



## Die Berater der Energie- und Wasserwirtschaft



Technische Anbindungslösungen und damit verbundene Risiken, aktueller Stand bei der Umsetzung, zukünftige Entwicklungen und damit verbundene Herausforderungen

---

Dr. Uwe Macharey

Expertenworkshop „Regulierung und Finanzierung der Stromübertragungsnetze in Deutschland“ 29.01.2015

## Kurzvorstellung



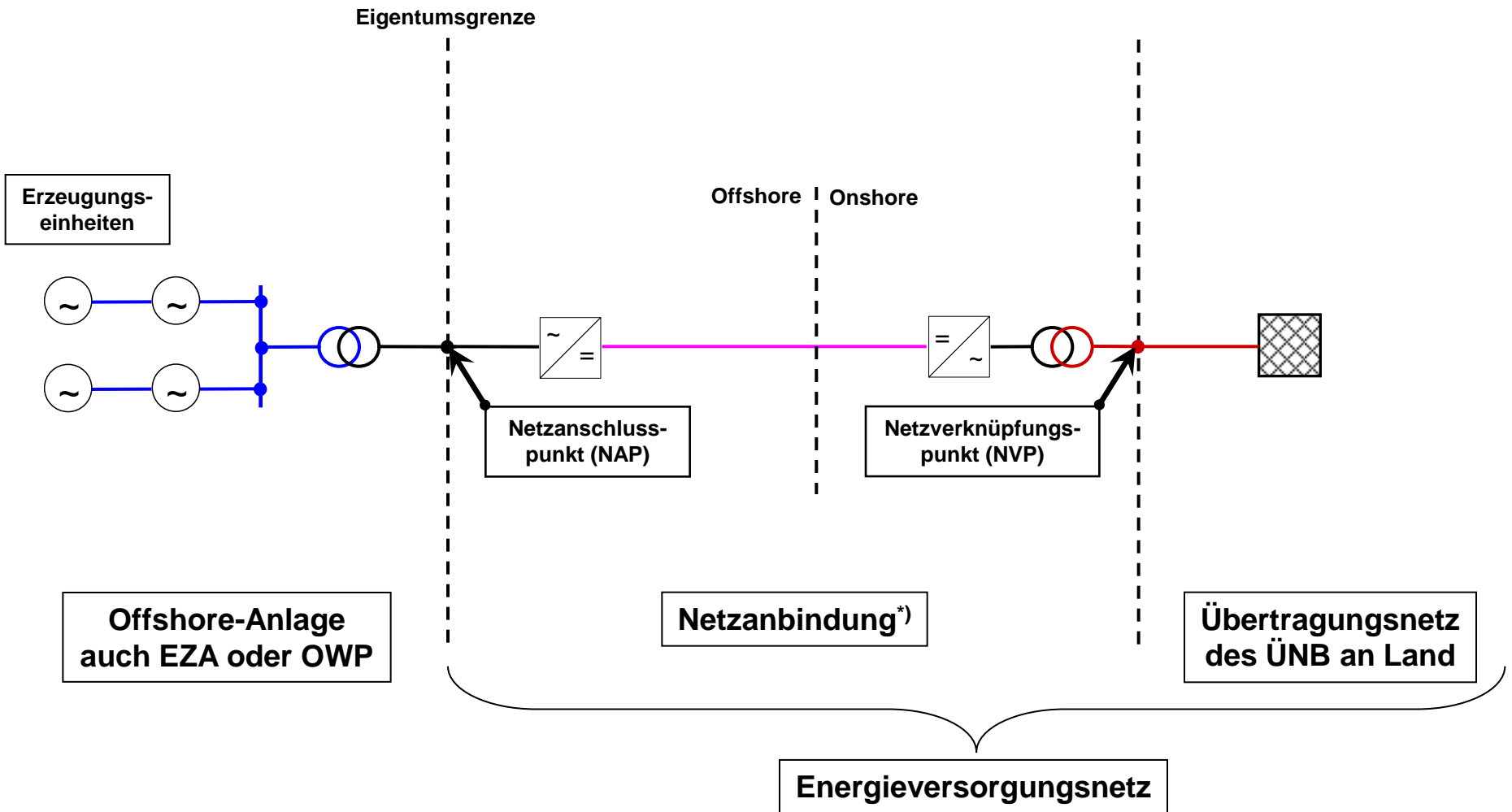
**Dr.-Ing. Uwe Macharey**

- Jahrgang 1976
- Studium Elektrotechnik an der RWTH Aachen,
- 2009 Promotion am Institut für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen: Ökoeffizienz von Flexibilisierungsmaßnahmen in Energieversorgungsnetzen unter Berücksichtigung der Integration von Windenergie
- Thematische Schwerpunkte :
  - Projektentwicklung Kraftwerksprojekte (konv./erneuerbare)
  - Transportnetze Strom
  - Netzanschluss (konv. und erneuerbare)
  - Elektrische Anlagen und Netzplanung und -bewertung
  - Strategieberatung
  - Politikberatung

