

©2025 r2b energy | Philipp Heidinger | Strommarkttreffen Offshore 16.05.2025

Offshore-Gebotszonen und hybride Vermaschung. Modellbasierte Erkenntnisse zur Integration von Offshore Windenergie in das Stromnetz

Herausforderungen bei der Integration von Offshore-Windenergie

Verteilung der Ausbaugelände & des Windpotentials

- › Potential von Windressourcen und definierte Ausbaugelände gehen nicht mit Energiebedarf der Länder und Kapazität des Stromnetzes einher.

Marktdesign

- › Sollte eine grenzüberschreitende Vermarktung sowie eine faire Zuweisung von Stromflüssen und Erlösen ermöglichen sowie die Marktintegration weiter voran treiben.

Komplexe Kosten-Nutzen-Verteilung

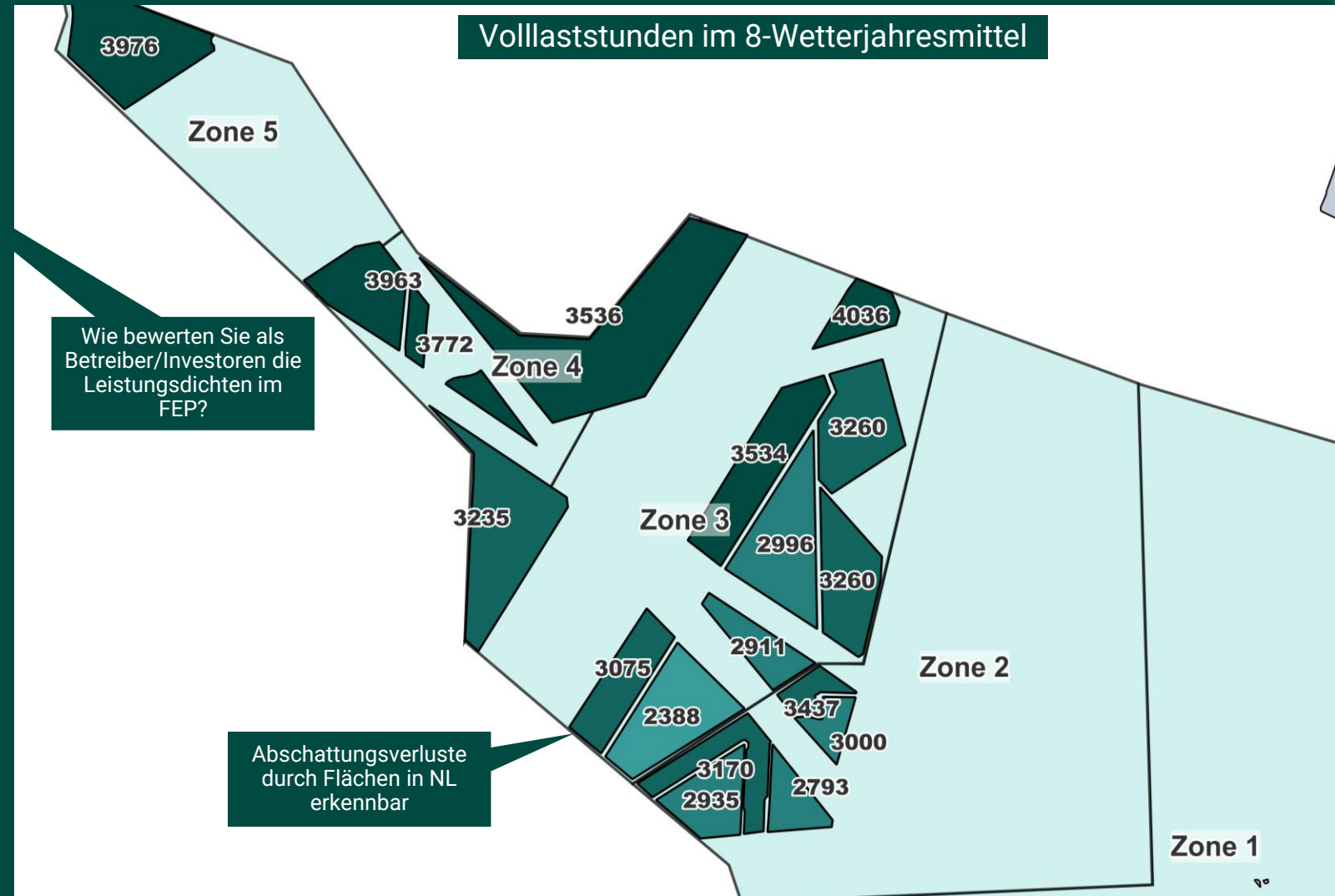
- › Allokation des Nutzens und Aufteilung der Kosten kann Investitionen in Infrastruktur hemmen und grenzüberschreitende Projekte verzögern.

