



# North Sea **Wind Power Hub**

## 4 DIE VORTEILE

Das modulare Windenergie-Verteilkreuz-Konzept bietet einen beträchtlichen gesellschaftlichen Nutzen und damit das Potenzial, Anreize für alle beteiligten Stakeholder zu schaffen

## Das Konsortium

Das Konsortium für das Windenergie-Verteilkreuz in der Nordsee hat sich zusammengeschlossen, um die Klimaziele zu erfüllen. Die Arbeit des Konsortiums basiert auf Forschung, Stakeholder-Interaktion und Erfahrungen aus früheren Projekten.



Port of  
Rotterdam

Der größte europäische Hafen, der es sich zum Ziel gesetzt hat, der nachhaltigste Hafen der Welt zu werden

**ENERGINET**

Ein dänischer Übertragungsnetzbetreiber, der sich für die umweltfreundliche, zuverlässige und nachhaltige Energieversorgung von morgen einsetzt

**gasunie**

Das größte europäische Unternehmen für Energieinfrastruktur, das dem öffentlichen Interesse dient und die Energiewende durch integrierte Infrastrukturlösungen fördert



TenneT ist ein niederländisch-deutscher Übertragungsnetzbetreiber und einer der führenden europäischen Investoren in nationale und grenzüberschreitende Onshore- und Offshore-Netzanschlüsse zur Unterstützung der Energiewende.

# Zusammenfassung

Als Baustein eines international koordinierten Rollouts bietet das modulare Windenergie-Verteilkreuz-Konzept mehrere Vorteile gegenüber einem nationalen und schrittweisen Ansatz.

Hierzu gehören Kosteneinsparungen und ein höherer sozioökonomischer Wert durch die gewinnbringende Nutzung von Synergien aus Windkraft-Integration und regionaler Interkonnektoren-Funktionalität, Synergien aus der internationalen Koordination des Rollouts durch effiziente Systemintegration und Synergien in den Energiesektoren.

Die Analysen - mit einem anfänglichen Fokus auf dem Stromsystem - haben Einblicke in die Vorteile des Konzepts ermöglicht. Um die konkreten Vorteile einzelner Projekte und eines vollständigen Rollouts bewerten zu können, sind eine langfristige Betrachtung des Ausbaus von Offshore-Windenergie und ein integraler Bewertungsrahmen für die Kosten- und Nutzenanalyse erforderlich.

## Sechs Konzeptpapiere, eine Geschichte

Ziel der Konzeptpapiere ist es, die Nordsee-Stakeholder und die Öffentlichkeit über die Ergebnisse zu informieren, die das NSWPH mit seiner Arbeit an dem Konzept des modularen Windenergie-Verteilkreuzes in den letzten beiden Jahren erzielt hat. Die sechs Konzeptpapiere erzählen eine Geschichte: von der Herausforderung, das Pariser Abkommen zu erfüllen, über die Lösung, die auf dem Konzept des modularen Windenergie-Verteilkreuzes aufbaut, bis zu den erforderlichen nächsten Schritten, um das Pariser Abkommen zeitnah und kostengünstig umzusetzen.

### Sechs Konzeptpapiere, eine Geschichte



**Jetzt sind alle Nordsee-Stakeholder aufgefordert, Massnahmen zur Initiierung und Erleichterung des erforderlichen international koordinierten Rollouts zu treffen, um die vollen potenziellen Vorteile für das Gemeinwohl realisieren zu können und das Erreichen der langfristigen Klimaziele zu gewährleisten.**

**Als Baustein eines international koordinierten Rollouts bietet das modulare Windenergie-Verteilkreuz-Konzept mehrere Vorteile gegenüber einem nationalen und schrittweisen Ansatz**