# Inhalt

<b>Einleitung und Historie</b>	Teil 1
<b>Aktuelles Vorgehen mit Blick auf die Netzanbindung</b>	Teil 2
<b>Potentielle nächste Schritte</b>	Teil 3
<b>Fazit</b>	Teil 4

# Veranschaulichung von Begriffen aus EnWG, EEG und ASN



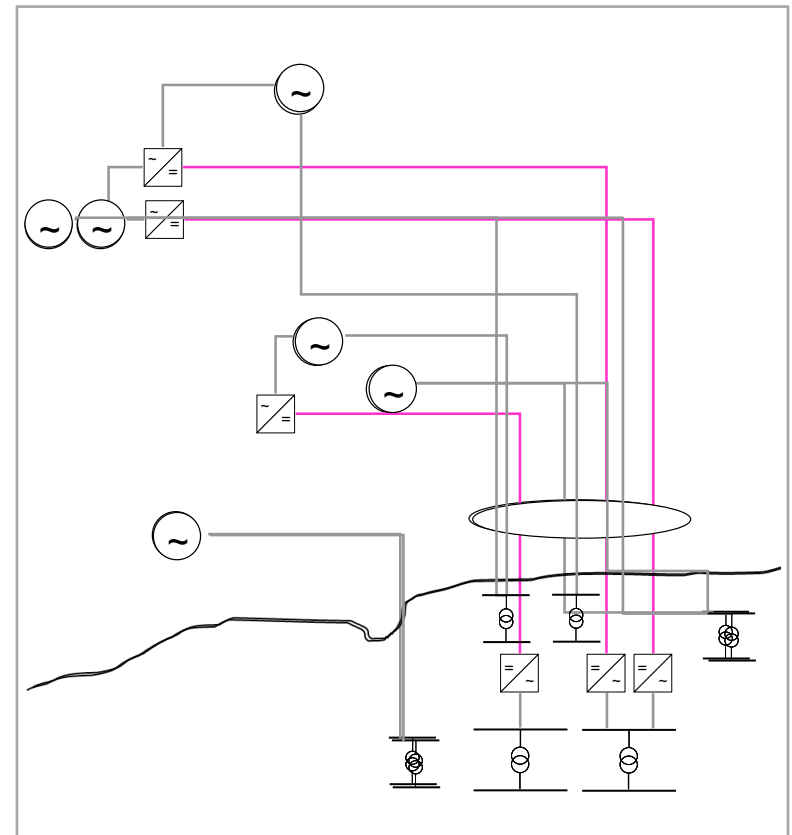
\*) In der deutschen Nordsee handelt es sich im allgemeinen um HVDC-Anbindungen. In der Ostsee HVAC.

Der Netzanbindungsprozess wurde seit 2006 mehrfach angepasst bzw. weiterentwickelt, um die Einspeisung aus Offshore-Wind voranzutreiben

## Gesetzlicher Rahmen vor 07/2011

- Bis 12/2006 Individuallösungen
  - Verantwortung des OWP-Errichters
  - Vielzahl von Einzelleitungen
  - Herausforderung tendenziell zu hoch
- 09.12.2006:  
Einführung § 17 Abs. 2a EnWG →  
Netzanbindung ist Aufgabe des ÜNB
- 10/2009: Positionspapier der BNetzA
  - Bedeutung von § 17 Abs. 2a aus Sicht der BNetzA
  - Benennung von Anbindungskriterien

## Interpretationsmöglichkeiten



## BNetzA stellte Netzanbindungskriterien und Zeitpläne auf, um vorherige Henne-Ei-Problematik aufzulösen

1. BSH-Genehmigung oder entsprechende Zusicherung dieser Genehmigung durch das BSH
  2. Nachweis eines plausiblen Bauzeitenplans
  3. Nachweis von Baugrunduntersuchungen für sämtliche Standorte der Offshore-Anlagen
  4. Abschluss von Verträgen über die Bestellung der WEA und Nachweis
    - über verbindliche Finanzierung der WEA oder
    - des Abschlusses von „Vor“-Verträgen über die Lieferung wesentl. Großkomponenten
- Bei Nachweis der Erfüllung dieser Anbindungskriterien bis zum 01.03. oder 01.09. eines Jahres hatte der ÜNB unverzüglich eine unbedingte Netzanbindungszusage zu erteilen. Innerhalb von 30 Monaten nach der unbedingten Netzanbindungszusage musste die Netzanbindung des Windparks realisiert sein, ansonsten machte der ÜNB sich schadensersatzpflichtig\*).
  - Keine, der Netzanbindungen wurde jedoch innerhalb dieser 30 Monate fertig gestellt
  - Zudem konnte wegen 4. das Henne-Ei-Problem nicht vollständig ausgeschlossen werden.