Herangehensweise & Modellierung

- Regulatorischer Ansatz:
 - Gebietszuschnitte & Leistungsdichten in MW/km² aus dem FEP 2023*
- Wetterdaten: COSMO-DE Modell mit 2,2 * 2,2 Maschenweite
- Wetterjahre: 2008 bis 2015
- Berücksichtigung von Abschattungsverlusten in Hauptwindrichtung

Kernerkenntnisse

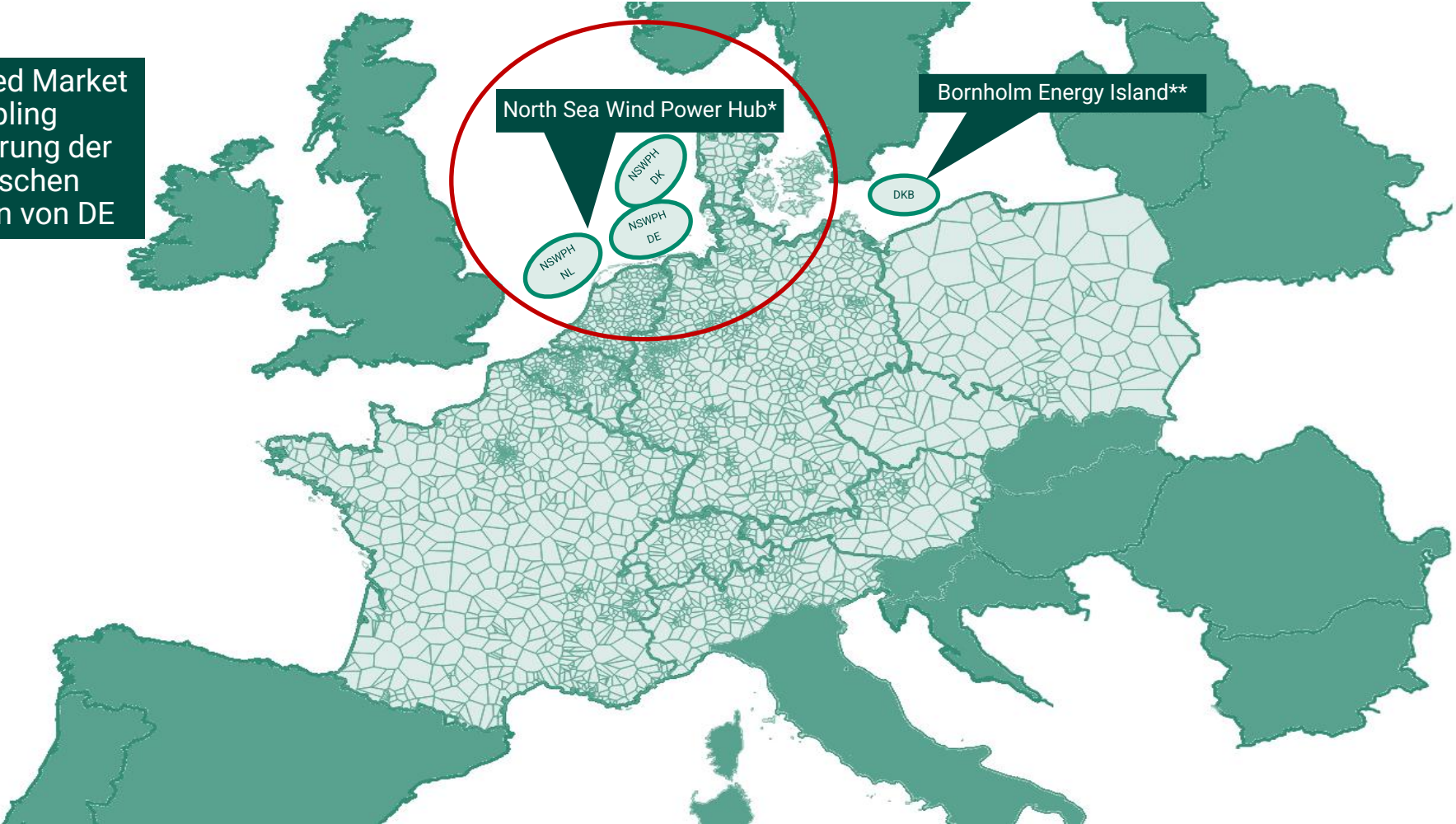
- Standardabweichung der VLS zwischen den Wetterjahren bei ca. 270 h/a
 - Höhere Streuung für Gebiete in Zone 4 & 5
- Erträge stark abhängig von Flächenbebauung
 - Windparklayout & Ausbau von Flächen in der NL AWZ



* Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH):

Energiesystemische Modellierung für 2035

Flow-based Market Coupling
Modellierung der elektrischen Nachbarn von DE



- Modellierte Länder Markt
- Modellierte Länder Netz & FB-Region
- Waben für Regionalisierung auf Basis Netzstandorten
- Offshore Gebotszone

* ENTSO-E: TYNDP 2024 – Project 335: North Sea Wind Power Hub <https://tyndp2024.entsoe.eu/projects-map/transmission/335>

** ENTSO-E: TYNDP 2024 – Project 1106: Bornholm Energy Island <https://tyndp2024.entsoe.eu/projects-map/transmission/1106>

Ein-Ausspeisepunkte im Hoch- und Höchstspannungsnetz

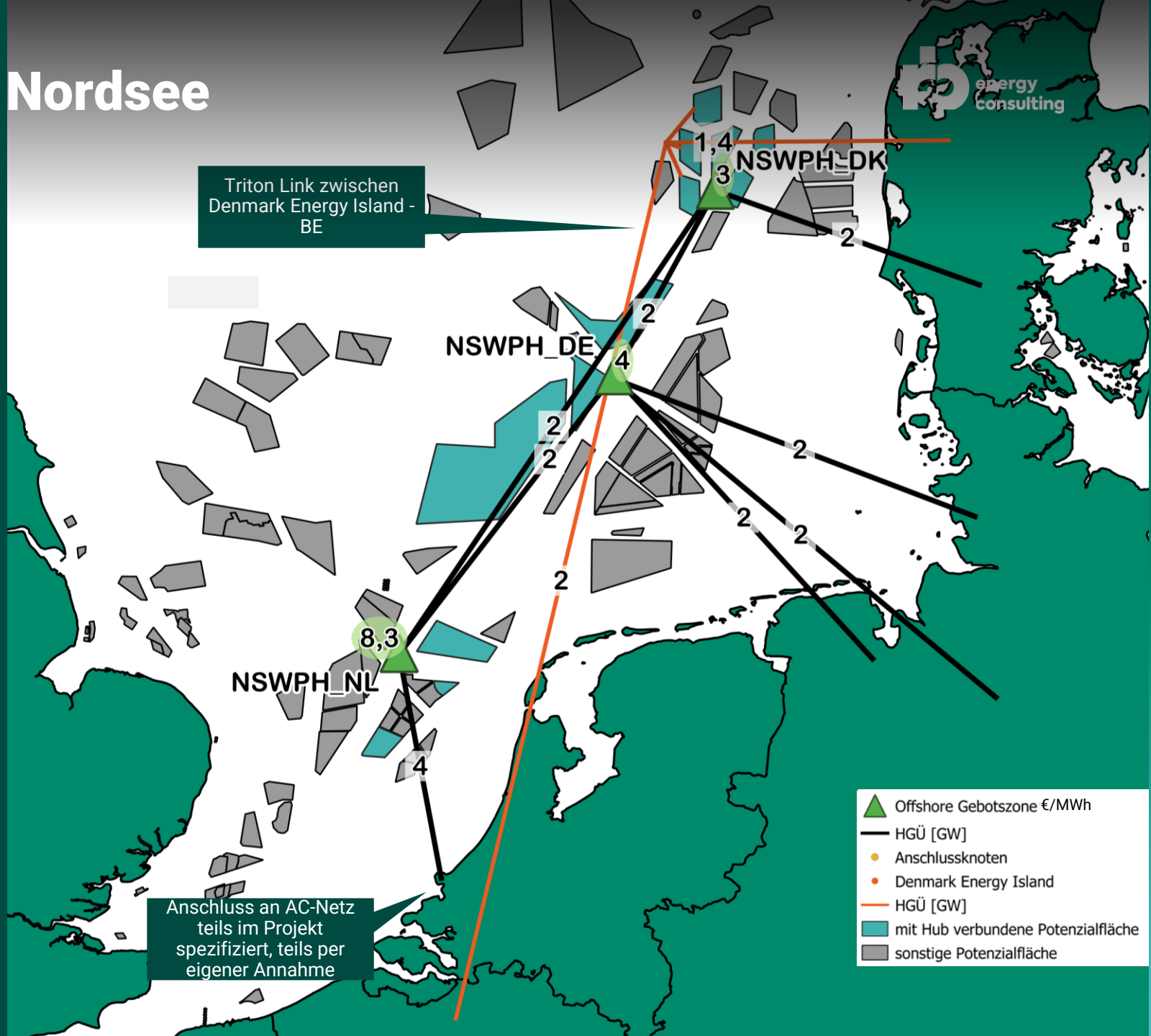
Vermaschungskonzept Nordsee

Modellierungskonzept

- North Sea Wind Power Hub* per Annahme als eigene **Gebotszonen** modelliert.
- Triton Link als **Heimatmarktmodell**: Angeschlossene Windparks genießen Vorrang einspeisung. Zusätzlicher Handel ist bei freier HGÜ-Kapazität möglich.

Ausbau & Anbindung von Gebieten

- Ausbau & Anbindung der Gebiete nach regulatorischen Planungen, soweit vorhanden. Ziel: installierte Leistung des Szenariorahmens muss erreicht werden.
- Zuordnung der Gebiete zum NSWPH sowie Anschlusspunkte an das AC-Netz unklar, eigene Annahmen.



