



Foto: Martin Braun

Analyse der Integration hybrider Offshore-Windparks in den europäischen Strommarkt

Autoren **Lukas Hein (*), Raphael Houben, Johannes Klöters, Albert Moser**

17. Symposium Energieinnovation | 16.02. – 18.02.2022

Agenda

Einleitung und Motivation

Grundlagen

Bewertungskriterien und -größen

Analyseergebnisse

Fazit und Zusammenfassung

Agenda

▶ Einleitung und Motivation

Grundlagen

Bewertungskriterien und -größen

Analyseergebnisse

Fazit und Zusammenfassung

Einleitung und Motivation

- Ziel der Europäischen Union (EU): Treibhausgasemission um 40 % bis 2030 senken und bis 2050 klimaneutral sein^{1,2}
- Beteiligung verschiedenster Sektoren an diesem Ziel

Elektrizitätssektor: 32 % des Stromverbrauchs aus Erneuerbare-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) bis 2030³

Massiver Zubau der Offshore-Windenergie-Kapazität:
Von 12 GW (2020) auf 300 GW (2050)⁴

Einführung eines EU-Strombinnenmarktes zur Ausnutzung von Synergien unterschiedlicher EE-Arten

Weitere Handlungsfelder

Lösungsansatz: Hybride Offshore-Anlagen

Forschungsfrage: Wie können hybride Offshore-Anlagen effizient in den bestehenden Markt eingesetzt werden?

Ziel: Fundierte Analyse zur Ableitung von Handlungsempfehlungen bezüglich der Implementation