\*) Nicht, wenn der ÜNB die Verzögerung der Netzanbindung nicht zu vertreten hat

## Offshore-Netzanbindungen der TenneT in Deutschland nach Maßgabe des Positionspapiers oder zeitlich davor

	Unbedingte Netzanbindungszusage erteilt zum	Geplante IBN (gemäß öffentlich verfügbarer Informationen) Stand 11/2011	Geplante Netzanbindung (Stand 11/2011)
BARD Offshore 1	Vor Positionspapier	Dez 10	BorWin 1
Deutsche Bucht	31.10.2011	2014/2015	Unklar
Veja Mate	01.06.2010	Anfang 2013	BorWin 2
Alpha Ventus	Vor Positionspapier	2009	AC
Amrumbank West	Mitte 2011	Frühjahr 2015	HelWin 2
Riffgat	30.06.2010	Frühjahr 2013	AC
Godewind II	Mitte 2011	Frühjahr 2015	DolWin 2
Nordsee Ost	30.06.2010	Anfang 2013	HelWin 1
Global Tech I	01.06.2010	Anfang 2013	BorWin 2
Borkum West II Ph. 1	30.06.2010	Anfang 2013	DolWin 1
DanTysk	Anfang 2011	Anfang 2014	SylWin 1
Meerwind Ost/Süd	30.04.2011	2013	HelWin 1
MEG Offshore I	30.05.2011	2014	DolWin 1
Butendiek	02.11.2011	30.09.2014	SylWin 1

Die reale Entwicklung zeigt, dass Handlungsbedarf vorherrscht, wenn Offshore-Wind die geplante Rolle in der Energiewende einnehmen soll

### Potentielle und aufgetretene Hemmschuhe

- Umgang mit BNetzA-Positionspapier
- Haftungsregelung
- Versicherbarkeit
- Genehmigung der Netzanbindung (BSH und Planfeststellung)
- Plattform-Zertifizierung
- Verfügbarkeit von Werften
- Kampfmittelfunde
- Technische Herausforderungen

### Maßnahmen

- Novelle EnWG 07/2011
  - Offshore-Netzplan
  - Eckpunktepapier-Offshore der BNetzA
- Novelle EEG 2011 → Adressierung der Haftungsregel
- 12/2012: Novelle EnWG
  - Bundesfachplan Offshore
  - Offshore-Netzentwicklungsplan
  - Entschädigung bei Störungen oder Verzögerung

EnWG- Novelle 12/2012 scheint Ziel orientiert, beschleunigende Wirkung ist aber zukünftig noch nachzuweisen.

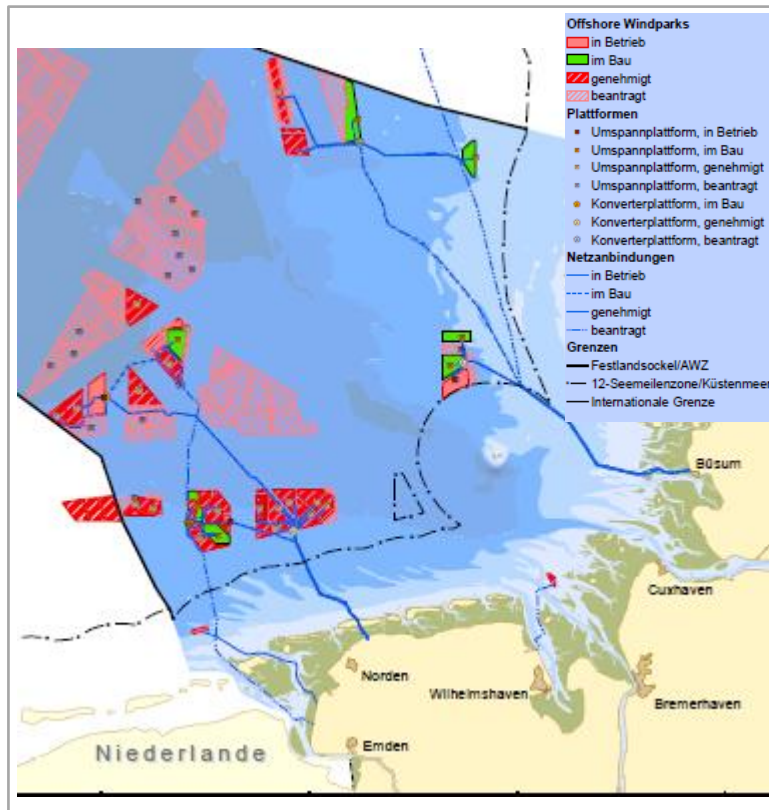


# Inhalt

<b>Einleitung und Historie</b>	Teil 1
<b>Aktuelles Vorgehen mit Blick auf die Netzanbindung</b>	Teil 2
<b>Potentielle nächste Schritte</b>	Teil 3
<b>Fazit</b>	Teil 4

