



**08.11.2023 | Spreewindtage | BDEW-Paneldiskussion**

---

## Flächen für die Offshore-Windenergie: Bedarf und Potenziale

Dr. Martin Dörenkämper – Fraunhofer IWES, Oldenburg

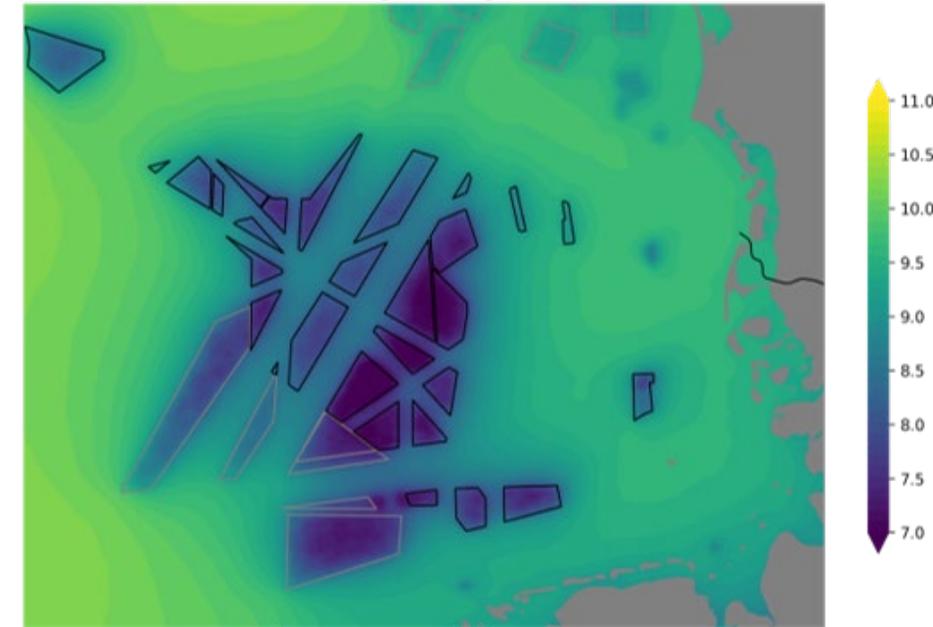


# Motivation & Methodik

# Offshore-Flächenpotenziale

## Flächenverfügbarkeit

- Die Bundesregierung sieht einen Ausbau von 70 GW (plus ggf. Ausgleichskapazitäten) bis 2045 vor
- Die für die Windenergienutzung vorgesehenen Flächen sind sehr begrenzt
- Flächen sind im internationalen Vergleich bereits jetzt dicht beplant



*Pfade zur Realisierung:*

**Flächenbedarf**      **Preis der Energie**

**Erhöhung der Kapazitätsdichte in den existierenden Gebieten**

**Erschließung weiterer Gebiete für Windenergie**

Erhöhung der Kapazitätsdichte in den existierenden Gebieten	Flächenbedarf	Preis der Energie
Erschließung weiterer Gebiete für Windenergie	Preis der Energie	Flächenbedarf

- Beratungsauftrag des BSH zur Fortschreibung des Flächenentwicklungsplans
- **Gemeinsame Auftragsstudie von BWO/BDEW zur Evaluation von Co-Nutzungsstrategien**

# Offshore-Flächenpotenziale

## Studienumfang

---

- Durchführung von **Referenzsimulationen** des Erzeugungspotenzials **ohne Co-Nutzung** aber unter Berücksichtigung aller aus heutiger Sicht nach 2040 potenziell verfügbaren Flächen in der deutschen AWZ der Nord- und Ostsee
- Durchführung von **Interviews und Gesprächen mit Stakeholdern** aus Naturschutz, Militär, Fischerei zur Evaluierung von Möglichkeiten der Co-Nutzung
- Durchführung von **zusätzlichen Simulationen** unter Berücksichtigung von **Repowering und Co-Nutzung**, d.h. mit höherem Potenzial als in der Referenzsimulation basierend auf den Ergebnissen der Interviews
- Auswertung, Analyse und Diskussion der Ergebnisse



Szenarienergebnisse

# Basisszenario

## Annahmen

- **Basisszenario - Gesamtkapazität 69 GW**
  - Flächen ähnlich zum Vorentwurf des Flächenentwicklungsplans
  - Schifffahrtsstraße SN10 wie in Wasserstoff-Studie der Deutschen Windguard<sup>1</sup> berücksichtigt
  - Berücksichtigung der momentanen Pläne (Anfang 2022) zum Ausbau in den Anrainerstaaten (Niederlande, Dänemark, Schweden)
  - **Ziel:** Referenzszenario zum späteren Vergleich der resultierenden Erträge