Anschluss an AC-Netz
teils im Projekt
spezifiziert, teils per
eigener Annahme

Vergleich des Marktdesigns anhand einer spezifischen Situation

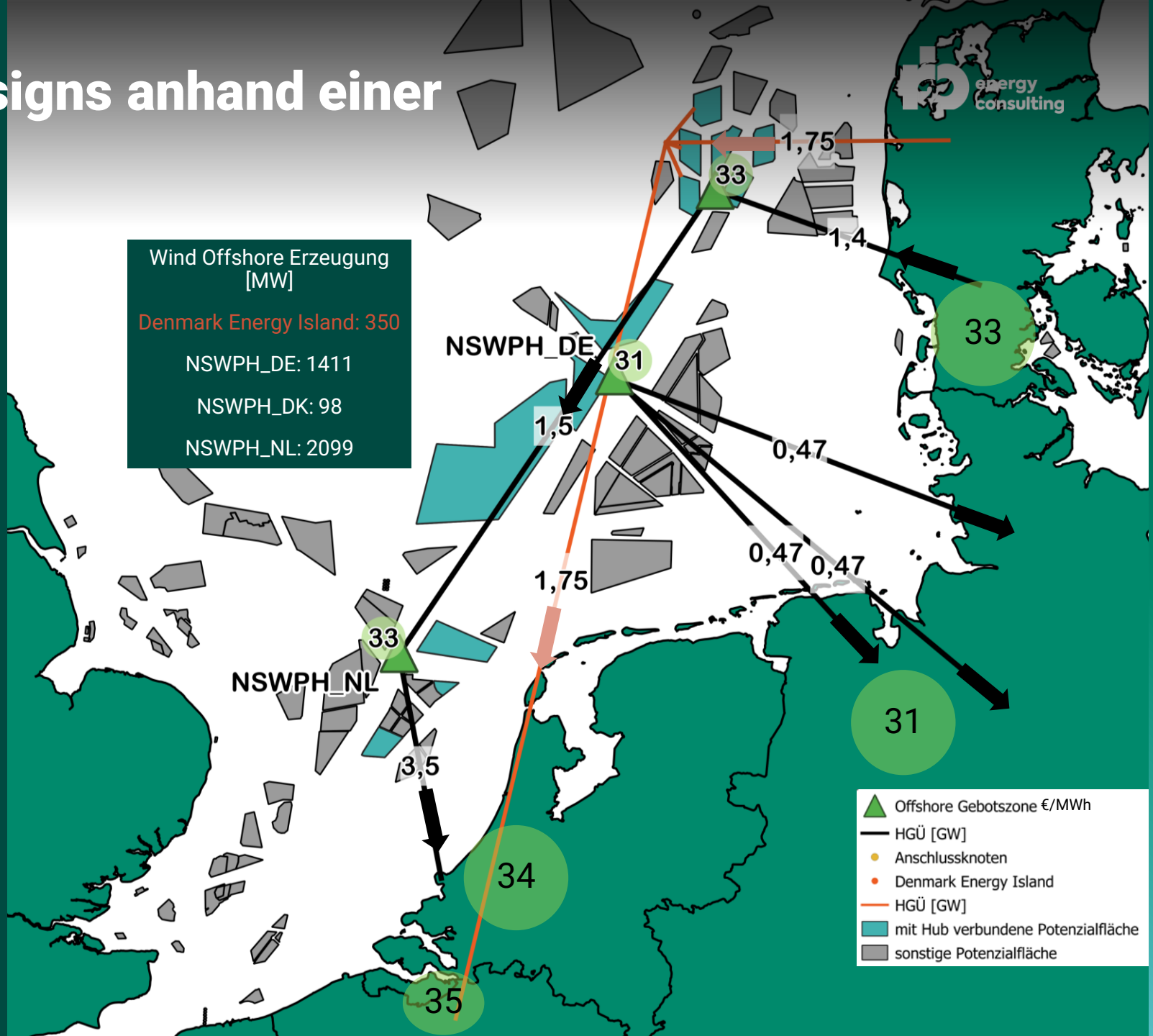
Heimatmarktmodell: Triton Link

- Im HM-Modell speisen die 350 MW nach DK ein. Von DK gehen 1750 MW über die Denmark Energy Island nach BE.
- Im Heimatmarktmodell wird die zusätzliche Kapazität der HGÜ zum Handel zwar genutzt, stellt jedoch **kein** wohlfahrtsoptimales Ergebnis.

Offshore-Gebotszonenmodell: NSWPH

- Zwischen der jeweiligen Offshore GZ und der Festland Zone konvergieren die Preise. Die Offshore Erzeugung ist kleiner als die HGÜ-Kapazität.
- Handelsflüsse aus GZ mit niedrigeren Preisen (DK) nach GZ mit höheren Preisen (NL & BE)
- Die Preisbildung in Offshore-GZ funktioniert nach ökonomischer Theorie ähnlich zu Nodal Pricing.

Wind Offshore Erzeugung [MW]
 Denmark Energy Island: 350
 NSWPH_DE: 1411
 NSWPH_DK: 98
 NSWPH_NL: 2099






* dargestellt ist eine Situation Ende April

Take-aways & Ausblick

Synthese der Ergebnisse

1. Bau von Hybriden-Interkonnektoren → ermöglicht effiziente Integration von Windenergie durch gleichmäßigere Einspeisung ins AC-Netz und zusätzlichen wohlfahrtssteigernden Handel zwischen den Mitgliedsstaaten.