Agenda

Einleitung und Motivation

▶ **Grundlagen**

Bewertungskriterien und -größen

Analyseergebnisse

Fazit und Zusammenfassung

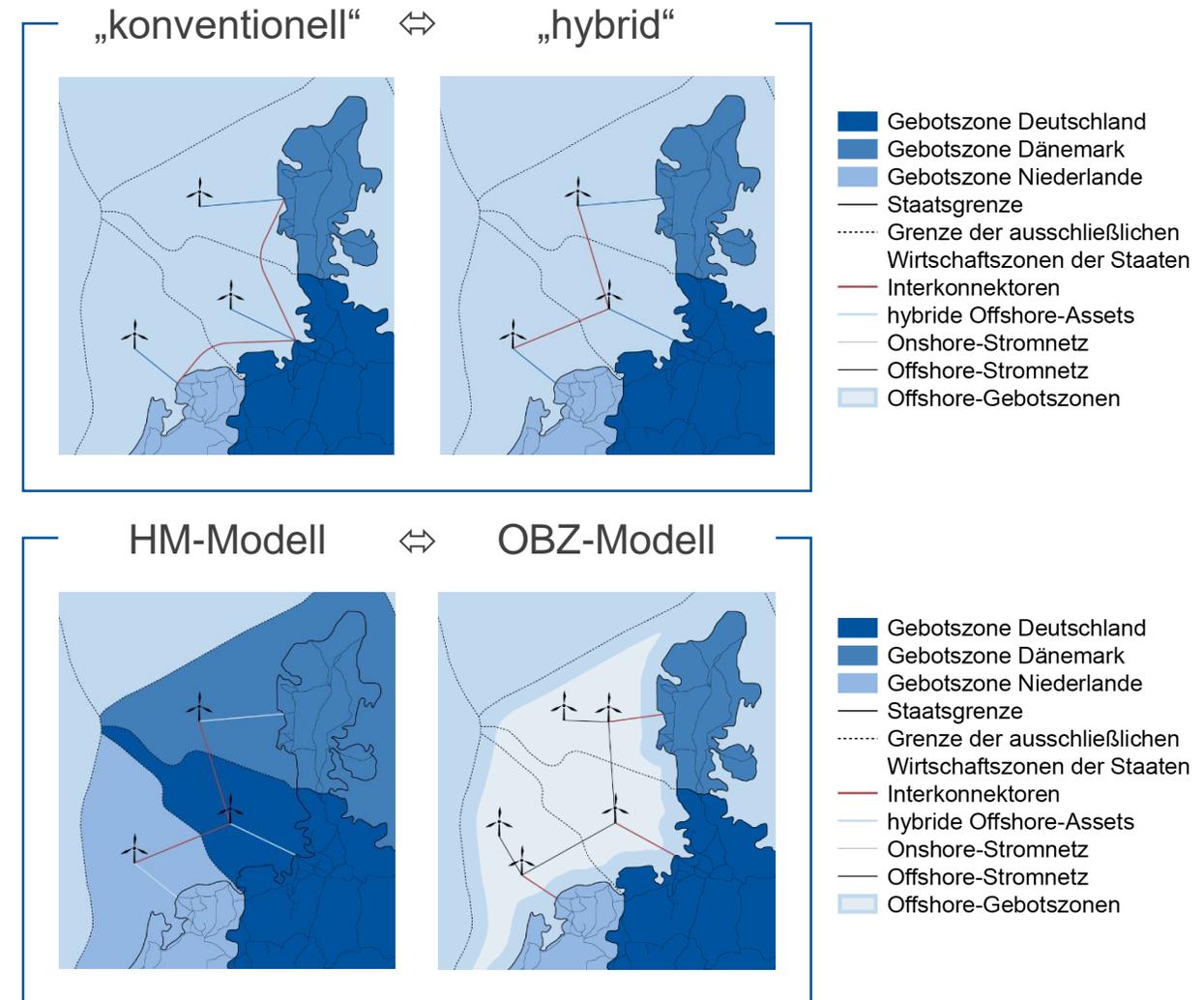
Grundlagen

Der Begriff „hybrid“

- Hybride Offshore-Anlage erfüllt eine Doppelfunktion:
 - Erzeugung und anschließende Übertragung von Offshore-Windenergie
 - Übertragung von elektrischer Energie zwischen Gebotszonen
- ⇒ Kombination aus Interkonnektor und Anschlussleitung eines Offshore-Windparks

Marktsetups hybrider Offshore-Anlagen

- Marktsetups bestimmen Gebotszone der hybriden Offshore-Anlage
 - Home-Market-Modell (HM-Modell)**
Windparks liegen in bereits existierender Onshore-Gebotszonen
 - Offshore-Bidding-Zone-Modell (OBZ-Modell)**
Offshore-Windparks liegen in eigener dedizierter Offshore-Gebotszone

