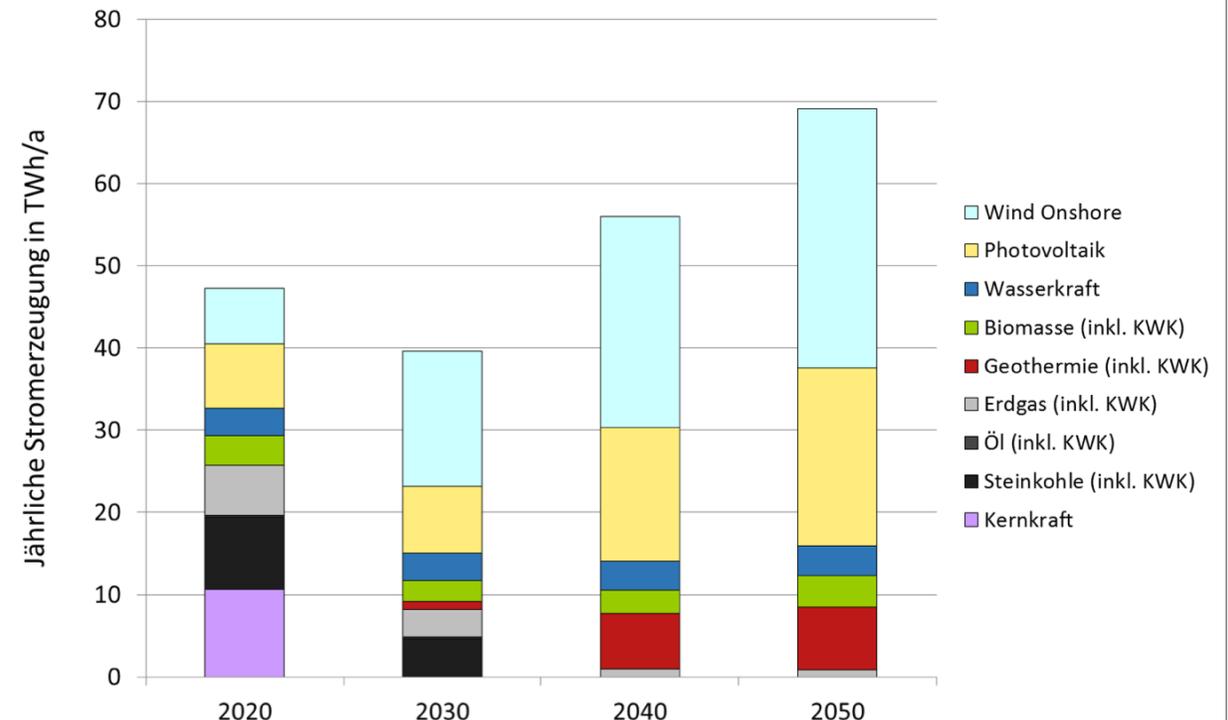
Kraftwerkspark und Erzeugungsstruktur

Baden-Württemberg

Installierte Leistung in Baden-Württemberg



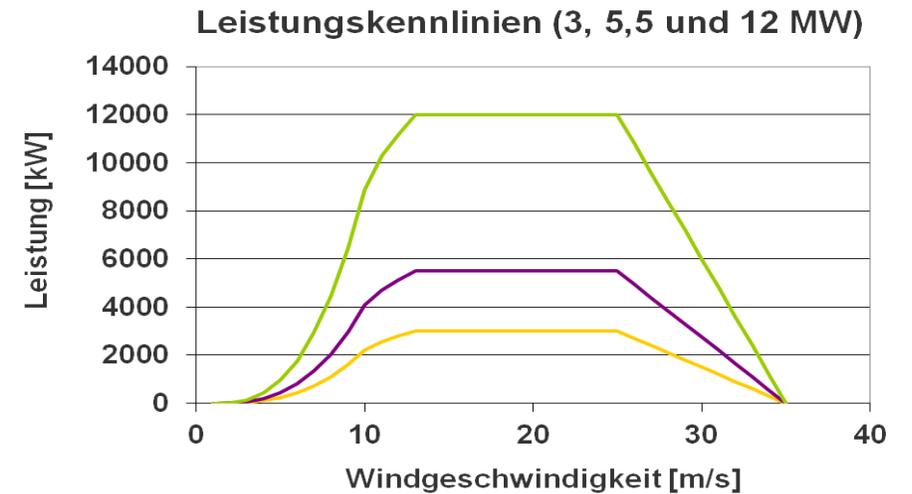
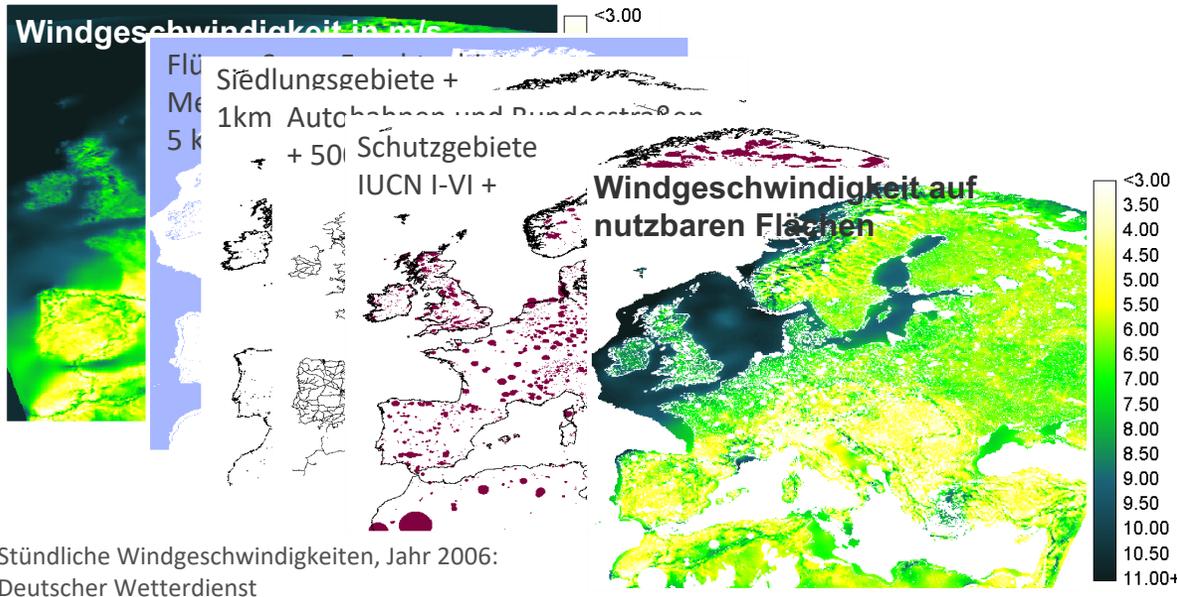
Stromerzeugung in Baden-Württemberg



- Installierte Leistung nimmt ab 2020 deutlich zu
- Wegfall der Kernkraft wird zunächst nicht vollständig kompensiert

Stromerzeugung ohne Importe

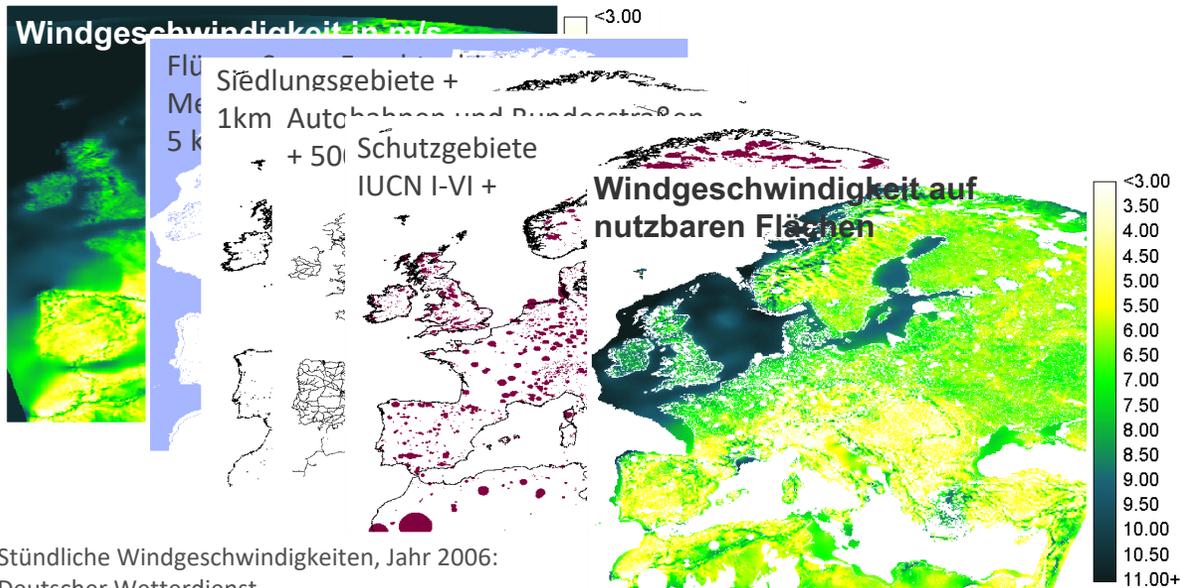
Windenergie: Methode



Leistungskennlinien auf Basis der Enercon E-82

- a) Ressource: Windgeschwindigkeit in m/s
- b) Flächenanalyse: Flächenausschluss, nutzbare Flächenanteile
→ Windgeschwindigkeit in m/s auf nutzbaren Flächen
- c) Kraftwerksmodell aus Leitstudie 2010/2011 u.a.: Leistungskennlinie, Kapazitätsdichte, Investitions- und Betriebskosten,...