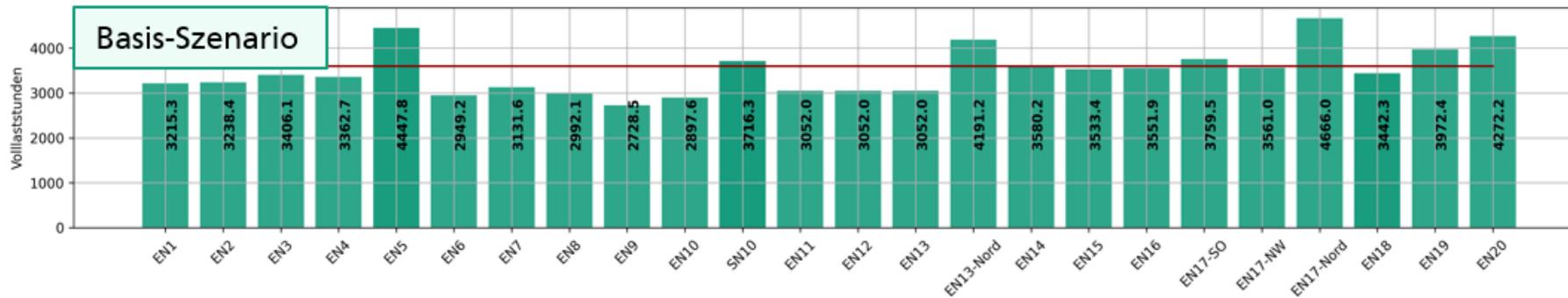
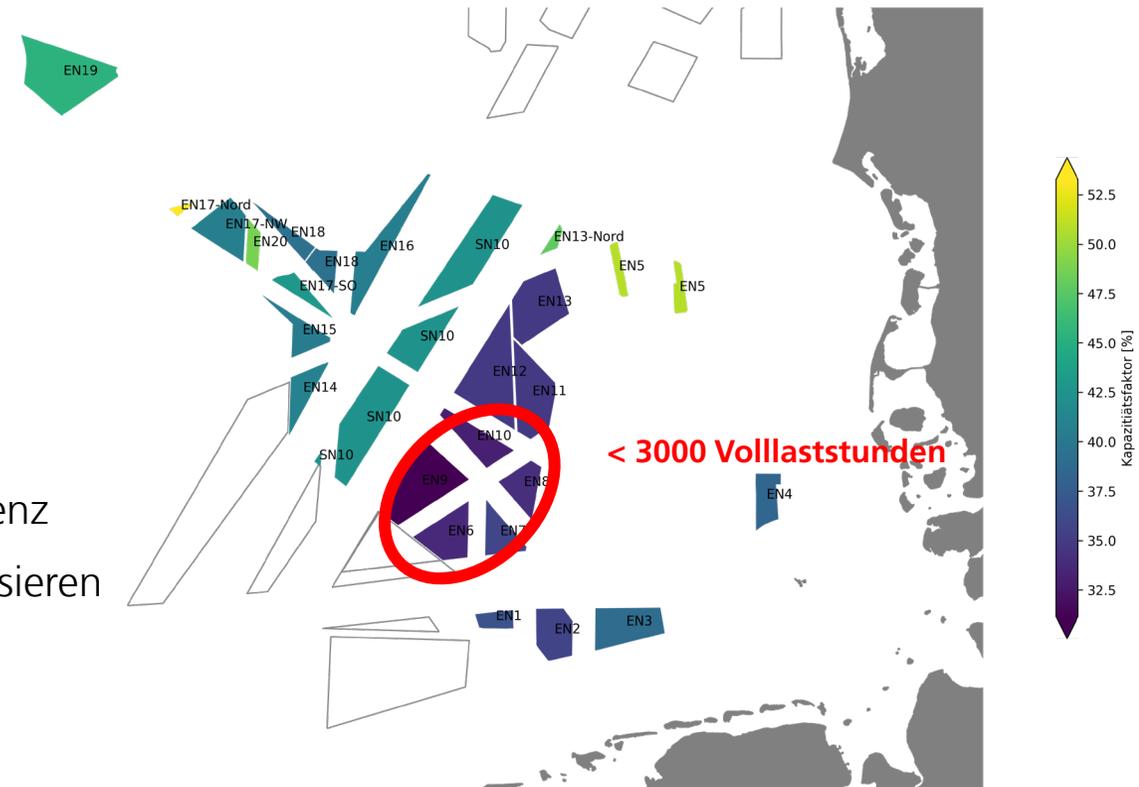


<sup>1</sup> [https://www.offshore-stiftung.de/sites/offshorelink.de/files/documents/210922\\_Wasserstoffpotentialanalyse\\_Gesamtbericht.pdf](https://www.offshore-stiftung.de/sites/offshorelink.de/files/documents/210922_Wasserstoffpotentialanalyse_Gesamtbericht.pdf)