Um die langfristigen Klimaziele zu erreichen, müssen die Nordseeanrainerstaaten ihre Energiesysteme massiv umbauen (Konzeptpapier 1). Der notwendige Umbau des Energiesystems erfordert unter anderem den großflächigen Einsatz von Offshore-Windkapazitäten: voraussichtlich mehr als 150 GW allein in der Nordsee bis 2040. Der Anschluss dieser großen Kapazitätsmengen und deren Integration in das erweiterte Energiesystem ohne Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit stellen eine große Herausforderung dar. Der derzeitige national orientierte Ansatz für den Ausbau der Offshore-Windenergie und deren Systemintegration sowie die Trennung vom Ausbau der Interkonnectoren-Funktionalität sind teuer und unzureichend für das Erreichen der langfristigen Klimaziele. Bereits jetzt stellt die Integration des Onshore-Netzes eine Herausforderung für die derzeit geplanten Offshore-Windparks dar. Das Konsortium hat seine Vision zur Erleichterung eines beschleunigten Einsatzes von Offshore-Windenergie in der Nordsee vorgestellt, zusammen mit dem Ausbau der Interkonnectoren-Kapazitäten zur Gewährleistung von Systemflexibilität und einer erweiterten Systemintegration durch einen international koordinierten Rollout

des modularen Windenergie-Verteilkreuz-Konzeptes (siehe auch Konzeptpapiere 2 und 3). Dieses Konzept bietet mehrere gesellschaftliche Vorteile durch einen nationalen schrittweisen Ansatz, die im nächsten Abschnitt ausführlicher behandelt werden. In diesem Kontext ist es wichtig, Kosten und Nutzen unterschiedlicher Konzepte zur Offshore-Wind- und Energiesystemintegration aus der Perspektive des gesamten Energiesystems zu bewerten. Ein Konzept, das zur kostengünstigsten Gestaltung eines einzelnen Projekts führt (z. B. ein einzelner Offshore-Windpark-Anschluss oder der separate Ausbau der Interkonnectoren-Kapazitäten) kann bei einer Betrachtung aus einer ganzheitlichen Energiesystemperspektive zu höheren Gesamtkosten führen. Jetzt sind alle Nordsee-Stakeholder aufgefordert, Maßnahmen zur Initiierung und Erleichterung des erforderlichen international koordinierten Rollouts zu treffen, um die vollen potenziellen Vorteile für das Gemeinwohl realisieren zu können und das Erreichen der langfristigen Klimaziele zu gewährleisten.

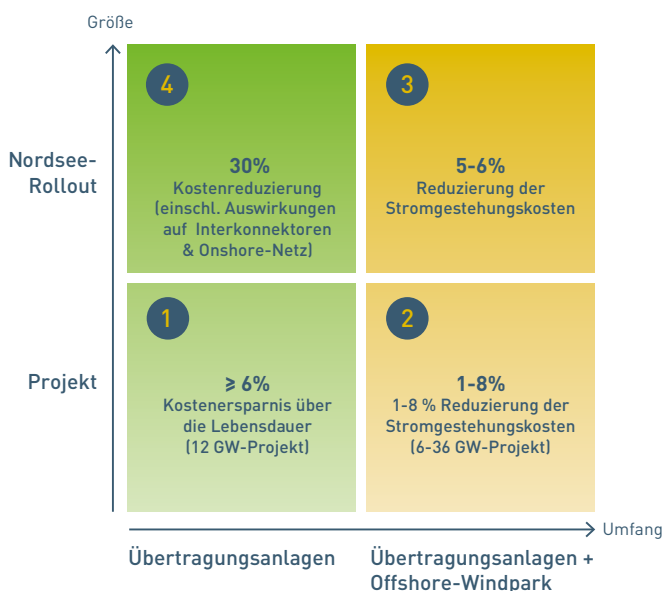
Hierzu gehören Kosteneinsparungen und ein höherer gesellschaftlicher Wert durch die gewinnbringende Nutzung von Synergien aus Windkraft-Integration und regionaler Interkonnectoren-Funktionalität, Synergien aus der internationalen Koordination des Rollouts durch effiziente Systemintegration und Synergien in den Energiesektoren. Einer der Hauptvorteile des modularen Windenergie-Verteilkreuz-Konzeptes im Rahmen eines international koordinierten Ansatzes ist die höhere Wahrscheinlichkeit der Erfüllung des Pariser Abkommens durch geringere Kosten, einen höheren gesellschaftlichen Wert, ein geringeres Risiko von Verzögerungen und ungenutzten Anlagen, stabile langfristige Marktbedingungen und verringerte Umweltauswirkungen.