Windenergie: Methode



Windenergie: Ergebnisse anhand des Jahres 2006

Zeitlicher Verlauf der potenziellen Stromerzeugung

Raster-
datensätze:

- installierbare **Leistung**
- **Jahres-Stromerzeugungspotenzial**
- **Kosten**

Abgeleitete Ergebnisse:

- Volllaststunden
- Stromgestehungskosten
- regionale Summenwerte

a) Ressource: Windgeschwindigkeit in m/s

b) Flächenanalyse: Flächenausschluss, nutzbare Flächenanteile

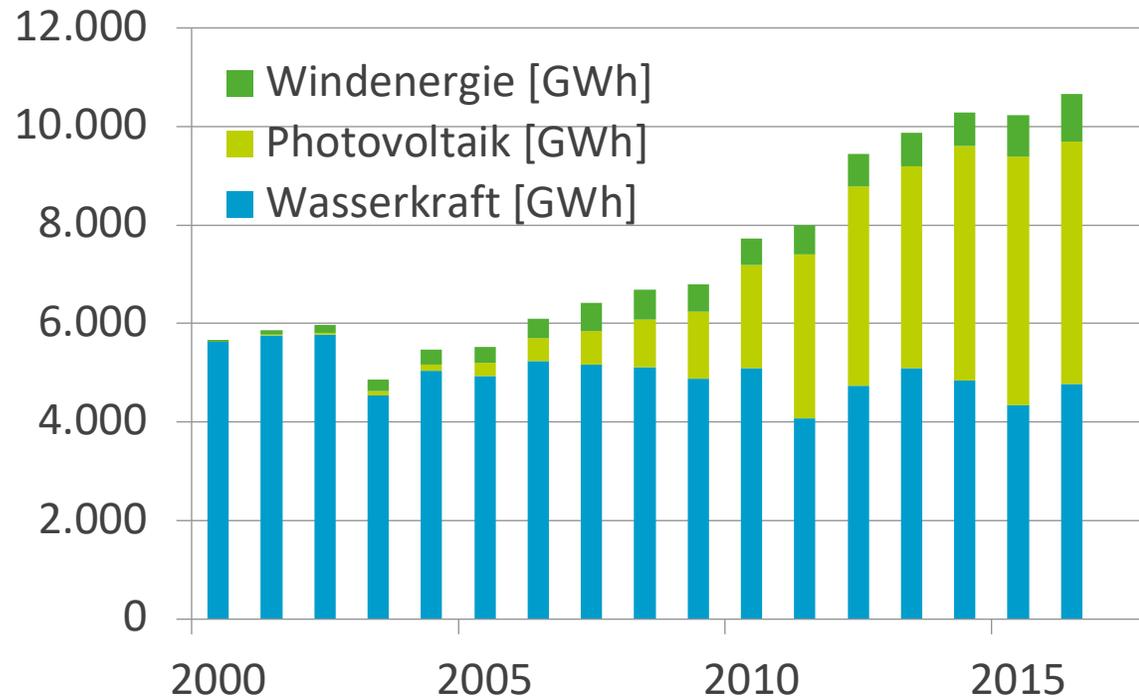
→ Windgeschwindigkeit in m/s auf nutzbaren Flächen

c) Kraftwerksmodell aus Leitstudie 2010/2011 u.a.: Leistungskennlinie, Kapazitätsdichte, Investitions- und Betriebskosten,...

Baden-Württemberg: Bestehender und geplanter EE-Ausbau

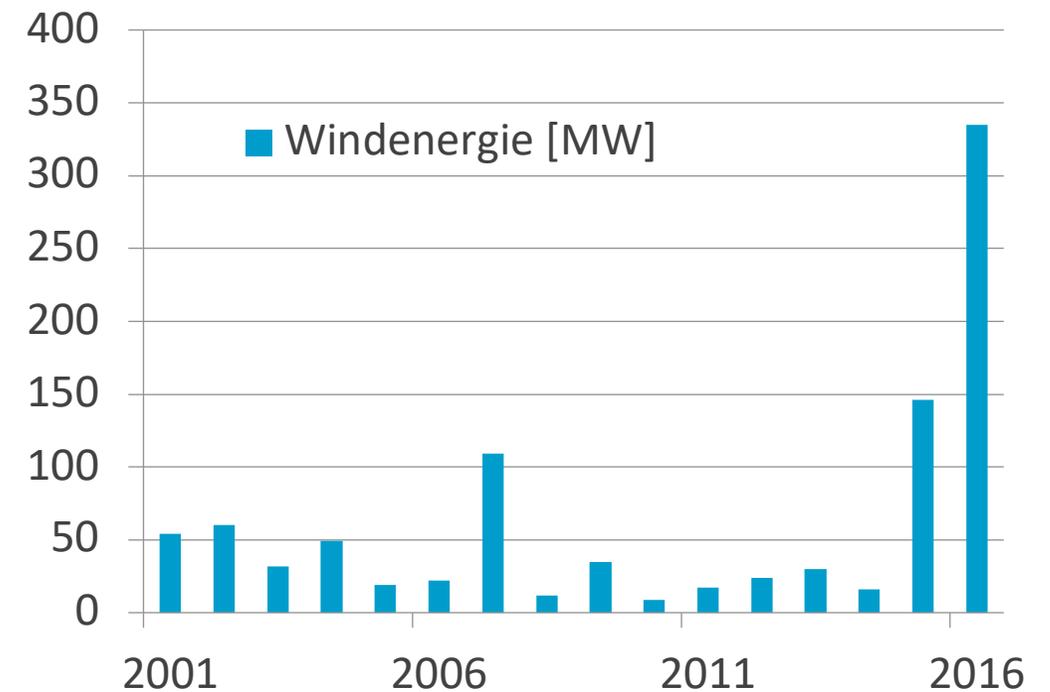
Windenergie: 2016 Jährliche installierte Windleistung stieg 2015 und 2016 deutlich an

Entwicklung der Bruttostromerzeugung [GWh]



UM-BW (2017): „Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg
2016 -Erste Abschätzung, Stand April 2017“, Stuttgart, April 2017

Jährliche installierte Windleistung [MW]



UM-BW (2017): „Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg
2016 -Erste Abschätzung, Stand April 2017“, Stuttgart, April 2017