# Basisszenario

## Ergebnisse

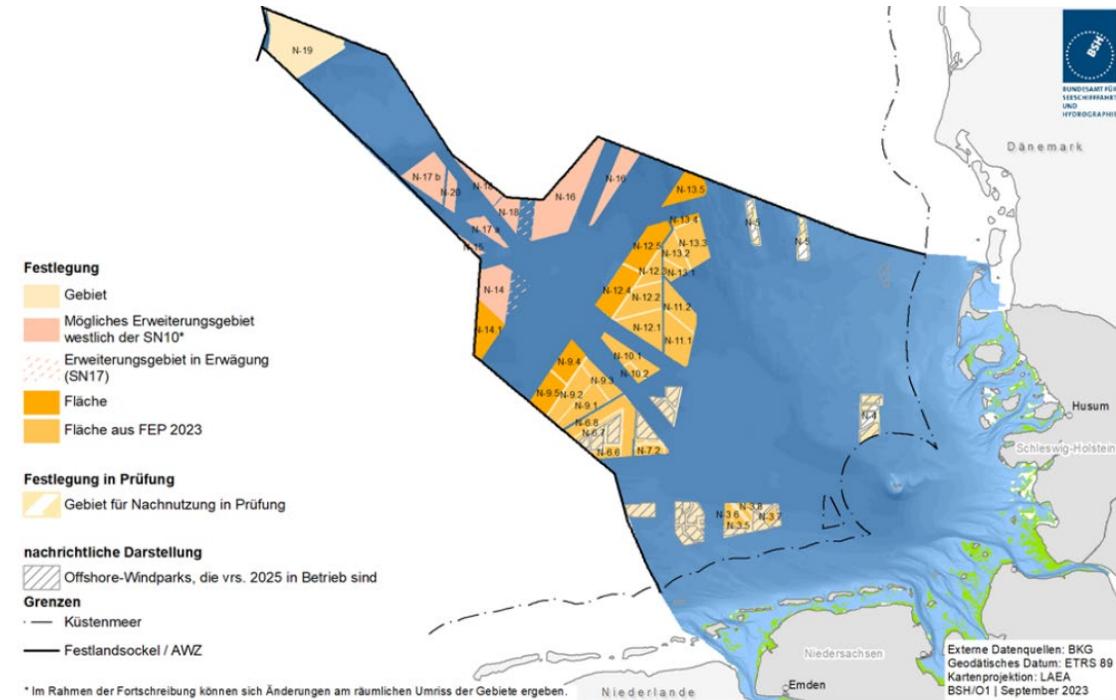
- Gesamt-Energieproduktion 232,7 TWh
- Entspricht **3372 mittleren Volllaststunden** bei 69 GW Kapazität
- Große Unterschiede in der Erzeugungseffizienz zwischen den Flächen
- Lage der Fläche und Leistungsdichte sind Hauptfaktoren für die Effizienz
- Auf einigen Flächen lassen sich weniger als 3000 Volllaststunden realisieren



# Basisszenario

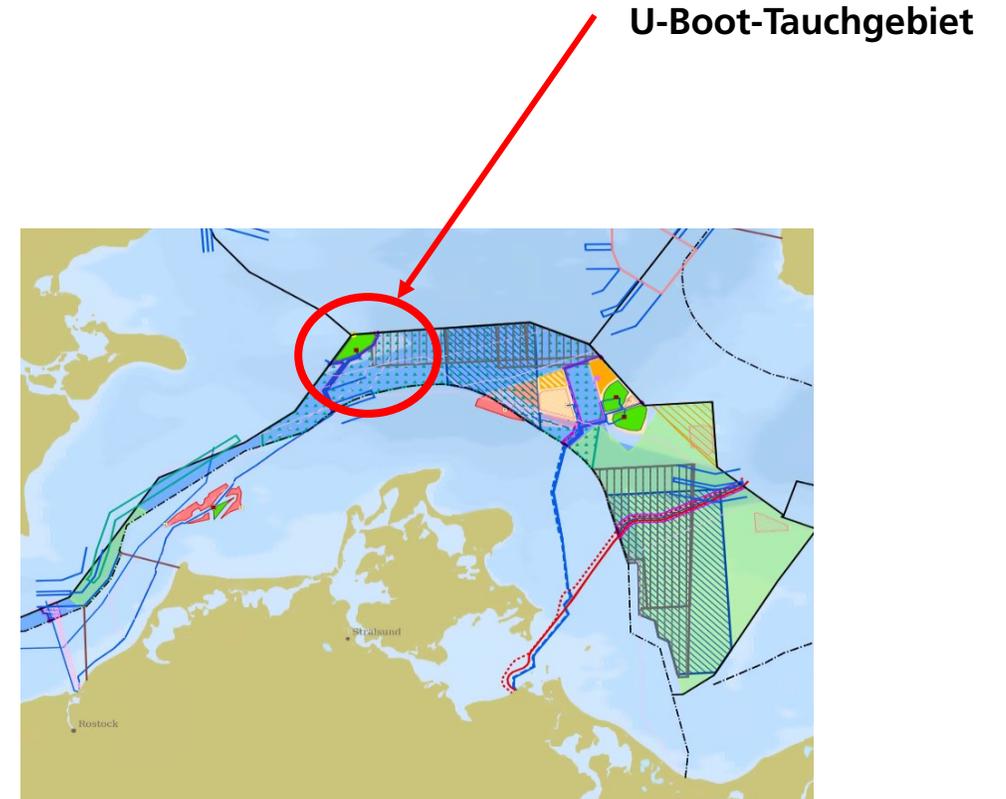
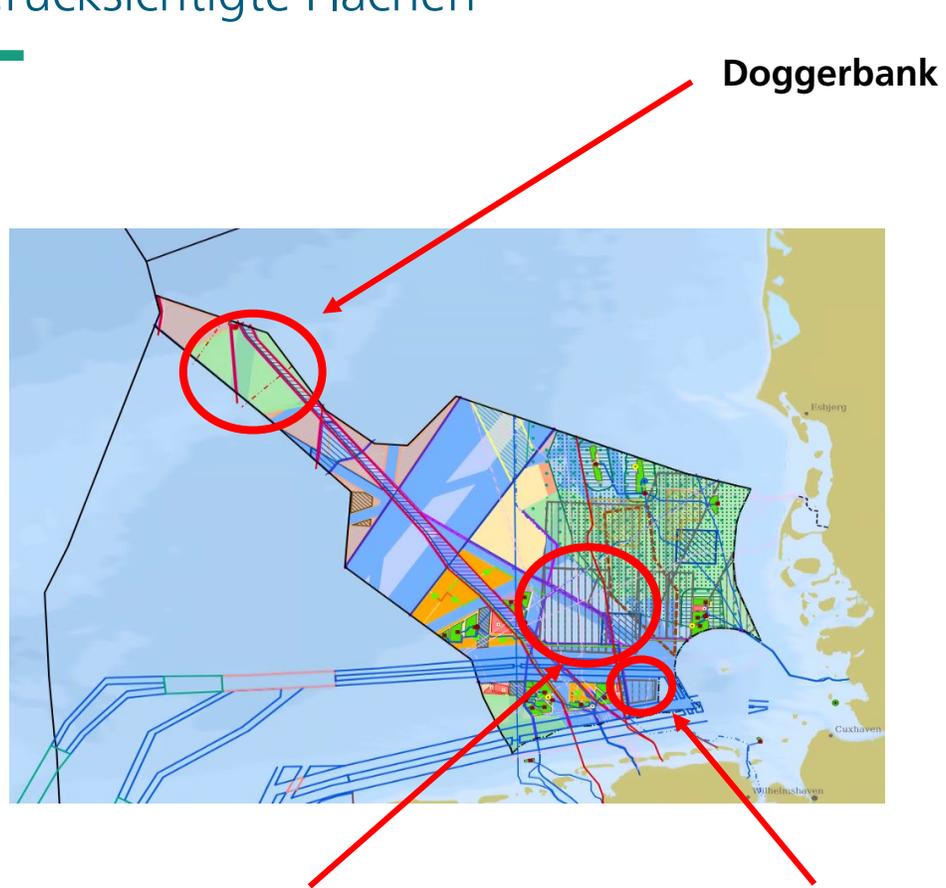
## Ergebnisse