Merkmale des Windenergie-Verteilkreuzes	Vorteile	Im Vergleich zu Business as usual
Das modulare Windenergie-Verteilkreuz-Konzept gewährleistet den wirtschaftlichen und zeitgerechten Ausbau von Offshore-Windenergie	Zeitgerechter Ausbau von Offshore-Windenergie zur Erfüllung langfristiger Klimaziele	Der zeitgerechte Ausbau und die zeitnahe Integration von Offshore-Windenergie sind mit dem derzeitigen Ansatz nicht möglich. Das modulare Konzept erhöht die Chancen, diese Ziele dennoch zu erreichen
Das modulare Windenergie-Verteilkreuz-Konzept bietet Flexibilität zur Anpassung des jeweiligen Projekts an standortspezifische Bedürfnisse	Wirtschaftlicher Ausbau von Offshore-Windenergie	Wirtschaftlicher aufgrund geringerer Kosten durch Kombination von Windparkanschlüssen und Interkonnektoren, internationale Koordination gewährleistet eine Minimierung des Bedarfs an Onshore-Netzverstärkungen
Interkonnektoren und Sektorenkopplung maximieren die Integration von Offshore-Windenergie und Synergien aller Energiesektoren	Modularität erlaubt die Anpassung des jeweiligen Projekts an standortspezifische Bedürfnisse	Größe und Gestaltung können standortspezifischen Bedürfnissen angepasst werden - zahlreiche verfügbare Gestaltungsoptionen hinsichtlich Größe, Fundamenttyp und Konfiguration verfügbar, Optimierung zur gewinnbringenden Nutzung von Synergien mit Endnutzungssektoren  Das Konzept bietet Flexibilität hinsichtlich der Integration wachsender Anteile erneuerbarer Energien durch (i) Steigende Interkonnektoren-Levels (ii) Sektorenkopplung und Wiederverwendung vorhandener Gas-Infrastruktur (iii) Geringere Strompreise (iv) Synergien zwischen der Erzeugung von Offshore-Windenergie und der Produktion von erneuerbaren Gasen und Brennstoffen

## Kostenreduzierungen

Das Windenergie-Verteilkreuz-Konzept schafft Infrastruktur-Synergien durch eine Verschmelzung von Offshore-Windpark-Übertragungsanlagen mit Interkonnektoren-Funktionalität. Radiale Windparkanschlüsse erreichen in der Regel rund 50% an Volllaststunden, aufgrund der Windverfügbarkeit. Interkonnektoren können in höherem Maße ausgelastet werden, wie z. B. die BritNet-Leitung zwischen den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich, die in den Jahren 2017 und 2018 zu mehr als 80 % ausgelastet war<sup>i</sup>. Durch Kombination dieser Anlagentypen könnte die Auslastung einzelner Windpark-Anschlüsse signifikant auf mindestens >65 % steigen<sup>1</sup>. Darüber hinaus kann ein Windenergie-Verteilkreuzkonzept gegenüber radialen Windparkanschlüssen aufgrund der Größenvorteile, beispielsweise durch die Nutzung von Inselfundamenten und geringeren Betriebskosten, Kosten senken.

## Das modulare Windenergie-Verteilkreuz-Konzept ermöglicht umfangs- und größenunabhängige Kosteneinsparungen



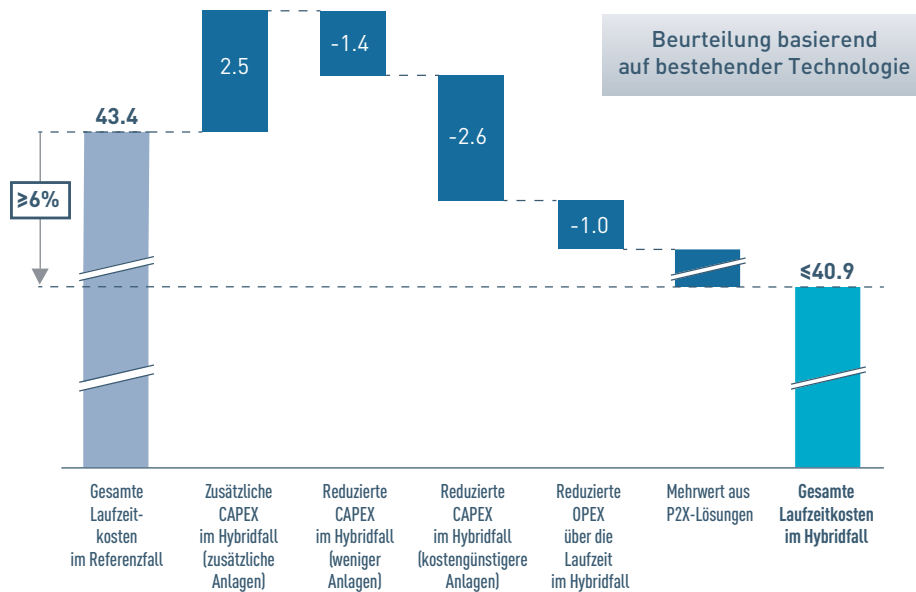
Die obige Abbildung zeigt eine Übersicht des in unterschiedlichen Bewertungen ermittelten Kostenreduzierungspotenzials für das Windenergie-Verteilkreuz-Konzept, die nachfolgend ausführlicher beschrieben sind.

