

ZUSAMMENFASSUNG

Offshore Windenergie wird eine wichtige Rolle beim Erreichen des Europäischen Green Deals und dessen Zielsetzung der Klimaneutralität spielen. Dank der starken Winde und flachen Gewässer besteht in der Nordsee allein das Potenzial bis 2050 eine Kapazität von bis zu 200 Gigawatt zu installieren. Eine solch große Menge an Offshore Windstrom zu transportieren stellt eine besondere Herausforderung dar, welche ein hohes Maß der Zusammenarbeit und Interkonnektivität der einzelnen Nordseeländer bedarf.

Aufgrund der abgelegenen Standorte von Offshore Windparks und der zunehmend größer werdenden Distanzen innerhalb der Nordsee ist eine Nutzung der bisherigen, traditionellen Drehstrom-Hochspannungs-Übertragung (DHÜ) nicht mehr möglich – stattdessen muss eine Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) etabliert werden. Vergangene Rechercheprojekte weisen darauf hin, dass die vergleichbar beste, sozio-ökonomische Lösung eines solchen HGÜ Transmissionssystems aus einem koordinierten, verbundenen HGÜ Offshore Netzwerk besteht, welches die folgenden Zwecke erfüllen würde:

- Übertragung von Offshore Windstrom ans Land
- Netzkopplung der unterschiedlichen Nordseeländern
- Verstärkung von DHÜ Netzwerken an Land
- Versorgung der Offshore Energie Konsumenten

Die aktuelle Lage sieht jedoch anders aus: HGÜ Systeme innerhalb von Europa wurden bisher oft mit Punkt-zu-Punkt Anschlüssen unter einem einzigen Betreiber für einen vereinzelt Gebrauch eingeführt. Gründe dafür sind unter anderem die Unterentwicklung von HGÜ Netzwerktechnologien für mehrere Anschlüsse, nationale sowie internationale Unterschiede in den juristischen und regulatorischen Rahmenbedingungen und das Fehlen einer ökonomischen Grundlage, welche in Folge zu Finanzierungsproblemen führt.

Das von der Europäischen Union gesponsorte Horizon 2020 Projekt PROMOTiON 'Progress on Meshed Offshore HVDC Transmission Networks' hat die technischen, juristischen, regulatorischen, ökonomischen und finanziellen Schwierigkeiten in der Entwicklung eines vermaschten Offshore HGÜ Transmissionsnetzwerk innerhalb der Nordsee anhand der folgenden sechs Ziele adressiert:

- 1. Um sowohl eine Kompatibilität zwischen unterschiedlichen Technologien und Konzepten herzustellen als auch spezifische technische und operationelle Anforderungen, Verhaltensmuster, und eine Vereinheitlichungsmethode für verschiedene Technologien einzuführen, hat PROMOTiON:**

- Sich auf folgende vier Schlüsseltechnologien fokussiert: HGÜ Netzwerk und Offshore Windpark Kontrolle, HGÜ Netzwerkschutz, HGÜ Stromkreisunterbrecher und mit Gas insulierte HGÜ Substationen
- Gängige funktionelle Anforderungen für multi-terminale HGÜ Systeme und Offshore Windparkanlagen definiert
- Die techno-ökonomische Leistung und Kompatibilität von vermaschten HGÜ Netzwerktopologien mit sowohl unterschiedlichen Kombinationen von Schlüsseltechnologien als auch verschiedenen operationellen Konfigurationen bis hin zu voll funktionstüchtigen Bedingungen recherchiert, analysiert, simuliert und verglichen
- Richtlinien für die Auswahl von Technologien und die Spezifizierung von Equipment entwickelt
- Empfehlungen für eine erfolgreiche Kompatibilität und Interoperationalität auf einer juristischen, regulatorischen, planungstechnischen, technischen und vertragsbasierten Ebene entwickelt

2. Um interoperationelle, verlässliche und kostengünstige Schutztechnologien für Offshore HGÜ-Netzwerke und andere Typen der Offshore Konverter für die Integration von Windkraft zu entwickeln, hat PROMOTiON:

- Gängige Leistungsbedingungen für den Schutz von HGÜ Netzwerken entwickelt
- Kostenmodelle und Datenbanken von Kosten für HGÜ Equipment erstellt
- Eine tiefgründige Kosten-Nutzen-Analyse des Lebenszyklus von verschiedenen Schutzstrategien durchgeführt, um die kosten-effektivste Strategie für verschiedene HGÜ Netzwerke zu ermitteln
- Ein intelligentes elektronisches Instrument (auf Englisch: Intelligent Electronic Device = IED) entwickelt, getestet und validiert, welches für unterschiedliche HGÜ Netzwerk Schutzstrategien programmiert werden kann
- Ein gängiges Systeminterface zwischen verschiedenen Schutzsystemkomponenten (z.B. Stromkreisunterbrecher & IED) entwickelt
- Die Interoperationalität zwischen einem IED von sowohl dritten Händlern als auch PROMOTiON mit anderen, industriellen Nachbauten von Konverterkontrollen und Schutzequipment durch eine erfolgreiche Inbetriebnahme demonstriert
- Eine Analyse von Stress- und Ausfall Modi von HGÜ Stromkreisunterbrechertechnologien und Komponenten durchgeführt

3. Um die verschiedenen kosten-effektiven Schlüsseltechnologien von vermaschten Offshore HGÜ Netzwerken zu demonstrieren und sowohl die Einsatzbereitschaft dieser Technologien zu ermitteln als auch frühzeitige Anwenderprobleme zu überwinden, hat PROMOTiON:

- Gängige Qualifizierungsprozeduren und Testkreisläufe für die Prüfung der Leistungsfähigkeit von Technologien entwickelt

- Semi-öffentliche Vorführungen von industriellen Prototypen aller Schlüsseltechnologien bei voller Leistungskraft, im Originalmaßstab und/oder voller Funktionalität an unabhängigen industriellen Testlaboren und Universitäten unter vorgegebenen Testbedingungen und Testkreisläufen durchgeführt
- Sowohl diverse simulationsbasierte Vorführungen bei niedrigerer Leistungskraft und im Labormaßstab als auch Testsystementwicklung durchgeführt, welche für die Entwicklung von Technologien, weiterer Recherche und die Einarbeitung von Mitarbeitern nötig sein wird
- Definitionen von Technologiebereitschaftsgraden (auf Englisch: Technology Readiness Level = TRL) für HGÜ Technologien im Einklang mit der Horizon2020 TRL Rahmenordnung erstellt
- Eine tiefgründige Durchführung der TRL-Fortschrittsanalyse aller in PROMOTioN einbezogenen Schlüsseltechnologien durchgeführt, welche belegt, dass alle besagten Technologien einen Technologiebereitschaftsgrad von 6 oder höher erreicht haben

4. Um neue regulatorische Rahmenbedingungen auf EU Ebene zu entwickeln, welche sowohl im Einklang mit EU-weiten energiepolitischen Zielen als auch mit denen von Mitgliederstaaten sind, und um die ökonomische Realisierbarkeit von vermaschten HGÜ Projecten durch einen entsprechenden Finanzierungsrahmen zu erhöhen, hat PROMOTioN:

- Eine Studie von internationalen, Europäischen und nationalen Gesetzen durchgeführt und spezifische Empfehlungen für ermittelte Gesetzeslücken und Inkompatibilitäten entwickelt
- Eine Definition für eine neue Art der Asset-Klassifizierung von Windparkanlagen, welche mit mehr als einem Land verbunden sind (z.B. Hybride Assets), vorgeschlagen
- Eine Methodologie für sozio-ökonomische Kosten-Nutz-Analysen für Offshore Transmissionssystementwicklung erstellt
- Spezifische Empfehlungen für die Netzwerkplanung, Operation und Stilllegung von Offshoreprojekten entwickelt
- Ein Offshore Marktdesign basierend auf kleinen Gebotszonen in Zusammenhang mit zusätzlichen Maßnahmen, welche eine stabile Einkommensquelle für Offshore Windparkbetreiber garantieren, entwickelt
- Empfehlungen für die nötigen Investitionsvolumen, Inhaber-Modelle, Investitionseinkommensmodelle, grenzübergreifende Kostenverteilung sowie passende Finanzierungsstrategien und Instrumente analysiert und formuliert

5. Um eine Harmonisierung aller aktuellen Initiativen, gängigen System Interfaces und zukünftigen Standards durch sowohl eine aktive Zusammenarbeit mit Arbeitsgemeinschaften und Standardisationskörper als auch eine Nutzung der Erfahrungswerte aus Demonstrierungen zu gewährleisten, hat PROMOTioN