- Gesamt-**Energieproduktion 232,7 TWh**
  - Entspricht **3372 mittleren Volllaststunden** bei 69 GW Kapazität
  - Große Unterschiede in der Erzeugungseffizienz zwischen den Flächen
  - Lage der Fläche und Leistungsdichte sind Hauptfaktoren für die Effizienz
  - Auf einigen Flächen lassen sich weniger als 3000 Volllaststunden realisieren
- Schifffahrtsstraße in neuester Planung sogar noch am Cluster



# Co-Nutzungs-Szenarien

## Berücksichtigte Flächen



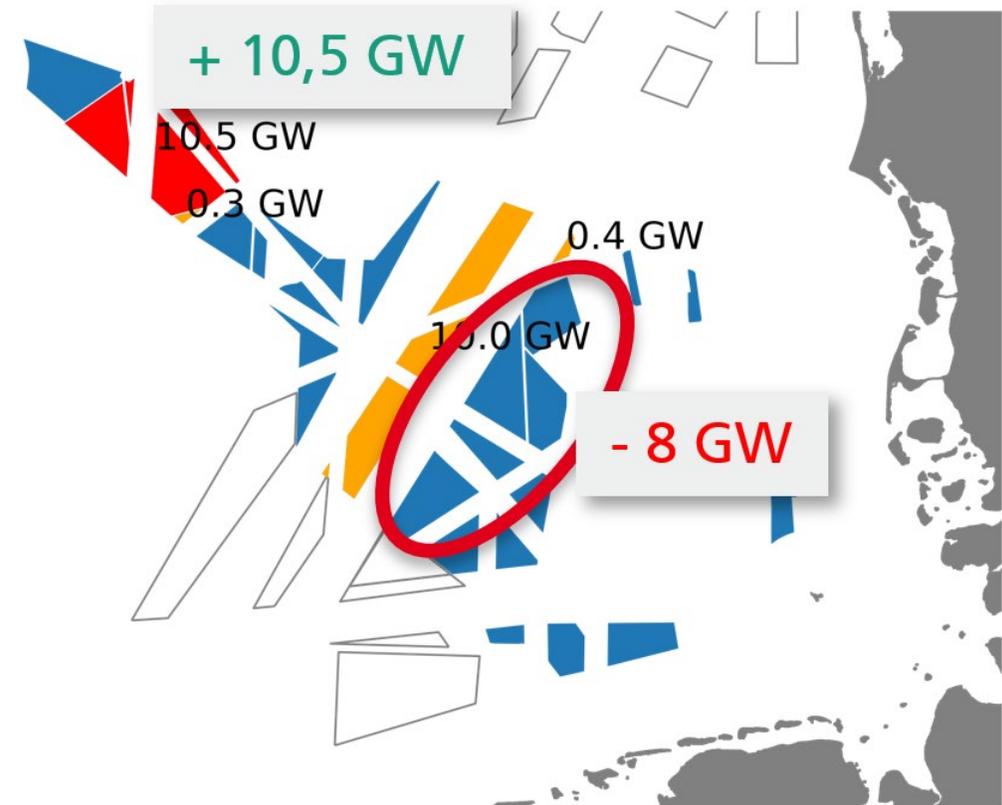
[<https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/meeresnutzung/index.html?lang=de>]

# Co-Nutzungs-Szenarien

## Co-Nutzung 1: Verschiebung von Kapazitäten in die Doggerbank

### ▪ Co-Nutzungs-Szenario 1 - Gesamtkapazität 71 GW

- Reduktion der Kapazität in Zone 3 um 8 GW
- Bepflanzung der Flächen der Doggerbank unter Aussparung von Kabel-/Pipelinetrassen und Schifffahrtsstraßen
- **Ziel:** Bei ähnlicher Gesamtkapazität höhere Erträge durch Hinzunahme von Flächen