1. Eine von Roland Berger<sup>iii</sup> im Auftrag der Europäischen Kommission durchgeführte Studie bestätigte signifikante Einsparungen gegenüber einem strahlenförmigen (radialen) Ansatz über die Lebensdauer für ein 12 GW-Windenergie-Verteilkreuz-Projekt, das Dänemark (2 GW), Deutschland (6 GW) und die Niederlande (4 GW) verbindet. Die Einsparungen über die Lebensdauer beinhalten CAPEX-Einsparungen (€ 1,5 Mrd.) und OPEX-Einsparungen (€ 1,0 Mrd.), hauptsächlich durch den Wegfall zusätzlicher Punkt-zu-Punkt-Interkonnektoren zwischen den Ländern, wie in der Abbildung unten dargestellt. Eine zusätzliche P2X-Funktion könnte Kosteneinsparungen von mehr als 6 % über die Lebensdauer realisieren.

2. Eine vom Konsortium vorgenommene Analyse der Stromgestehungskosten untersuchte das Einsparungspotenzial bei den Stromgestehungskosten für Windenergie-Verteilkreuz-Projekte gegenüber einem nationalen radialen Ansatz (ohne Interkonnektor-Funktionalität), bei dem mehrere 2 GW-Stahl-HGÜ-Plattformen Interkonnektor-Kapazität anbieten. Es wurden unterschiedliche Verteilkreuz-Kapazitäten zwischen 6 und 36 GW untersucht. Es zeigte sich, dass die Reduzierung der Stromgestehungskosten für die Windenergie-Verteilkreuz-Konfiguration bei Verteilkreuzen mit größerer Kapazität (24-36 GW) eher begrenzt ist, während das Potenzial zur Senkung der Stromgestehungskosten bei kleineren Verteilkreuz-Größen (6-12 GW) auf 8 % (bei einem 6 GW-Verteilkreuz) steigen kann. Die Unterschiede ergeben sich hauptsächlich aus den geringeren OPEX-Niveaus für Verteilkreuze gegenüber stahlbasierten Plattformen (OPEX-Reduzierung von ca. 50 %). Das Einsparpotenzial bei den CAPEX-Kosten durch Setzkosten- bzw. Sandinseln gegenüber Stahlplattformen wird (insbesondere bei größeren Verteilkreuzen: >12 GW, abhängig von der Windparkdichte) aufgrund der Notwendigkeit zusätzlicher Umspann-/Sammelplattformen und 380 kV-Drehstrom-Verkabelung, der zusätzlichen Länge von 66 kV-Array-Kabeln für größere Verteilkreuze und längerer Bauzeiten aufgehoben.

<sup>1</sup> Basierend auf einer ersten CBA-Analyse durch das Konsortium auf der Grundlage nicht-optimierter Konfigurationen.

## Ergebnis 2 der ausführlichen Analyse: Wesentliche Laufzeitvorteile (€ Mrd.)



1) Ergebnisse unterliegen Begrenzungen; derzeit keine Ausschlusskriterien (18 % Abzinsungsfaktor) angenommen.  
Quelle: Reproduktion der Kostenreduzierung über die Laufzeit, Wasserfalldiagramm durch Roland Berger, in IV, S. 6

3. In einer anderen durch das Konsortium beauftragten Analyse wurden die Auswirkungen des Windenergie-Verteilkreuz-Konzeptes für einen vollständigen Ausbau von Offshore-Windenergie in der Nordsee in den Jahren 2030 bis 2050 unter dem Gesichtspunkt der gesellschaftlichen Stromgestehungskosten untersucht (unter Einbeziehung der Kosten sowohl für Entwickler als auch ÜNB, jedoch ohne Berücksichtigung zusätzlicher Interkonnektoren oder Ausbaus des Onshore-Netzes). Das Ergebnis dieser Studie war eine Verringerung der gesellschaftlichen Stromgestehungskosten (LCoE) um etwa 5-6 % aufgrund der vorgenannten Synergien und Vorteile einer internationalen Koordination.