2. Im Heimatmarktmodell mit hybriden Interkonnektoren ist die Zuordnung der Stromflüsse komplexer, die Stromvermarktung ist beschränkt.
3. Offshore-Gebotszonen erleichtern den Stromhandel und Vermarktung; Preisunterschiede können die tatsächlichen Netzengpässe widerspiegeln, was zu effizienteren Stromflüssen führt.

Weitere Fragestellungen für die AWZ der deutschen Nordsee

-  Hybride Anbindung von Offshore Windparks → Optimierter Einsatz von Offshore-PtG mit Pipelineanbindung in Zone 4 und 5 vs. HGÜs
-  Variation der internationalen Vernetzung (Berücksichtigung von GB & NO) → Analyse weiterer Ausgleichseffekte, Handelsmuster & Kosten-Nutzen-Analyse
-  Berücksichtigung von gebietsspezifischem Overplanting → Ermittlung von optimalen Anschlussgraden*



Vielen Dank!

Für Ihr Interesse.

Philipp Heidinger
Senior Analyst

Telefon: +49 (0) 221 789598-76

E-Mail: philipp-heidinger@r2b-energy.com

r2b energy consulting GmbH
Zollstockgürtel 61, 50969 Köln

Telefon +49 (0) 221 789598-60

E-Mail: info@r2b-energy.com

www.r2b-energy.com