- Ein Inventar von allen aktiven und relevanten Initiativen der Standardisierung erstellt und diese im Rahmen der PROMOTioN Resultate und bestehenden Zusammenarbeiten erfasst

- Gezielte Harmonisierungs Workshops für verschiedene Themen organisiert
- Spezifische Informationspakete mit Standardisierungsinitiativen entwickelt und geteilt. Insbesondere wurden die Testresultate der Demonstrationen geteilt, welche die Formulierung von Standardisierungen aktiv vorangetrieben haben
- Standardisierungsaktivitäten vorgeschlagen und initiiert in Fällen von bestehenden, zuvor identifizierten Lücken

6. Um einen konkreten Umsetzungsplan auf technischer, ökonomischer, finanzieller und regulatorischer Basis für eine zweite Phase, welche Schlüsseltechnologien für vermaschte Offshore HGÜ Netzwerke in die kommerzielle Nutzung in Europa einführen wird, zu formulieren, hat PROMOTioN:

- Potenzielle Netzwerktopologien basierend auf internationalen Koordinationsszenarien für den Ausbau von Offshore Windparks entwickelt
- Eine komparative Evaluierung basierend auf einer Kosten-Nutz-Analyse für entwickelte Topologien durchgeführt
- Einen Plan für alle wichtigen Tätigkeiten inklusive Zeitplänen von Interessenvertretern erstellt
- Machbarkeitsstudien für drei kurzfristige Gelegenheiten von multi-terminalen HGÜ Pilotprojekten durchgeführt

Finale Schlussfolgerung

Basierend auf der erbrachten Arbeit schlussfolgert PROMOTioN, dass keine technologischen Hindernisse der Entwicklung von multi-terminalen HGÜ Netzwerken entgegenstehen, dass jedoch noch bedeutende Standardisierungsarbeiten nötig sind, um eine herstellernerneutrale HGÜ Netzwerkintegrationen zu ermöglichen. Übertragungsnetzbetreiber und Hersteller müssen sich auf gängige, technologie-neutrale und funktionelle Leistungsanforderungen einigen und sowohl gemeinsame Kommunikationsprotokolle als auch Standards für HGÜ Equipment adaptieren. Darüber hinaus müssen vertragliche Standardpraktiken für die Beschaffung von HGÜ Equipment formuliert werden, um eine Integration zwischen unterschiedlichen Herstellern zu gewährleisten. Die Technologien, Kontrollsysteme und Betriebspraktiken für HGÜ Netze haben sich bisher schon zügig entwickelt, jedoch hat PROMOTioN darüber hinaus zur Technologieentwicklung beigetragen und eine Anzahl von unterschiedlichen Richtungen für weitere Leistungsverbesserungen und Kostenreduzierungen identifiziert.

Eine Kollaboration und Koordinierung zwischen nationalen Regierungen, Übertragungsnetzbetreibern und anderen Nutzern des Offshore-Areals ist essenziell, um regulatorische und juristische Empfehlungen zu implementieren und nationale Erneuerbare Energiestrategien für Offshore Windenergie mit Übertragungsnetzwerkplänen zu vereinheitlichen. Die beste Strategie um bestehende Hürden zu überkommen und die notwendigen Kollaborationen zu initiieren, ist die Realisierung eines grenzenüberstreichenden Pilotprojektes im Originalmaßstab,

welches die Viabilität der Technologie demonstriert, internationale Kollaborationsmodelle präsentiert, und die sozio-ökonomischen Vorteile von multi-terminalen HGÜ Netzwerksystemen im Vergleich zu bestehenden Punkt-zu-Punkt Anschlüssen deutlich machen würde.

Die Resultate von PROMOTioN wurden umfangreich durch die Veröffentlichung in Internationalen Konferenzen und Journals, innerhalb von Arbeitsgemeinschaften mit sowohl wichtigen Interessenvertretern als auch nationalen Ministerien, DG Energie, ENTSO-E, WindEurope, T&D Europe und dem Nordsee Windkraft Hub, verbreitet. Die öffentlichen Ergebnisse und Präsentationen sind auf der folgenden Webseite auf Abruf verfügbar: www.promotion-offshore.net.