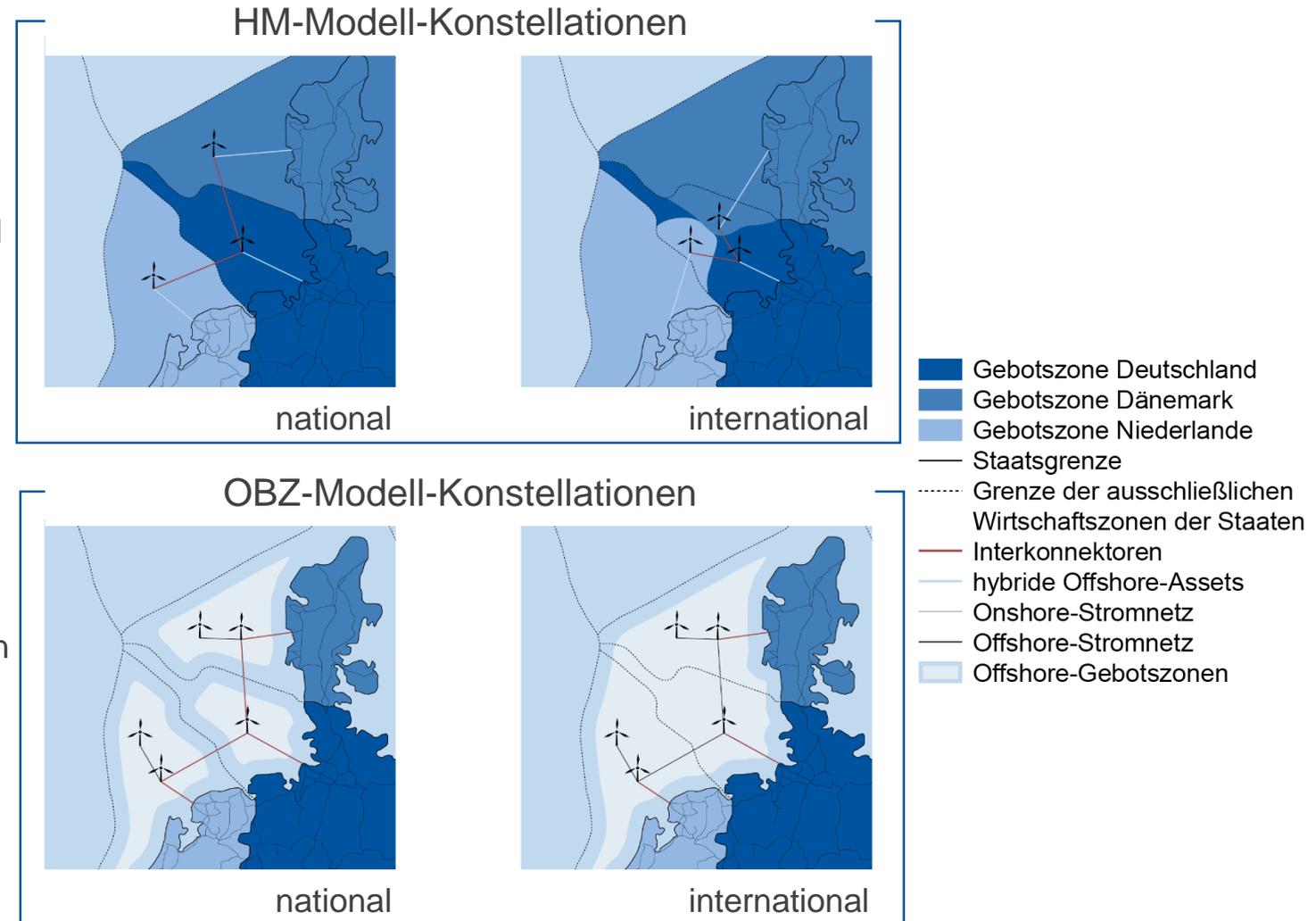


Grundlagen

Konstellationen

- Internationalität als zweite Dimension hybrider Offshore-Anlagen:
 - Marktsetups sind entweder national oder international
 - National**
 - Jeweilige Gebotszonen ausschließlich im Hoheitsgebiet eines einzigen Staats
 - Gebotszonen an Staatsgrenzen gebunden
 - International**
 - Einzelne Gebotszonen umfassen mehrere Hoheitsgebiete
 - Gebotszonen nicht an Staatsgrenzen gebunden

⇒ **4 Konstellationen** möglich in denen hybride Offshore-Anlagen betrieben werden können



Agenda

Einleitung und Motivation

Grundlagen

▶ **Bewertungskriterien und -größen**

Analyseergebnisse

Fazit und Zusammenfassung

Bewertungskriterien



Agenda

Einleitung und Motivation

Grundlagen

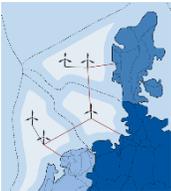
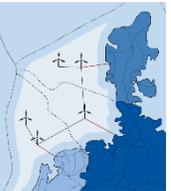
Bewertungskriterien und -größen