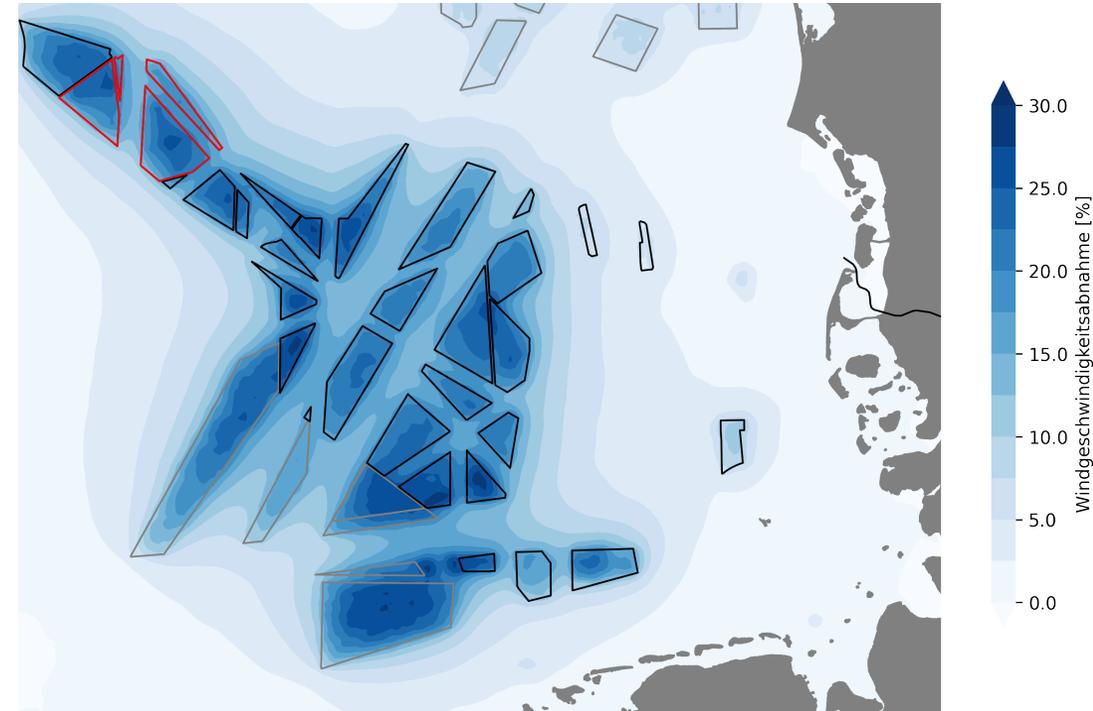


# Co-Nutzungs-Szenarien

## Co-Nutzung 1: Verschiebung von Kapazitäten in die Doggerbank

### Ergebnisse:

- Gesamt-**Energieproduktion** mit **260,0 TWh** deutlich höher als im Basisszenario
- Es resultieren im Mittel **3662 Volllaststunden** bei **71 GW Gesamtkapazität**
- Signifikant höhere Effizienz (+ 6%) durch die Verschiebung der Kapazitäten