# BSH: Bundesfachplan Offshore (BFO) koordiniert Netzinfrastruktur und –topologie → Identifizierung von Clustern für Offshore-Anlagen und Anbindungsleitungen

## Pilotgebiete/Cluster/Regionen



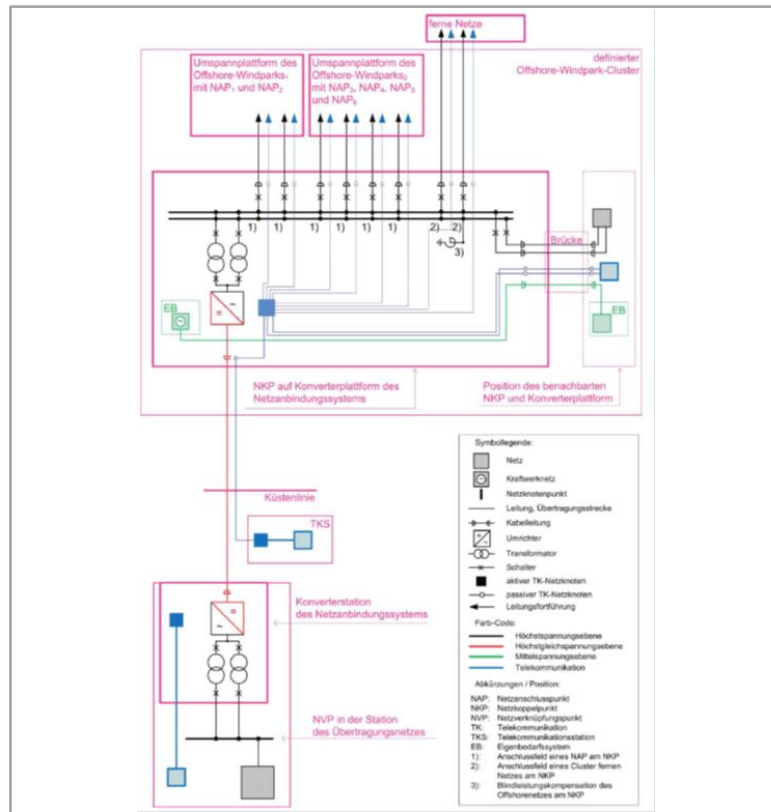
## Festlegung im Rahmen des BFO zu

- EZA/OWP, die räumlich zusammenhängen  
→ Eignung für Sammelanbindungen
- Trassierung der Anbindungsleitungen für EZA
- Übergangsorten von AWZ zum Küstenmeer
- Standorten der Konverterplattformen oder UW
- Grenzüberschreitenden Stromleitungen
- Möglichen Verbindungen zwischen den EZA oder Konverterplattformen
- Standardisierten Technikvorgaben und Planungsgrundsätzen

Quelle: BSH; Ausschnitt aus <http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/CONTIS-Informationssystem/ContisKarten/NordseeOffshoreWindparksPilotgebiete.pdf>

Standardisierte Plattformen sollen sowohl den Prozess beschleunigen als auch Optionen für die Zukunft offen lassen