Baden-Württemberg: Bestehender und geplanter EE-Ausbau

Windenergie: 2016 Rekordjahr bei der jährlich installierten Windleistung in BW

2016 war ein Rekordjahr für Ausbau der Windkraft

120 neue Windkraftanlagen im Jahr 2016

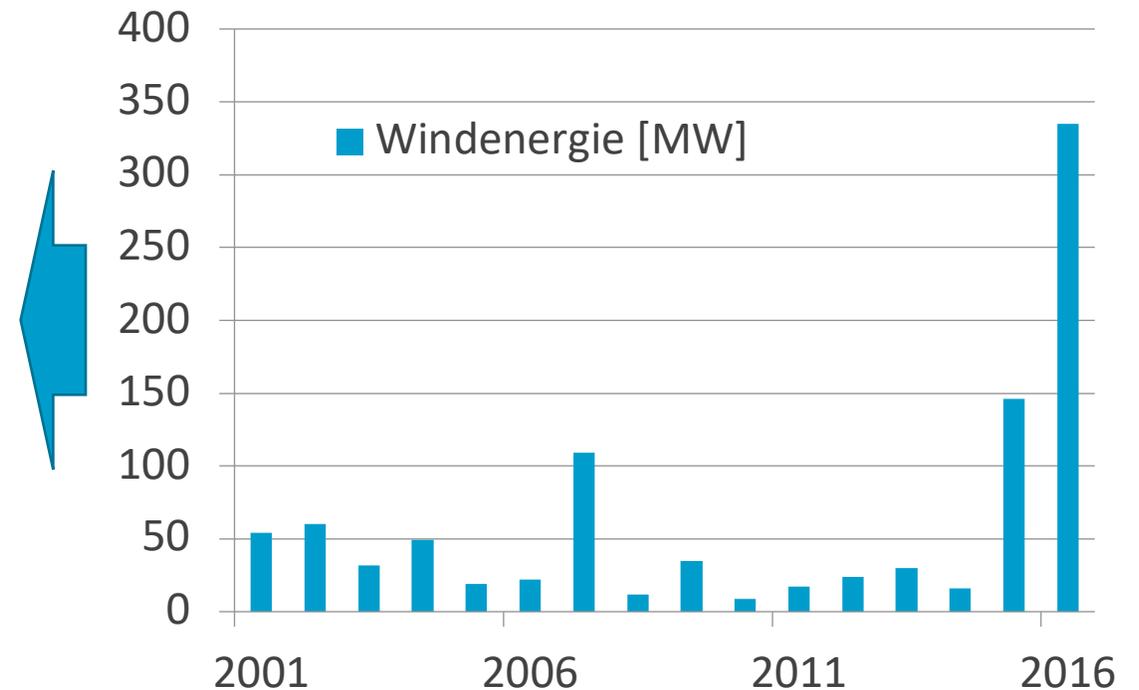
Umwelt- und Energieminister Franz Untersteller: „Der Ausbau der Windenergie im Land hat enorm Fahrt aufgenommen.“

2016 war ein erneutes Rekordjahr für den Ausbau der Windkraft in Baden-Württemberg:

Untersteller: „Damit haben wir die guten Zahlen aus dem Vorjahr nochmals deutlich übertroffen.“

Umweltminister Franz Untersteller: „Die Umfrage belegt, dass die Windkraft als Teil der Energiewende akzeptiert und als wesentliche Form der künftigen Stromerzeugung befürwortet wird.“

Jährliche installierte Windleistung [MW]

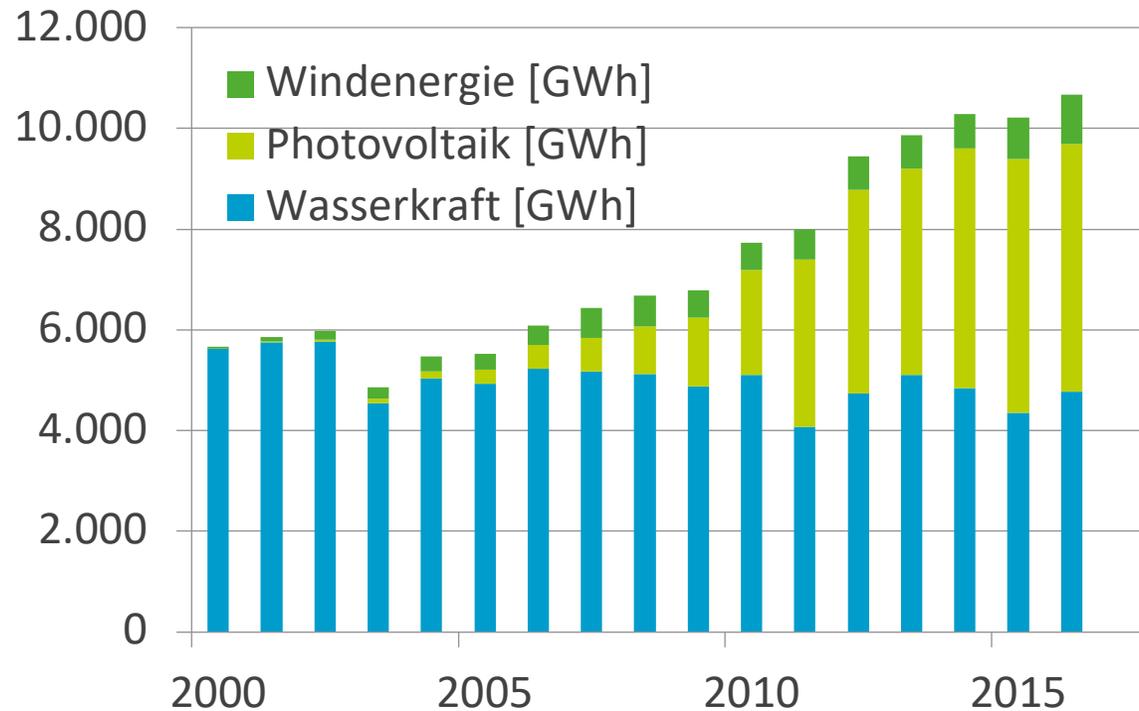


UM-BW (2017): „Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg
2016 -Erste Abschätzung, Stand April 2017“, Stuttgart, April 2017

Baden-Württemberg: bestehender und geplanter Ausbau EE

Wind & PV: Hohe Unsicherheit über die Zielerreichung 2020

Entwicklung der Bruttostromerzeugung [GWh]



UM-BW (2017): „Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg
2016 -Erste Abschätzung, Stand April 2017“, Stuttgart, April 2017

Ziele in Baden-Württemberg

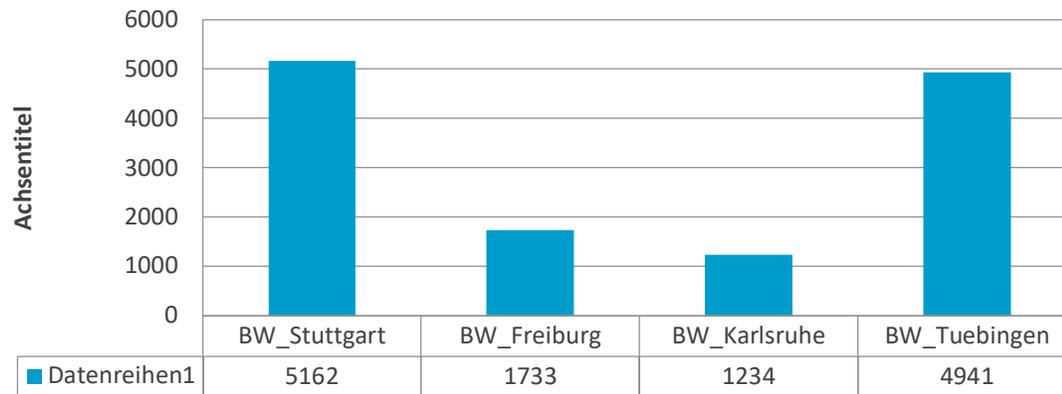
- Windanteil bis 2020 bei 10%
- Aktueller Windanteil bei 1,6%

- **Hohe Unsicherheit über tatsächlichen Zubau**
- **Abhängigkeit vom nationalen Ausschreibungsdesign**

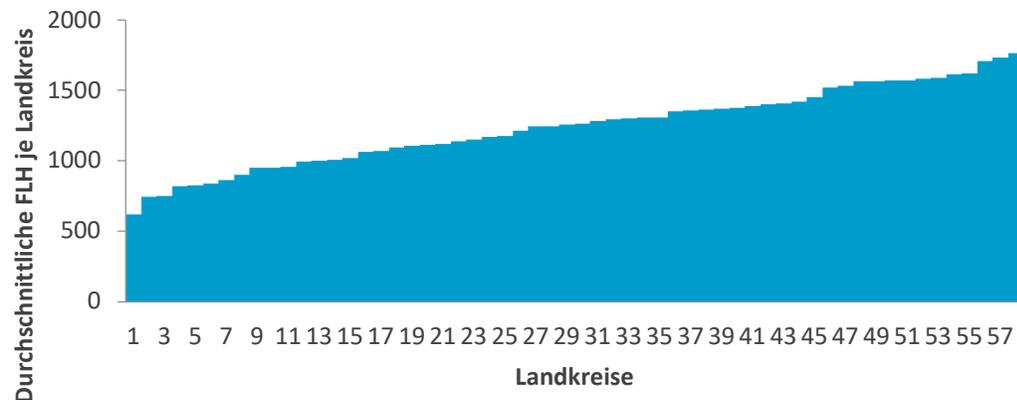
Ermittelte Windpotentiale für Baden-Württemberg

Basis-Szenario

Ermittelte Windpotentiale nach Regierungsbezirken [MW]



Wind Volllaststunden in BW [h/a]



Beobachtung

- Große Windpotentiale im Nord-Osten (Heilbronn/Franken) weitere Potentiale im Süd-Westen (Schwäbischen Alb und Donau-Region)
- Zur Erreichung der Ziele ist eine Nutzung sämtlicher Potentiale notwendig.
- Vergrößerung der Potentiale durch Reduktion der Abstandsflächen und Bebauung von Wald- und Naturschutzgebieten.