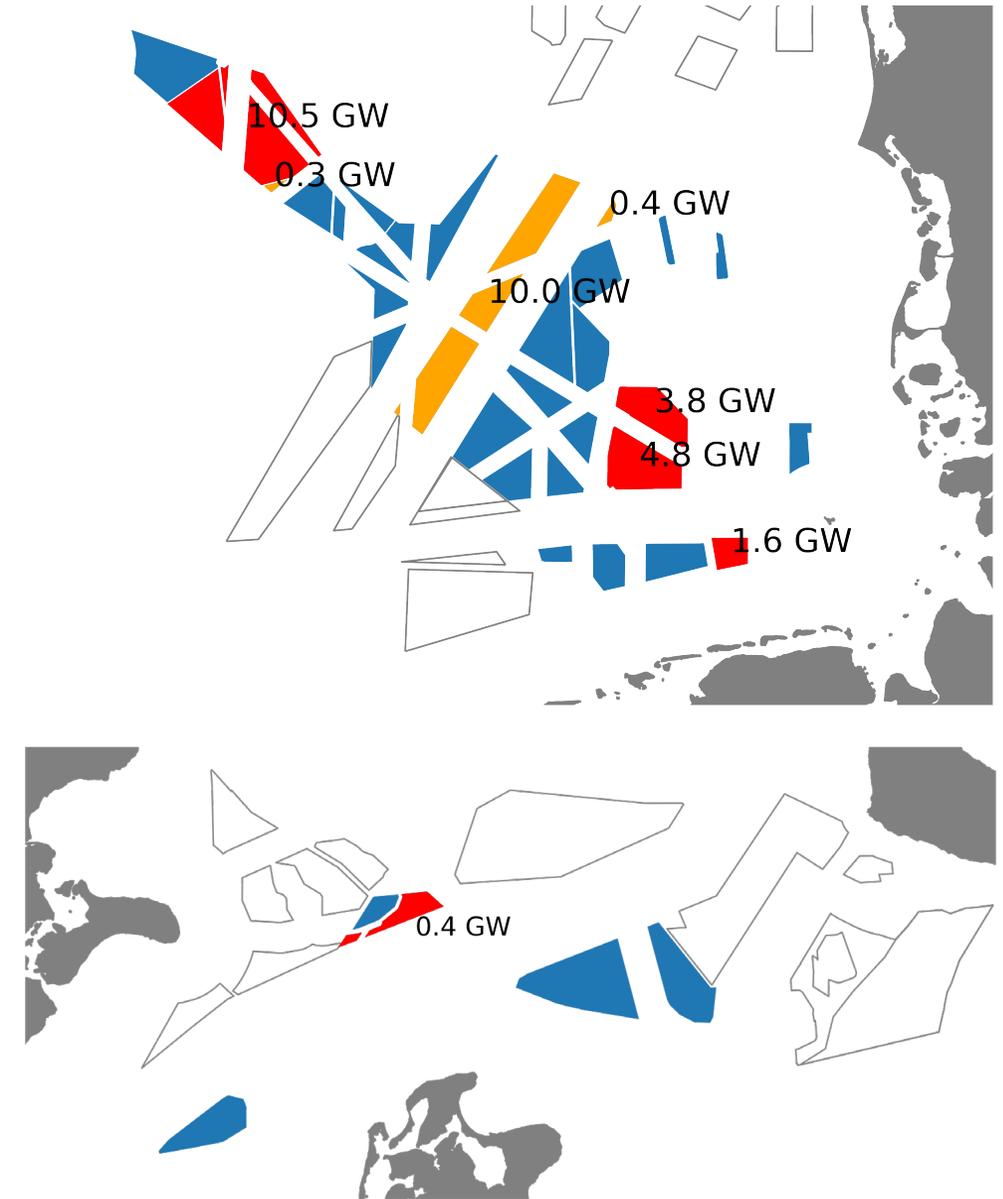


Szenarios Nord- und Ostsee	Inst. Leistung [GW]	Produktion [TWh]	Volllaststunden [h]
3 - Repowering	69,0	237,9	3447
4 – Co-Nutzung 1	71,0	260,0	3662

# Co-Nutzungs-Szenarien

## Co-Nutzung 2: Doggerbank und Militär + Fischerei

- **Co-Nutzungs-Szenario 2 - Gesamtkapazität 81,6 GW**
  - Flächen analog zum Co-Nutzungs-Szenario 2 plus weitere Flächen der militärischen Nutzung und Fischerei
  - Artillerieschießgebiet 8,6 GW
  - **Ziel:** Hohe Ausnutzung von Co-Nutzungs-Potenzialen

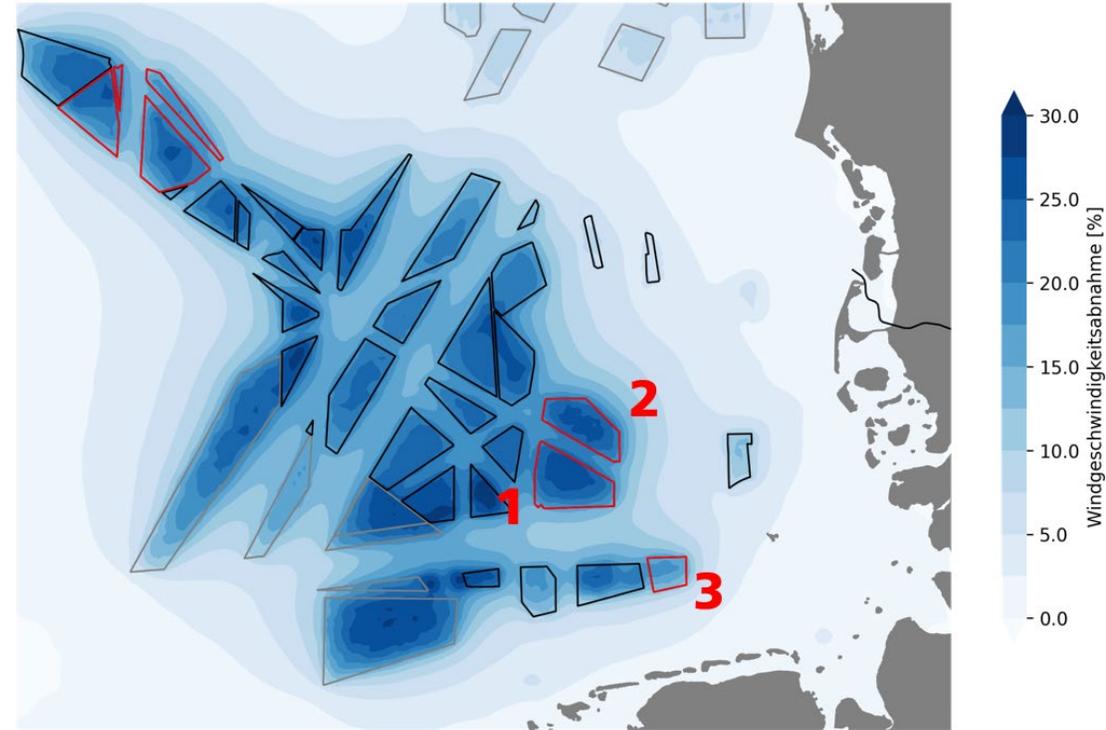


# Co-Nutzungs-Szenarien

## Co-Nutzung 2: Doggerbank und Militär + Fischerei

### Ergebnisse:

- Gesamt-**Energieproduktion** mit **292,1 TWh** deutlich höher als im Basisszenario
- Es resultieren im Mittel **3580 Volllaststunden** bei **81,6 GW Gesamtkapazität**