## Netzgraph des DC-Netzanbindungssystems der 320-kV-900-MW-Klasse



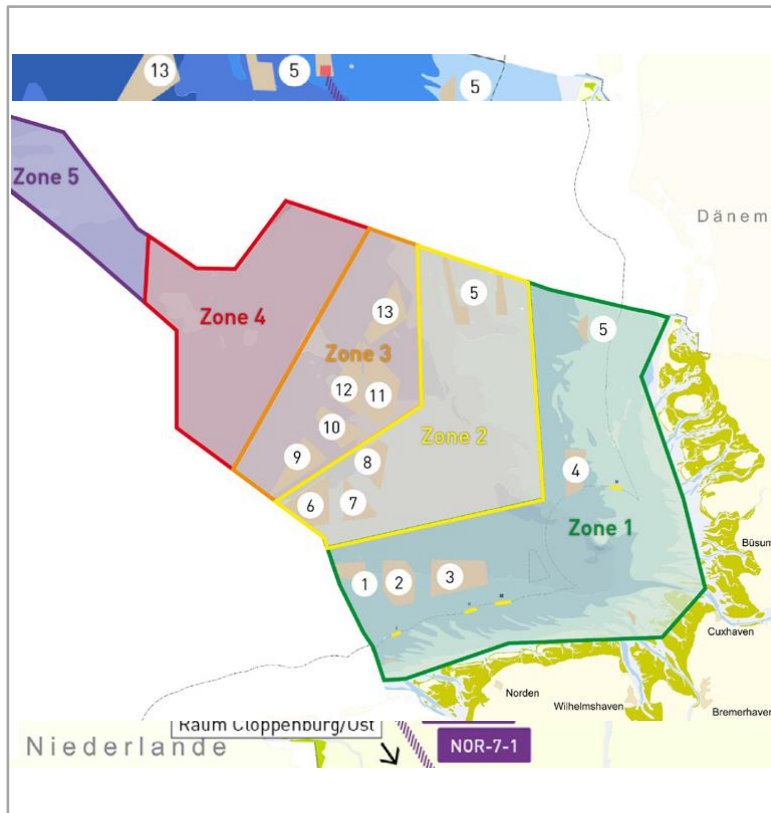
## Auslegung der HGÜ-Kopfstationen (Offshore)

- HGÜ-Kopfstationen verfügen über mindestens 6 AC-Anschluss-Schaltfeldern für die geplant anzuschließenden Offshore-Windparks, 2 Schaltfelder für eine benachbarte Station und 2 für Cluster ferne Netze
- Gemäß BFO soll auch die zukünftige DC-seitige Verbindung zwischen Clustern ermöglicht werden
- Die Anschlusskapazität der Anschlussfelder ist jeweils auf 200 MW beschränkt (Übertragungskapazität der Kabel)

Quelle: ONEP\_2013\_1\_Entwurf\_Teil1; Abb. 9

# Offshore-Netzentwicklungsplan: Ermittlung des Offshore-Netzausbaubedarfs durch die Übertragungsnetzbetreiber

## Startnetz und Netzausbaubedarf



## Aufgaben

- Planung von Netzanbindungssystemen für Offshore-Windpark-Cluster
  - Auf Basis des BFO
  - Windparkunspezifisch
- Zeitliche Staffelung der Maßnahmen
  - Küstenentfernung
  - Erzeugungspotenzial
  - Geplante IBN der NVP
  - Realisierungsfortschritt der anzubindenden Offshore-Windparks
- Die Zuweisung von Netzanschlusskapazitäten an OWPs erfolgt jedoch durch die BNetzA

Quellen: ONEP\_2014\_2\_Entwurf\_Teil1; Startnetz und Szenario B; Angepasst durch BET

BNetzA weist freie Kapazitäten gemäß § 17d Abs. 3 EnWG unter Berücksichtigung von § 118 Abs. 14 zu

### Erste Erkenntnisse des Kapazitätszuweisungsverfahrens

- Berücksichtigung einer erwogenen Verlagerung des OWP GTI aus Cluster NOR-6-2 zu Cluster NOR-8-1 (BK6-14-127)
- Einsparung von BorWin4, aber zu hohe Nachfrage in NOR-8-1
- 8 von 11 Antragsteller u. 1.827,6 von beantragten 3.194,7 MW zugelassen
- Nicht-Zulassung hauptsächlich, weil sich OWP aus Clustern beworben haben, für die zurzeit keine Netzanbindung geplant ist.

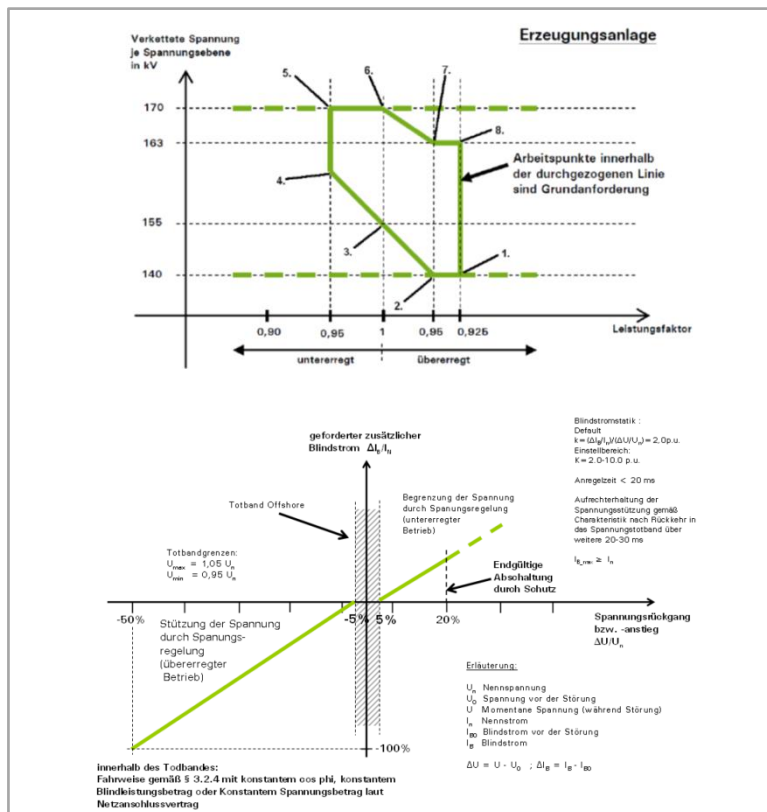
### Erste Reaktionen auf das Kapazitätszuweisungsverfahren