▶ Analyseergebnisse

Fazit und Zusammenfassung

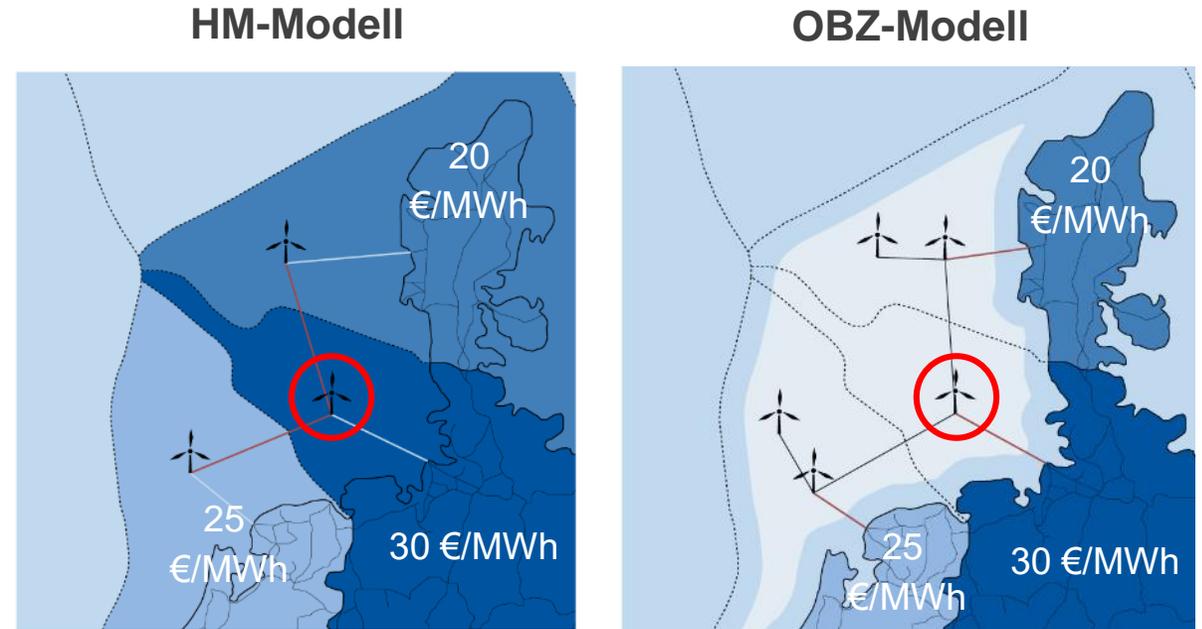
Analyseergebnis

- = schwerwiegende Probleme
- = überwindbare Probleme
- = keine Probleme

	HM-Modell		OBZ-Modell	
	National	International	National	International
				
Notwendigkeit Entlastungsmaßnahmen	●	●	●	●
Verantwortungsbereiche	●	●	●	●
Legaldefinitive Schwierigkeiten	●	●	●	●
Zuschlag Stromerzeugung	●	●	●	●
Subventionsmöglichkeiten und -formen	●	●	●	●
Einkommensverteilung	●	●	●	●

Einkommensverteilung

- Umverteilung von Erzeugungs- und Engpasserlösen
- HM-Modell
 - OWP innerhalb der angebundenen GZ
 - Vergütung des OWPs mit GZ-Preis
 - Keine Engpasserlöse für den ÜNB, da kein Engpass auf einem Interkonnektor vorliegt
- OBZ-Modell
 - Export aus der OBZ in höherer preisige GZ, unter der Annahme keiner Lasten in OBZ
 - Engpass auf Interkonnektor zu höherer preisigen GZ
 - Preisniveau in der OBZ stellt sich auf niedriges Preisniveau ein
 - Schlechter Stellung der OWPs in OBZ als Anlagen in Onshore-GZ



ÜNBs erwirtschaften Engpasserlöse und die OWP Betreiber verdienen weniger

Notwendigkeit für Lösungsmechanismen gegeben

Kompensationsmaßnahmen als Lösungsmöglichkeiten

Contract for Difference (CfD)

- Betreiber des hybriden Windparks und der Übertragungsnetzbetreiber schließen einen CfD mit dem Markträumungspreis der Onshore-Gebotszone als Basiswert.
- Auszahlung der für eine Partei positiven Differenz zwischen dem Markträumungspreis der Onshore-Gebotszone und der OBZ an die jeweils andere Partei multipliziert mit der eingespeisten Energiemenge des hybriden Offshore-Windparks

Financial Transmission Rights (FTR)

- Verkauftene finanzielle Übertragungsrechte eines Interkonnektors
- Auszahlung der Preisdifferenz zwischen zwei Gebotszonen multipliziert mit der festgehaltenen Energiemenge durch den ÜNB
- Ausgestaltung als Future oder als Option möglich

Auction Revenue Right (ARR)

- Recht des hybriden Offshore-Windparks Teile der Erlöse aus der Versteigerung der an die OBZ anliegenden Interkonnektoren gebundenen FTRs zu erhalten
- Nutzung der Erlöse aus ARR zum Erwerb von FTRs möglich