Gebiet	Inst. Leistung [GW]	Volllaststunden [h]
Doggerbank	10,5 GW	3561
Militär Artillerie <b>1</b>	4,8 GW	3365
Militär Artillerie <b>2</b>	3,8 GW	3323
Militär U-Boot-Tauchgebiet <b>3</b>	1,6 GW	3868

# Übersicht Ergebnisse Co-Nutzungs-Szenarien

- Drei Co-Nutzungs-Szenarien mit bis zu 81,6 GW wurden untersucht
- Hebung von Co-Nutzungspotenzialen kann zu höheren Volllaststunden führen, wenn Kapazitäten in anderen Gebieten entsprechend gesenkt werden
- Wenn Co-Nutzungsflächen entfernt von anderen Windparkflächen sind, resultieren teils hohe Effizienzen (= Volllaststunden)

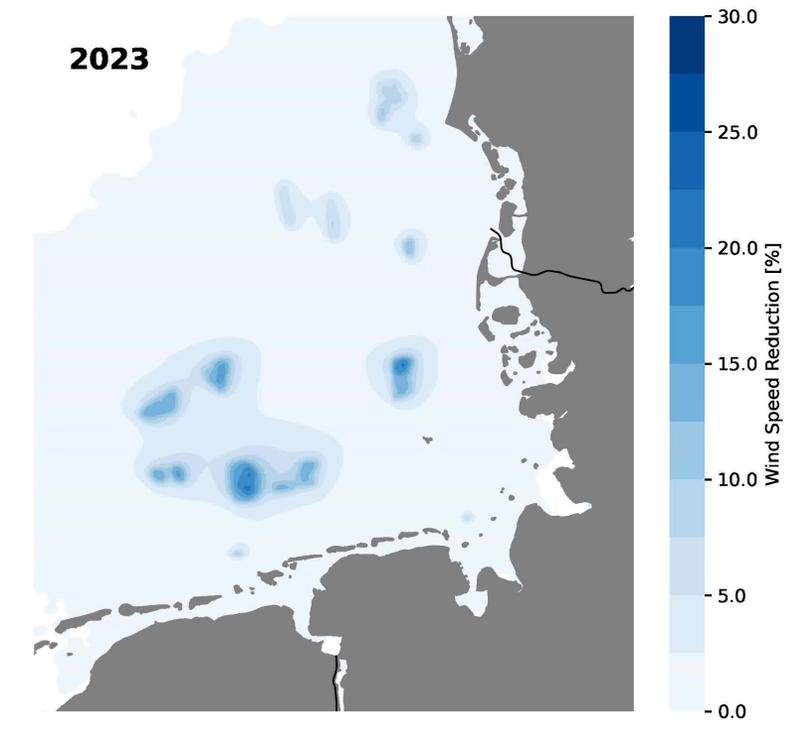
Szenarien Nord- und Ostsee	Inst. Leistung [GW]	Produktion [TWh]	Volllaststunden [h]
4 - Co-Nutzung 1	71,0	260,0	3662
6 - Co-Nutzung 2	81,6	292,1	3580

# Zusammenfassung

# Zusammenfassung

## Offshore-Flächenpotenziale 2050

- Untersuchung von Szenarien zum Ertragspotenzial in der Deutschen Bucht mit und ohne Co-Nutzung
- Bei einer zu dichten Beplanung der Flächen sinken die Volllaststunden teils unter 3000 ab
- Eine technische Erneuerung der Anlagen erhöht nicht die Kapazität jedoch Ertrag und Volllaststunden durch größere und höhere Rotoren
- Es wurden umfangreiche Interviews mit Stakeholdern durchgeführt, um Co-Nutzungspotenziale zu evaluieren
- Co-Nutzungs-Szenarien zeigen Ausbaumöglichkeit von über 70 GW bei gleichzeitig über 3600 Volllaststunden im Mittel
- Bei hohem Co-Nutzungsanteil ließen sich über 290 TWh mittlerer Jahresenergieertrag realisieren



# Kontakt

---

**Dr. Martin Dörenkämper**  
**Gruppenleiter – Numerische Ertrags- und Standortanalyse**  
Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems IWES  
Küpkersweg 70  
26129 Oldenburg, Germany

**Phone +49 441 798-5014**  
**[martin.doerenkaemper@iwes.fraunhofer.de](mailto:martin.doerenkaemper@iwes.fraunhofer.de)**



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

---

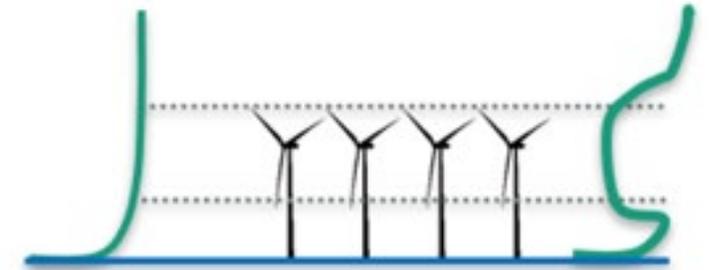
© Fraunhofer IWES/Frank Bauer

# Mesoskalenmodellierung

## Zukunftsszenarien des Ausbaus



- Klassisches Wettermodell mit Rechnung der Windbedingungen der Vergangenheit, angetrieben von globalen Wetterdaten
- Gitterzellenweite 2 km – Windenergieanlagen werden nicht direkt aufgelöst, sondern parametrisiert (teils mehrere Anlagen pro Gitterzelle)
- Modell wird weltweit umfangreich genutzt, ist validiert und in der Lage die Windparkeffekte genau wiederzugeben