- Eilanträge der OWP Hohe See (496 MW) und Albatros (316 MW) gegen den Beschluss, da Rechtmäßigkeit und Nutzen der Verlagerung von GTI angezweifelt werden und da sie für die verbleibenden 450 MW (8-1) in einer Versteigerung Kapazitäten erlangen müssten
- Kurzfristige Einigung, da EnBW Albatros übernommen hat und da ein weiteres Zuweisungsverfahren eröffnet wird, in dem auch die freien Kapazitäten in NOR-6-2 zur Verfügung gestellt werden, falls GTI zu NOR-8-1 verlagert wird.

ÜNB sind zudem gemäß § 19 Abs. 1 EnWG zur Erstellung und Veröffentlichung von technischen Mindestanforderungen (Netzanschlussregeln, NAR) verpflichtet

## Beispiele für Anforderungen

## Einhaltung und Nachweisführung u. a. zu



- Kurzschlussleistung bzw. Kurzschlussfestigkeit der Betriebsmittel und Anlagen
- Blindleistungsaustausch
- Verhalten bei Fehlern im Netz
- Oberschwingungen
- Die Nachweisführung weicht vom bekannten Onshore-Verfahren nach SDLWindV ab
  - Keine Einheiten- u. Anlagenzertifizierung
  - Offshore-spezifisches Nachweisverfahren sieht unter anderem diverse Netzstudien vor

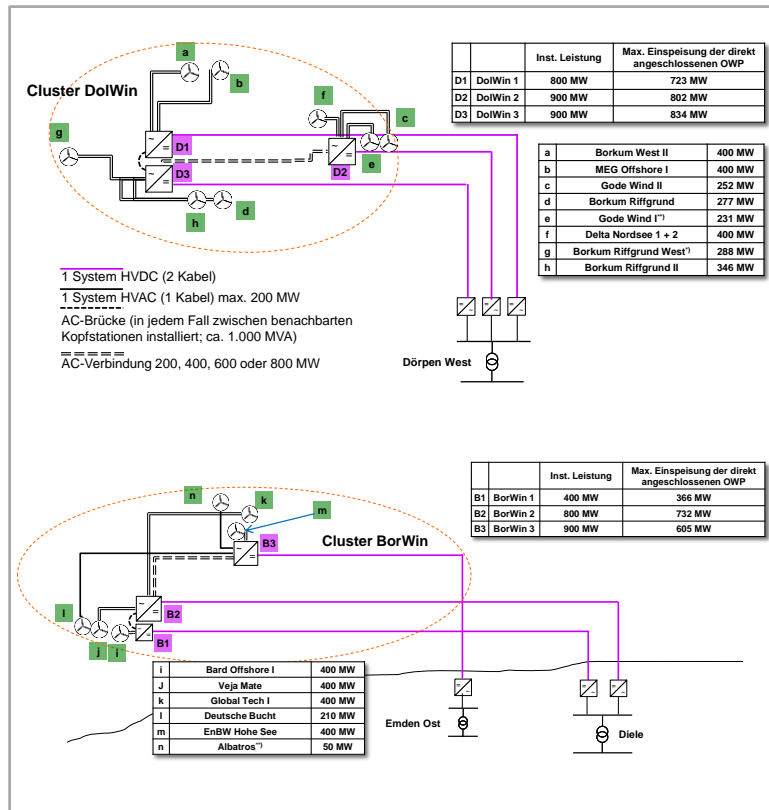
Quelle: Anforderungen an seeseitige Netzanschlüsse an das Netz der TenneT TSO GmbH (ASN)

# Inhalt

<b>Einleitung und Historie</b>	Teil 1
<b>Aktuelles Vorgehen mit Blick auf die Netzanbindung</b>	Teil 2
<b>Potentielle nächste Schritte</b>	Teil 3
<b>Fazit</b>	Teil 4