Bewertungsgrößen

Effizienz

Eine Lösung wird sich insbesondere an ihrer Wirksamkeit messen lassen müssen

Politische Akzeptanz

Eine Lösung, die auf geringe politische Akzeptanz trifft, kann unabhängig von ihrer Effektivität schwerlich umgesetzt werden

Marktmanipulationsmöglichkeiten

Lösungen, die es Marktteilnehmern erlauben, den Markt zu manipulieren, oder die eine hohe Anfälligkeit für Manipulationsversuche aufweisen, beinhalten systematische Fehler, die es in einem Lösungsentwurf nicht geben sollte

Zukunftsfähigkeit

Eine Lösung, insbesondere für permanente Probleme, muss auch in der Zukunft und bei sich verändernden Umweltbedingungen noch funktionieren oder die Flexibilität aufweisen, um auf diese Veränderungen reagieren zu können

Bewertung der Lösungsmöglichkeiten

Kriterium	CfD	FTR	ARR
Effizienz	Vollständige Absicherung von Volumen- und Preisrisiken ⁹	Vollständige Absicherung von Preisrisiken, eingeschränkte Absicherung von Volumenrisiken ⁹	Eingeschränkte Absicherung von Volumen- und Preisrisiken ⁹
Politische Akzeptanz	Verminderte Akzeptanz durch Notwendigkeit der Anpassung der Verwendungszwecke von Engpasserlösen und der Gefahr der Doppelkompensation durch staatliche Subventionsmechanismen	Verminderte Akzeptanz durch Notwendigkeit der Anpassung der Verwendungszwecke von Engpasserlösen und der Gefahr der Doppelkompensation durch staatliche Subventionsmechanismen	Verminderte Akzeptanz durch Notwendigkeit der Anpassung der Verwendungszwecke von Engpasserlösen
Marktmanipulationsmöglichkeiten	Kein Anreiz und keine Möglichkeit zur Marktmanipulation (nationale Konstellation) ⁹ Wettbewerbsverzerrung und lohnende Marktmanipulation durch ungleiche Zuteilung der CfDs möglich aber lösbar (international Konstellation)	Vernachlässigbarer Anreiz und Möglichkeit zur Marktmanipulation (nationale Konstellation) ⁹ Wettbewerbsverzerrung und lohnende Marktmanipulation durch ungleiche Zuteilung der FTRs möglich aber lösbar (international Konstellation)	Vernachlässigbarer Anreiz und Möglichkeit zur Marktmanipulation (nationale Konstellation) ⁹ Keine Wettbewerbsverzerrung und lohnende Marktmanipulation durch ungleiche Zuteilung der CfDs möglich (international Konstellation)
Zukunftsfähigkeit	Zeitliche Befristung der CfDs zur Adressierung des temporären Charakters des Problems möglich Fehlende Bindung an die Kapazitäten von Interkonnektoren ermöglicht beliebige Skalierung	Zeitliche Befristung der FTRs zur Adressierung des temporären Charakters des Problems möglich Bindung an die Kapazitäten von Interkonnektoren verhindert beliebige Skalierung	Zeitliche Befristung der ARR zur Adressierung des temporären Charakters des Problems möglich Bindung an die Kapazitäten von Interkonnektoren verhindert beliebige Skalierung

▶ Problematik der Einkommensverteilung kann über Lösungsmechanismen gelöst werden.

Agenda

Einleitung und Motivation

Grundlagen

Bewertungskriterien und -größen

Analyseergebnisse

▶ **Fazit und Zusammenfassung**

Fazit und Zusammenfassung

- Die internationalen Modelle weisen grundsätzlich mehr Probleme auf als die nationalen Modelle
 - 70% minRam Problematik im HM-Modell kann temporär über Ausnahmeregelungen gelöst werden
- ⇒ HM-Modell kann bereits realisiert werden, aber kämpft zukünftig mit permanenten Problemen aus der 70%-Regel
- Systematische Umverteilung im OBZ-Modell nur ein Problem bei anfänglichem Überhang an Generatoren
- ⇒ OBZ-Modell hat anfänglich Probleme, die sich später selbst lösen

Forschungsfrage: Wie können hybride Offshore-Anlagen effizient in den bestehenden Markt eingesetzt werden?