Burden-Sharing in BW:

- Verteilung der Belastung bedeutet deutlich sinkende Volllaststunden für Windanlagen

Ergebnisse der Wind- und PV-Ausschreibung 2017

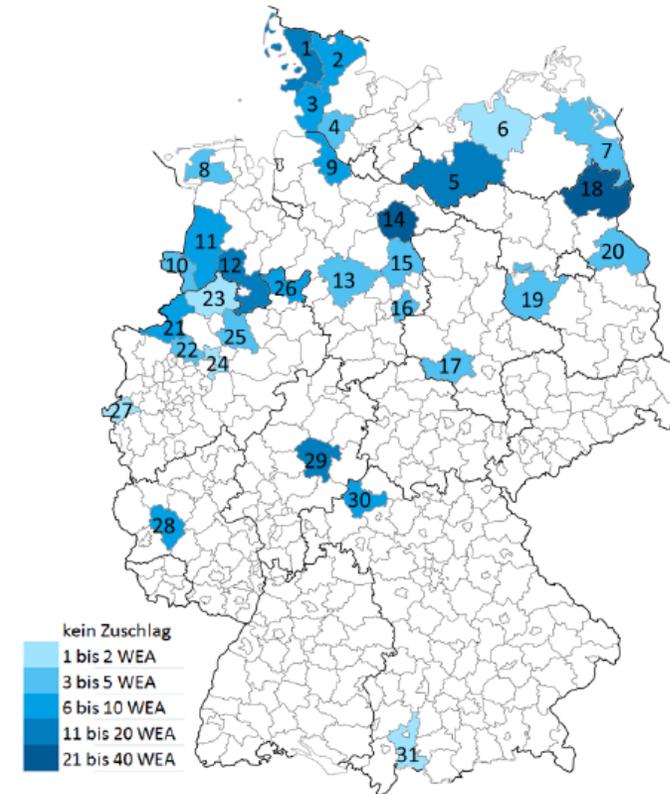
Neues Ausschreibungsverfahren 2017

Erkenntnisse der ersten Ausschreibungsrunden 2017: 3 Runden, 2400 GW

- Nach gutem Windausbau in BW 2016
- 2017 in drei Auktionen **keine Zuteilung von Windanlagen** in BW.
- 80% Zuteilung in Mecklenburg Vorpommern, Brandenburg, Niedersachsen und Thüringen

These: Ohne eine Anpassung des Marktdesigns können die Wind und PV Ziele in Baden-Württemberg nicht erreicht werden.

Regionale Verteilung der bezuschlagten Windparks (1. Ausschreibungsrunde)



Deutsche WindGuard (2017): „ Analyse der Ergebnisse der 1. Ausschreibungsrunde für die Windenergie an Land “ Im Auftrag des Bundesverband WindEnergie (BWE) Juni 2017

Ergebnisse der Wind- und PV-Ausschreibung 2017

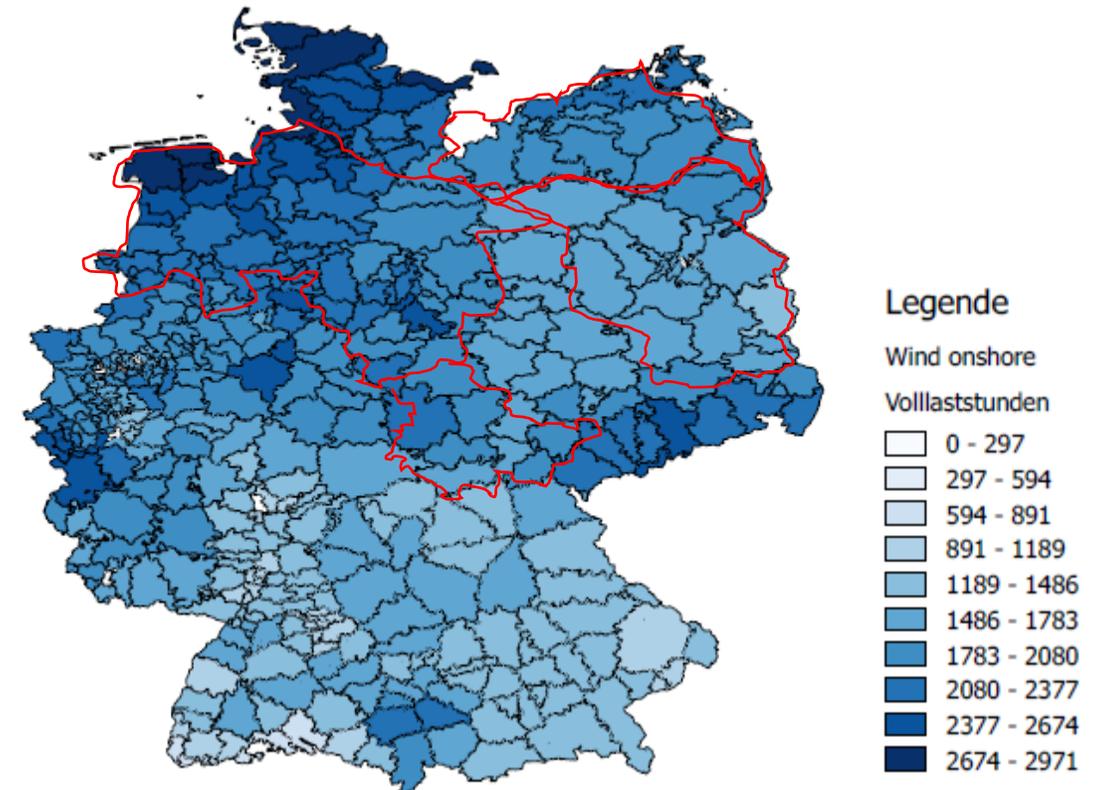
Neues Ausschreibungsverfahren 2017

Erkenntnisse der ersten Ausschreibungsrunden **2017: 3 Runden, 2400 GW**

- Nach gutem Windausbau in BW 2016
- 2017 in drei Auktionen **keine Zuteilung von Windanlagen** in BW.
- 80% Zuteilung in Mecklenburg Vorpommern, Brandenburg, Niedersachsen und Thüringen

These: Ohne eine Anpassung des Marktdesigns können die Wind und PV Ziele in Baden-Württemberg nicht erreicht werden.

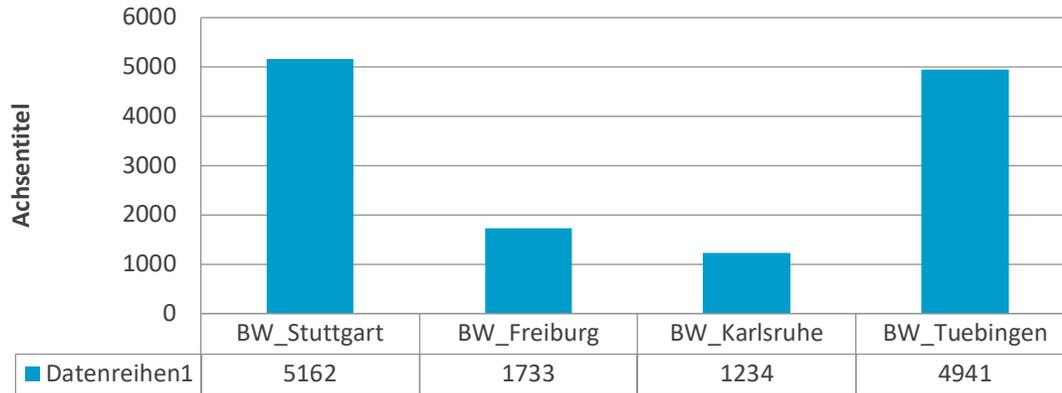
Standortgüte: Jahresvolllast-Stunden



Ermittelte Windpotentiale für Baden-Württemberg

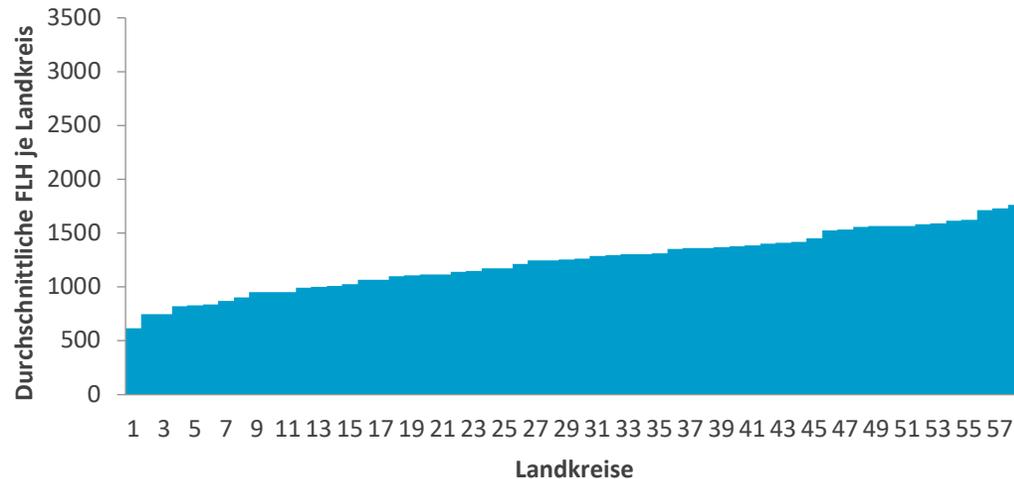
Welche Anreize setzt das aktuelle Marktdesign?