# Verbindung ausgewählter HGÜ-Kopfstationen → Vermaschung bis hin zum Offshore-Netz

## BET-Studie Frühjahr 2012



Quelle: Eigene Darstellung

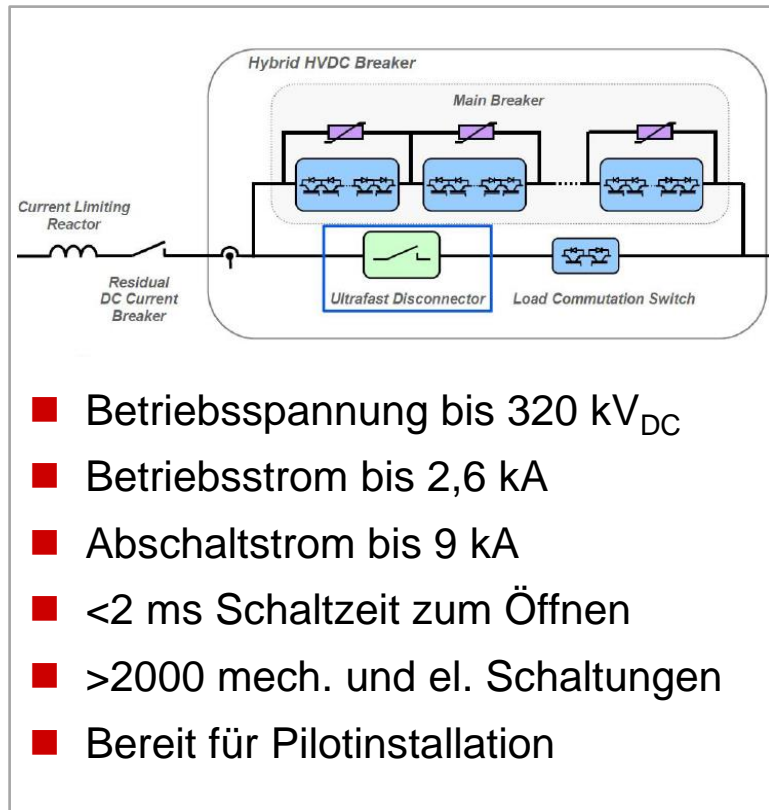
## Wesentliche Erkenntnis der BET-Studie und Anknüpfungspunkte

- Studie zeigte für damalige Verhältnisse unter Berücksichtigung von Ausfallrisiken, Haftungsfragen und Versicherbarkeit eine wirtschaftlich sinnvolle Lösungen für alle untersuchten Verbindungen einzelnen HGÜ-Stationen
- Damalige Untersuchungen berücksichtigten nur AC-Verbindungen, da DC-Leistungsschalter nicht (kommerziell) verfügbar waren.
- DC-Verbindungen erweitern das Spektrum und ermöglichen wegen der höheren zulässigen Kabelstrecken eher die Clusterübergreifende Vermaschung



# Der DC-Leistungsschalter kann eine signifikante Rolle bei zukünftig vermaschten DC-Systemen spielen

## Prinzipskizze und Daten des hybriden DC-Leistungsschalters



- Betriebsspannung bis 320 kV<sub>DC</sub>
- Betriebsstrom bis 2,6 kA
- Abschaltstrom bis 9 kA
- <2 ms Schaltzeit zum Öffnen
- >2000 mech. und el. Schaltungen
- Bereit für Pilotinstallation