Ziel: Fundierte Analyse zur Ableitung von Handlungsempfehlungen bezüglich der Implementation

Nationale HM-Modelle stellen in den nächsten Jahren die beste Lösung für einen schnellen und effizienten Ausbau dar.

Nationale OBZ-Modell sollten insbesondere in späteren Ausbaustadien umgesetzt werden, um die Probleme des HM-Modells zu umgehen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontaktdaten

Lukas Hein, M.Sc.

Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW), RWTH Aachen University

Tel: +49 (0)241 80-96721

E-Mail: l.hein@iaew.rwth-aachen.de

<http://www.iaew.rwth-aachen.de>

Quellen

- 1 Europäische Kommission. "Langfristige Strategie - Zeithorizont 2050." ec.europa.eu. https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_de/ (abgerufen 20.01.2022, 17:53 Uhr).
- 2 Europäische Kommission. "Klima- und energiepolitischer Rahmen bis 2030." ec.europa.eu. https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_de (abgerufen 20.01.2022, 17:53 Uhr).
- 3 Europäisches Parlament; Rat der Europäischen Union: Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, 2018. [Online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>
- 4 Europäische Kommission. (2020, Nov. 19). COM/2020/741, Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen Eine EU-Strategie zur Nutzung des Potenzials der erneuerbaren Offshore-Energie für eine klimaneutrale Zukunft. [Online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM:2020:0741:FIN>
- 5 North Sea Wind Power Hub Programme (NSWPH), "Compatibility of market setups with national legal and regulatory frameworks" 2021, Feb. [Online]. Verfügbar: https://northseawindpowerhub.eu/sites/northseawindpowerhub.eu/files/media/document/NSWPH_Compatibility-of-market-setups-with-national-legal_Summary-report.docx.pdf
- 6 C. Nieuwenhout, M. Roggenkamp, "WP7.1 Deliverable 1 Intermediate report for stakeholder review: Legal framework and legal barriers to an offshore HVDC electricity grid in the North Sea," PROMOTioN consortium, 2017, Juni. 6. [Online]. Verfügbar: https://www.promotion-offshore.net/fileadmin/PDFs/D7.1_-_Legal_framework_and_legal_barriers_to_an_offshore_HVDC_electricity_grid_in_the_North_Sea.pdf
- 7 C. Nieuwenhout, "Offshore Hybrid Grid Infrastructures: The Kriegers Flak Combined Grid Solution," European Energy Law Report XII. Intersentia, S. 95–112, 2019, doi: 10.1017/9781780688091.006
- 8 H. K. Müller, "A legal framework for a transnational offshore grid in the North Sea." Groningen, Niederlande University of Groningen, 2015.
- 9 Europäische Kommission, Generaldirektion Energie, J. Hentschel, B. Tennbakk, Å. Jenssen, S. Paredes, D. Attlmayr, "Market Arrangements for Offshore Hybrid Projects in the North Sea," Luxembourg, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020, Nov. 13. [Online]. Verfügbar: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/28ff740c-25aa-11eb-9d7e-01aa75ed71a1/language-en>
- 10 North Sea Wind Power Hub Programme (NSWPH), "Market setup options to integrate hybrid projects into European electricity market. Discussion Paper," 2020, April. [Online]. Verfügbar: https://northseawindpowerhub.eu/sites/northseawindpowerhub.eu/files/media/document/NSWPH-Discussion_Paper_Market-Setups-for-Hybrid-projects1.pdf
- 11 P. Bhagwat, T. Schittelkatte, L. Lind, et al., "D7.4 Economic framework for a meshed offshore grid," PROMOTioN consortium, 2019, April. 30. [Online]. Verfügbar: https://www.promotion-offshore.net/fileadmin/PDFs/D7.4_Economic_framework_for_a_meshed_offshore_grid.pdf
- 12 North Seas Energy Cooperation (NSEC). (2020, Juli). Support Group 3 Recommendations to NSEC Ministers and the Energy Commissioner. [Online]. Verfügbar: https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Downloads/l/input-paper-support-group-3.pdf?__blob=publicationFile&v=2