Ermittelte Windpotentiale nach Regierungsbezirken [MW]

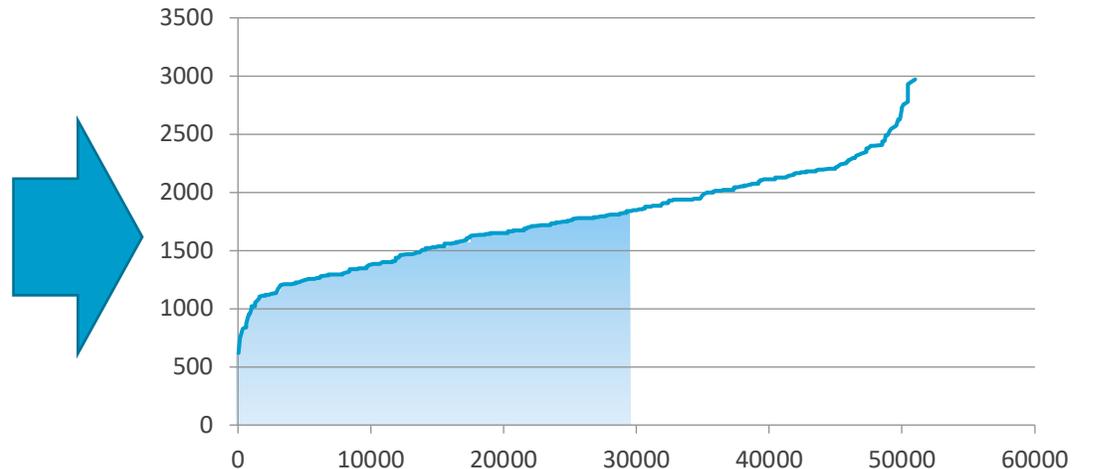


- Bietet Korrekturfaktor ausreichend Anreize für Investitionen in Süddeutschland?

Wind Volllaststunden in BW [h/a]

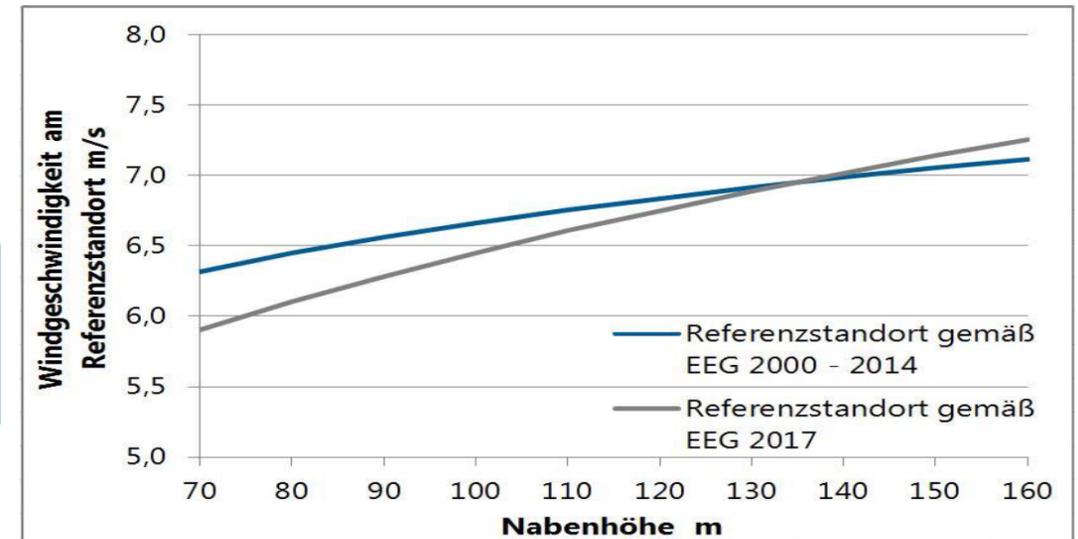
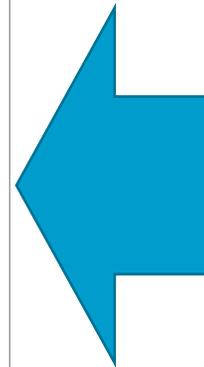
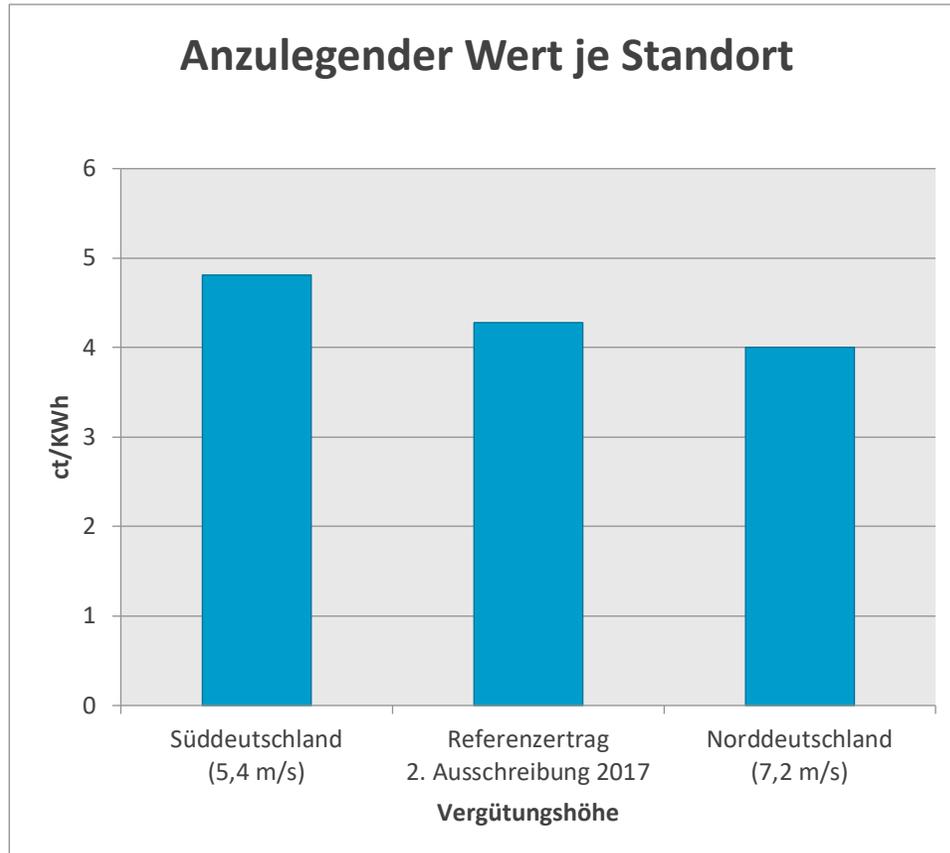