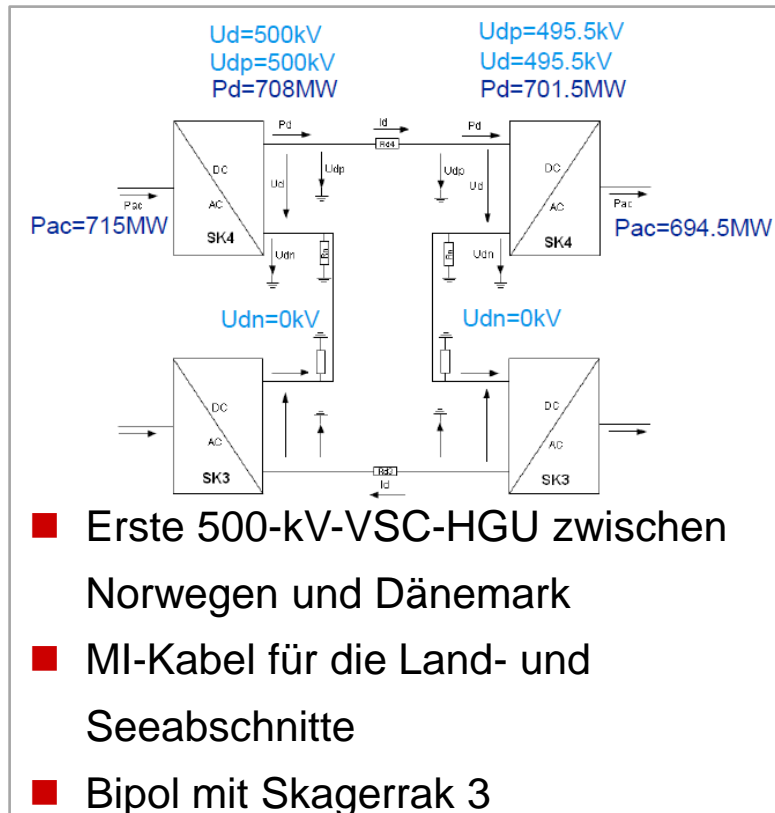
## Funktionsprinzip

- Im Normalbetrieb fließt der Strom durch den unteren Laststrompfad (Verluste < 0,01%)
- Mit Hilfe des Lastkommutierungsschalters erfolgt im Fehlerfall der Übergang des Kurzschlussstroms in den Hauptschalter
- Hierzu ist als Schutz der UFD erforderlich
  - Unterbricht bei 0,5 A und 5 kV
  - Schaltüberspannung nach Öffnen des Hauptschalters >500 kV nach max 2 sec.
- Nach Öffnen des UFD kommutiert der Hauptschalter den Fehlerstrom in die Überspannungsableiter

Quelle: ABB

# 500-kV-VSC-HGÜ kann zukünftig eine höhere Übertragungskapazität ermöglichen

## Skagerrak 4



## Potentiale

- 500-kV-DC ermöglicht höhere Übertragungskapazität für Sammelanbindungen und damit weniger Trassen
- Zielführend wäre der Einsatz von VPE-Kabeln
  - Geringer Durchmesser als MI → weniger Gewicht → längere Kabelabschnitte
  - Vorgestellt auf Cigré-Session 2014
- Geht über aktuellen BFO-Standard hinaus, der die Entwicklung aber nicht ausschließt.
- Plattformgröße sollte möglichst nicht noch größer werden → Potentiale zur Reduktion suchen → Bspw. HGÜ-GIS

Quelle: ABB

# Inhalt

<b>Einleitung und Historie</b>	Teil 1
<b>Aktuelles Vorgehen mit Blick auf die Netzanbindung</b>	Teil 2
<b>Potentielle nächste Schritte</b>	Teil 3
<b>Fazit</b>	Teil 4

# Fazit

- Die Entwicklung der Offshore-Wind-Anbindung in Deutschland ist verglichen zu den ambitionierten Zielen nur stockend vorangekommen
  - Politische Rahmenbedingungen
  - Technische Herausforderungen
  
- Die aktuellen Rahmenbedingungen scheinen eine wesentliche Verbesserung zu bringen
  - Der Nachweis ist jedoch noch zu erbringen
  - Die avisierte Standardisierung scheint sinnvoll und sollte keine Beschränkung für zukünftige Weiterentwicklungen beinhalten
  
- Es bestehen diverse technische Weiterentwicklungsmöglichkeiten, deren Potential zum Teil noch eruiert werden muss. Beispiele hierfür sind:
  - Offshore-Netz
  - DC-Leistungsschalter
  - 500-kV-DC



# Die Berater der Energie- und Wasserwirtschaft

Büro für Energiewirtschaft und  
technische Planung GmbH



## BET GmbH

### Aachen

Alfonsstraße 44  
52070 Aachen

Telefon +49 241 47062-0  
Telefax +49 241 47062-600  
info@bet-aachen.de  
[www.bet-aachen.de](http://www.bet-aachen.de)

### Leipzig

Karl-Liebnecht-Straße 64  
04275 Leipzig

Telefon +49 341 30501-0  
Telefax +49 341 30501-49  
info@bet-leipzig.de  
[www.bet-leipzig.de](http://www.bet-leipzig.de)

### Hamm

Rotdornschleife 23  
59063 Hamm

Telefon +49 2381 4500-76  
Telefax +49 2381 4500-57  
info@bet-hamm.de  
[www.bet-hamm.de](http://www.bet-hamm.de)

## BET Dynamo Suisse AG

### Zofingen

Junkerbifangstrasse 2  
4800 Zofingen

Telefon +41 62 751 5894  
Telefax +41 62 751 6093  
info@bet-dynamo.ch  
[www.bet-dynamo.ch](http://www.bet-dynamo.ch)

### Puidoux

Route du Vergnolet 8  
1070 Puidoux

Telefon +41 21 791 6545  
Telefax +41 21 791 6530  
info@bet-dynamo.ch  
[www.bet-dynamo.ch](http://www.bet-dynamo.ch)