# Mesoskalenmodellierung

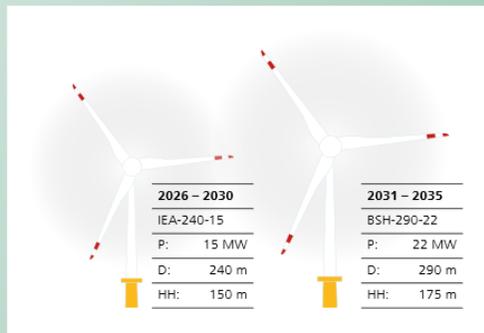
## Zukunftsszenarien des Ausbaus

### Turbinentechnologie

Zwei Technologiestufen in den nächsten 15 Jahren

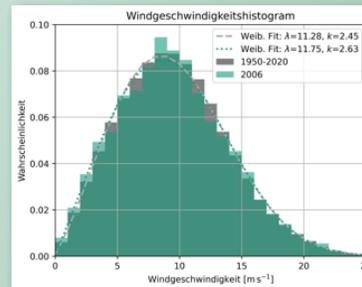
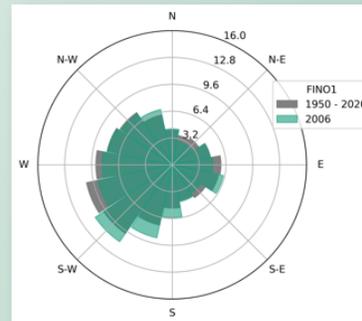
Annahme: Weitere Steigerung der Nennleistung, Rotorgrößen und Nabenhöhen

Jahre	P	D	HH
2026–2030	15 MW	240 m	150 m
2031–2035	22 MW	290 m	175 m



### Windjahr

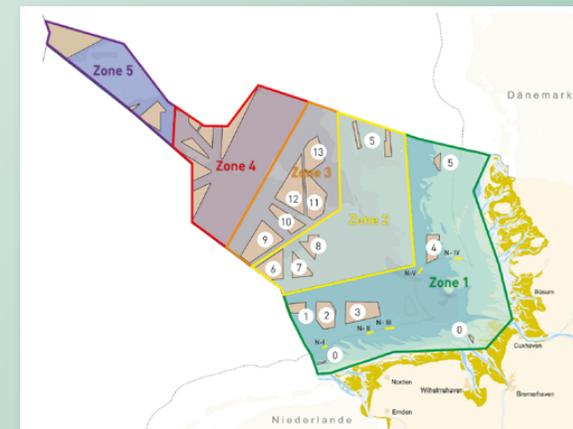
2006 repräsentiert annähernd die historischen Windverhältnisse



### Ausbauzustände

Vergleich von 3 Szenarien  
(Beratung des BSH umfasst mehr Szenarien)

- Ausbau in Gebieten 1-10 bis 2030
- Ausbau in Gebieten 11-13 nach 2030
- Ausbau in Zonen 4&5 nach 2030



Quelle: Netzentwicklungsplan

# Mesoskalenmodellierung

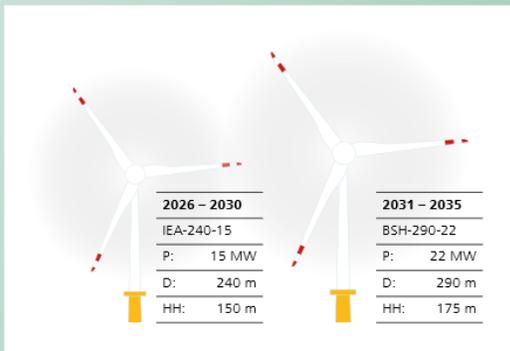
## Zukunftsszenarien des Ausbaus

### Turbinentechnologie

Zwei Technologiestufen in den nächsten 15 Jahren

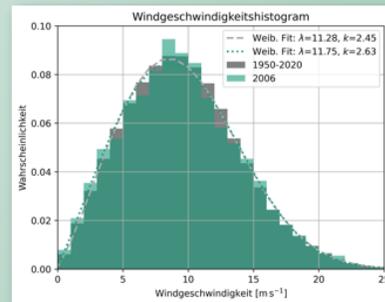
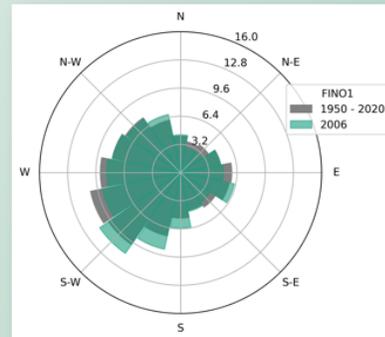
Annahme: Weitere Steigerung der Nennleistung, Rotorgrößen und Nabenhöhen

Jahre	P	D	HH
2026–2030	15 MW	240 m	150 m
2031–2035	22 MW	290 m	175 m



### Windjahr

2006 repräsentiert annähernd die historischen Windverhältnisse



### Ausbauzustände

Szenario 0

Ausbau im Jahr 2021  
Gesamtkapazität: 6 GW

Szenario 1

Ausbau in Zonen 1-3  
Gesamtkapazität: 29 GW

Szenario 2

Zusätzlicher Ausbau in Zonen 4&5  
Gesamtkapazität: 45 GW