Deutschland Windvolllaststunden



Wirtschaftlichkeit von Wind-Anlagen im aktuellen Fördermodell

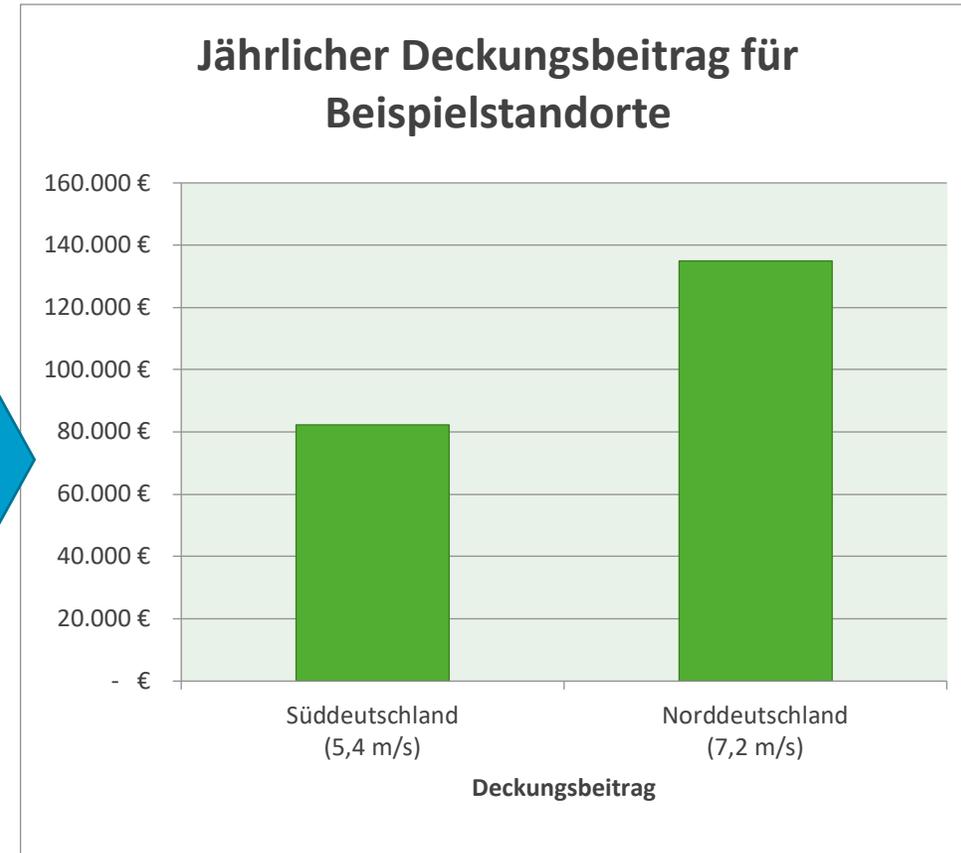
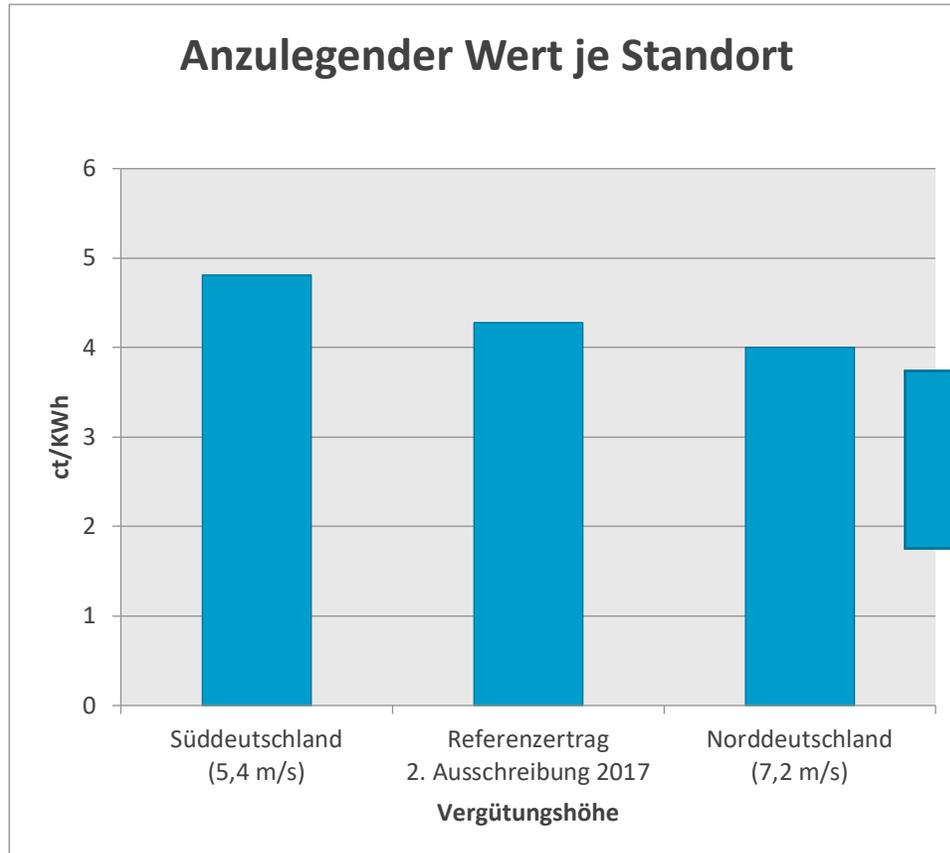
Die Förderung erfolgt abhängig von der Standortgüte



Gütefaktor	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%
Korrekturfaktor	1,29	1,16	1,07	1	0,94	0,89	0,85	0,81	0,79

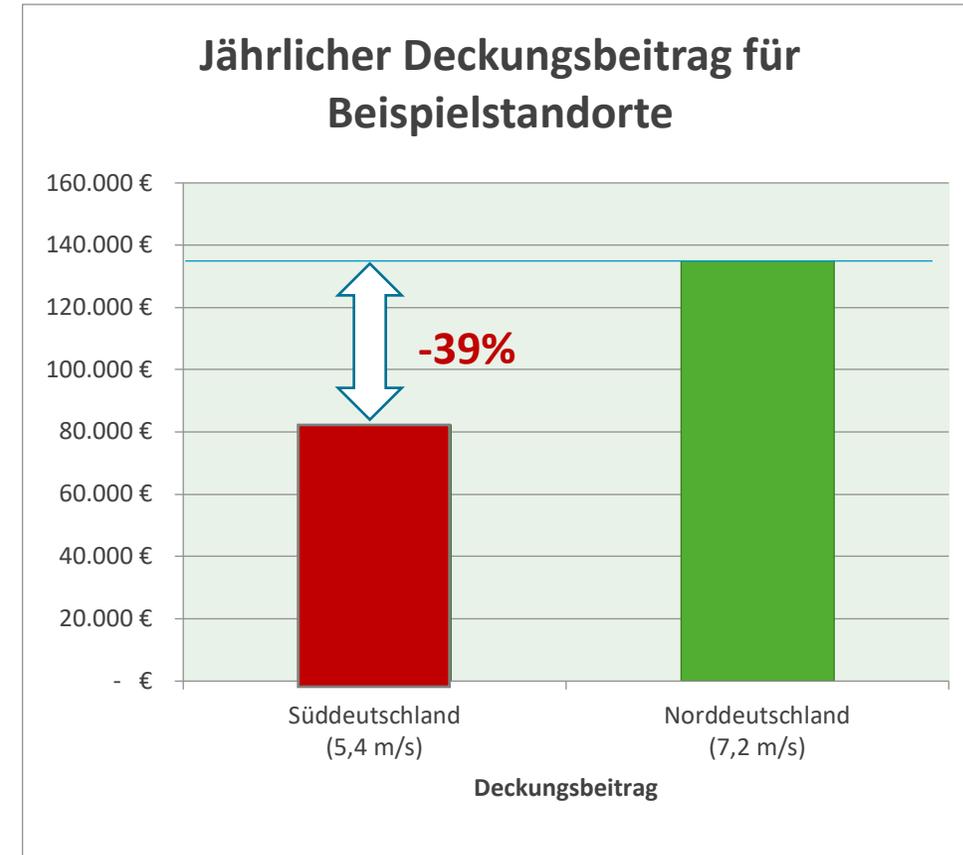
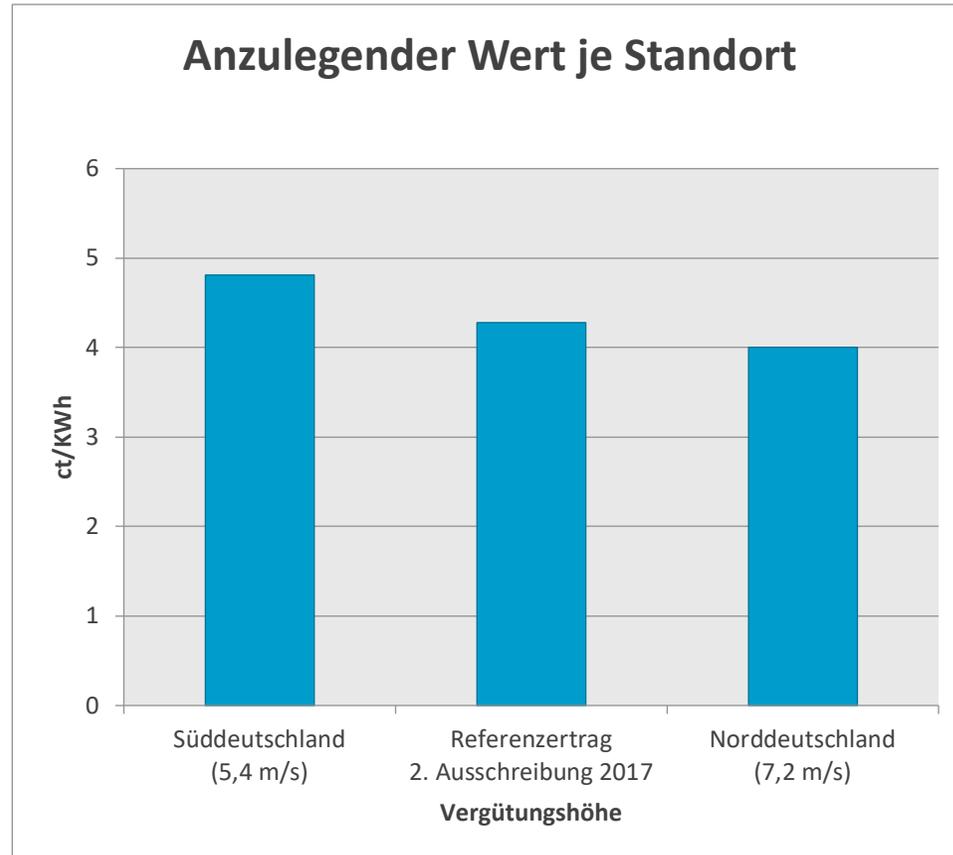
Wirtschaftlichkeit von Wind-Anlagen im aktuellen Fördermodell

Windanlagen in Süddeutschland sind aktuell nicht wirtschaftlich



Wirtschaftlichkeit von Wind-Anlagen im aktuellen Fördermodell

Windanlagen in Süddeutschland sind aktuell nicht wirtschaftlich



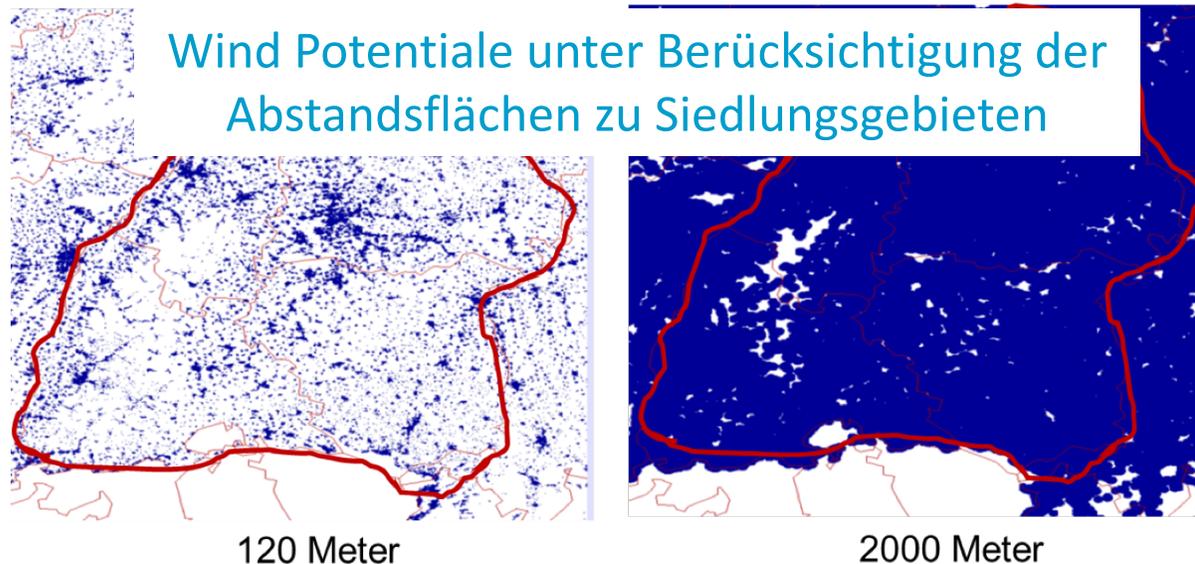
Rechnungen bestätigen:

- Minimale Anreize für Zubau in Süddeutschland.
- Keine ausreichenden Anreize für system-freundliche Windanlagen (Schwachwindanl.)

Nächste Schritte und Fazit

Nächste Schritte:

- Burden-Sharing: Wie verändern sich die Erzeugungskosten für Erneuerbare, wenn die regionalen Ziele erreicht werden sollen?
- Welche **Anreize** müssen im Markt gesetzt werden?
- Welche Bedeutung hat **Akzeptanz**?



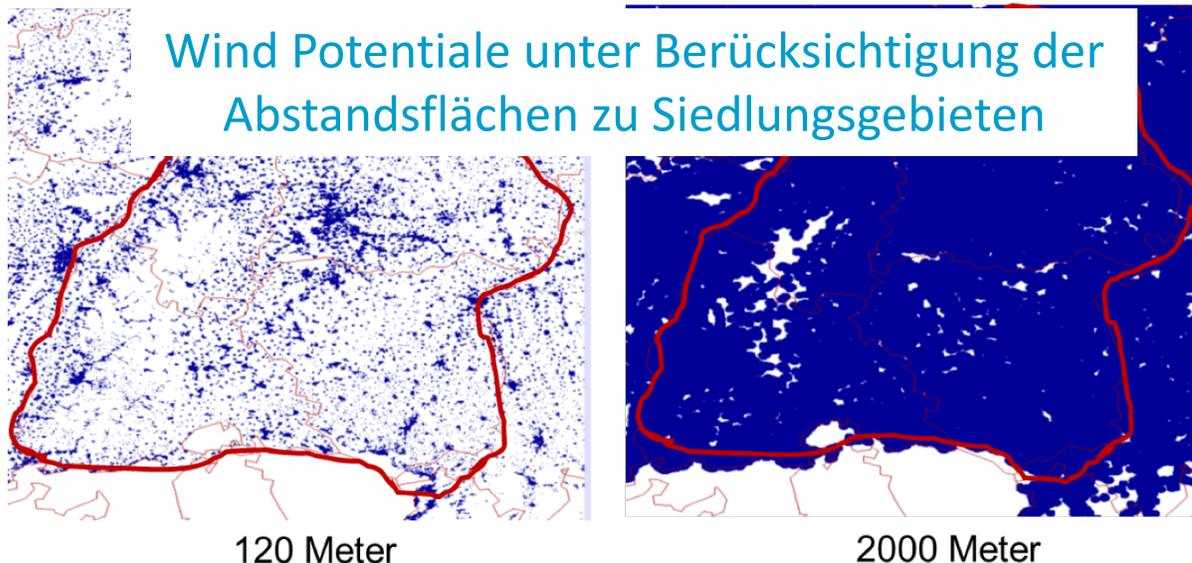
Nächste Schritte und Fazit

Nächste Schritte:

- Burden-Sharing: Wie verändern sich die Erzeugungskosten für Erneuerbare, wenn die regionalen Ziele erreicht werden sollen?
- Welche **Anreize** müssen im Markt gesetzt werden?
- Welche Bedeutung hat **Akzeptanz**?

Fazit

- Aktuell bestehen keine Anreize in Süddeutschland in Windanlagen zu investieren.
- Das Land Baden-Württemberg kann seine Erneuerbaren Ziele unter bestehendem Rahmen nicht erreichen.



Modellkritik/Ausblick:

- Fundamentalmodelle müssen vor bestehendem Marktdesign kritisch hinterfragt werden.
- Bessere Berücksichtigung von Marktdesign und Akzeptanz in langfristigen Energieszenarien notwendig.

Vielen Dank!

Dipl. Wi-Ing. M.S. Frieder Borggrefe

frieder.borggrefe@dlr.de

+49 (0) 711 6862 – 431

**Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V. (DLR)**

Institut für Technische Thermodynamik

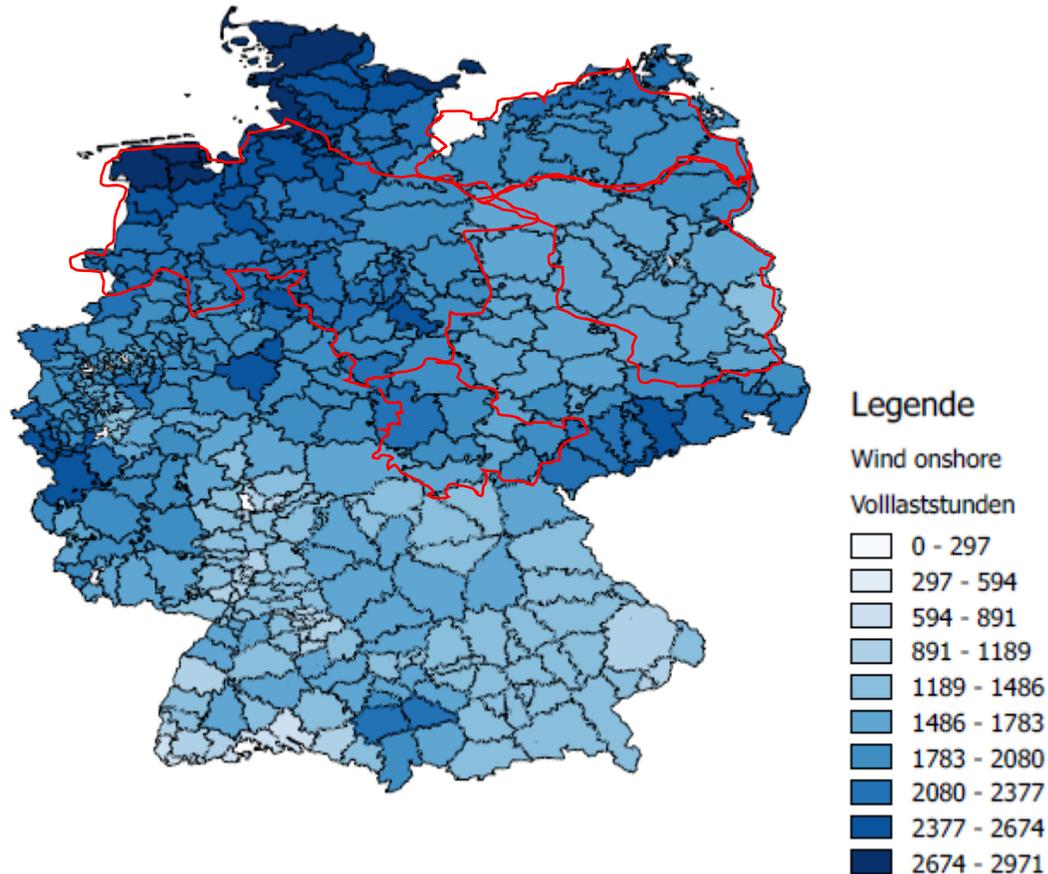
Pfaffenwaldring 38-40

70469 Stuttgart

Durch bestehende Anreize können Ziele nicht erreicht werden

Sensitivitätsrechnungen II: Wirtschaftlichkeit und Verteilungseffekte

Standortgüte: Jahresvolllast-Stunden



Beobachtung

- Neues Ausschreibungsverfahren:
 - Nach gutem Windausbau in 2016
 - 2017 in drei Auktionen **keine Zuteilung von Windanlagen** in BW.
- 80% Zuteilung in Mecklenburg Vorpommern, Brandenburg, Niedersachsen und Thüringen

Korrekturfaktor:

- Bietet Korrekturfaktor ausreichend Anreize für Investitionen in Süddeutschland?

1. Analyse neuer Marktanreizsysteme

- Welche Anreize können gesetzt werden, um auch einen Zubau in Süddeutschland zu ermöglichen?

2. Szenarien: Kosten durch „Burden-Sharing“

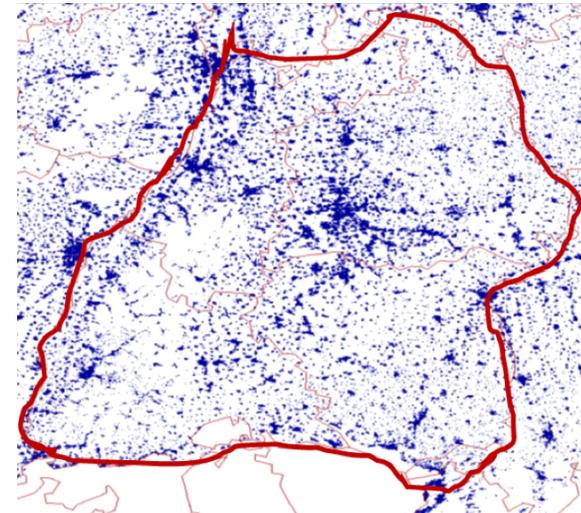
Wie verändern sich die Erzeugungskosten, wenn die regionalen Ziele erreicht werden sollen?

3. Erhöhung der Auflösung

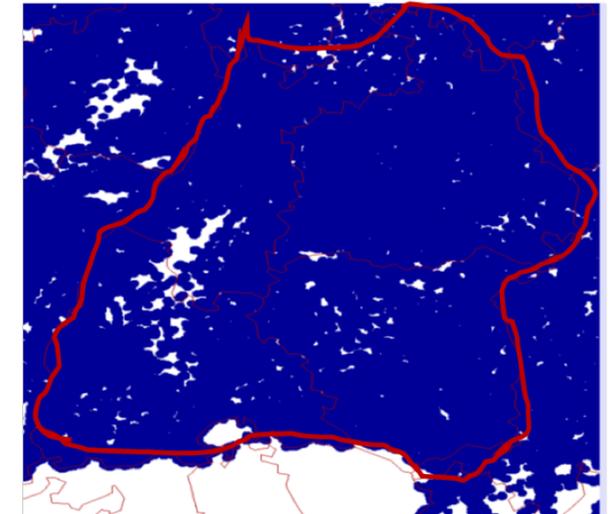
- 500 Regionen in Deutschland
- Erhöhung der regionalen Auflösung
- Ziel: Detailliertere Potentialabschätzung

4. Welche Bedeutung hat Akzeptanz?

- Potentiale unter Berücksichtigung der Abstandsflächen zu Siedlungsgebieten



120 Meter



2000 Meter

1. Analyse neuer Marktanreizsysteme

- Welche Anreize können gesetzt werden, um auch einen Zubau in Süddeutschland zu ermöglichen?

2. Szenarien: Kosten durch „Burden-Sharing“

- Einführung eines regionalen Faktors:

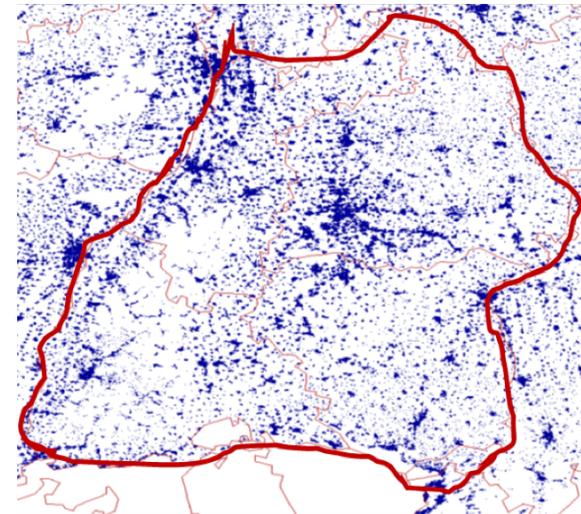
Wie verändern sich die Erzeugungskosten, wenn die regionalen Ziele erreicht werden sollen?

3. Erhöhung der Auflösung

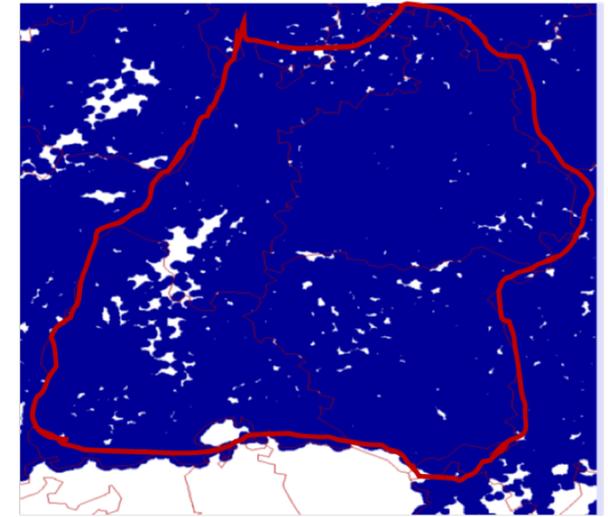
- 500 Regionen in Deutschland
- Erhöhung der regionalen Auflösung
- Ziel: Detailliertere Potentialabschätzung

Welche Bedeutung hat Akzeptanz?

- Potentiale unter Berücksichtigung der Abstandsflächen zu Siedlungsgebieten



120 Meter



2000 Meter