4. Eine durch das Konsortium (vii) initiierte Kostenschätzung ergab, dass - bei einem rein elektrischen Verteilkreuz - die Lebenszykluskosten von Übertragungsanlagen um 30 %<sup>viii</sup> gegenüber einem vollen 180 GW-Offshore Wind-Rollout in der Nordsee bis 2050 gesenkt werden könnten. Ca. 17 % dieser Kostenreduzierung würden auf Kostenverringerungen bei den Windpark-Übertragungsanlagen entfallen und 5 % auf geringere Anforderungen an Interkonnektoren. Ferner kam

man zu dem Ergebnis, dass ein internationaler Ansatz in Richtung eines Onshore-Anschlusses von Offshore-Windparks - beispielsweise durch den Anschluss deutscher Offshore-Windparks in den Niederlanden, wo Kapazität verfügbar wäre - die Kosten des Offshore-Windpark-Rollouts und des Netzanschlusses um ca. 8 % senken könnte.

### Vorteile

Über die Kostenreduzierungen hinaus bietet das Windenergie-Verteilkreuz-Konzept mehrere gesellschaftliche Vorteile. Der zunehmende Ausbau und die steigenden Interkonnektoren-Kapazitäten von Offshore-Windenergie zwischen Nordseerainernstaaten führen zu reduzierten Strompreisen und Emissionen durch eine verbesserte Systemintegration erneuerbarer Energien. Eine seitens des Konsortiums vorgenommene Kosten-Nutzen-Analyse kam zu dem Ergebnis, dass der Anschluss von 12-24 GW Offshore-Windkapazität in der Nordsee mittels eines rein elektrischen Windenergie-Verteilkreuz-Konzeptes gegenüber einem strahlenförmigen Anschluss dieser Offshore-Windparks (ohne Interkonnektoren-Funktionalitäten) das Gemeinwohl in ganz Europa um ca. € 1,0-1,7 Mrd./Jahr<sup>2</sup> bis zum Jahr 2040 steigern könnte. Darüber hinaus reduzieren die höheren Inter-

<sup>2</sup> Bitte beachten Sie, dass diese Ergebnisse europaweit angegeben sind und lokale Vorteile abweichen können.

## Steigende Offshore-Windkraft-Kapazitäten bei den Nordseeanrainerstaaten reduzieren Strompreise und Emissionen bei verbesserter Systemintegration erneuerbarer Energien.

konnektoren-Niveaus die Menge der notwendigen abrufbaren (fossilen) Leistung und führen damit bei einem 24 GW- Verteilkreuz zu einer Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 4 % für den Stromsektor für ganz Europa bis 2040.

Eine unabhängige CBA-Analyse wurde von ENTSO-E für die NSWPH-TYNDP-Einreichung durchgeführt. Diese Analyse ergab ferner positive gesellschaftliche Vorteile aus dem Windenergie-Verteilkreuzkonzept und der durch die Infrastruktur unterstützten zusätzlichen Offshore Windkapazität. Auch wenn die Ergebnisse aus dem TYNDP und der eigenen Analyse des Konsortiums aufgrund des Bewertungsansatzes nicht direkt vergleichbar sind, stützen sie doch die Belastbarkeit der Schlussfolgerung, dass das NSWPH signifikante gesellschaftliche Vorteile bietet.

Ein grober Vergleich, bei dem diese Vorteile mit den direkt mit der Infrastruktur verbundenen Kosten kombiniert wurden kam zu dem Ergebnis, dass der Wert des Windenergie-Verteilkreuz-Projekts gegenüber einer Referenz ohne Verteilkreuz zwischen € 15-20 Mrd. liegt<sup>3</sup>. In einer Situation, in der das Onshore-Netz nach 2030 (z. B. aufgrund von Verzögerungen beim Netzausbau an Land) beschränkt wäre, könnten die jährlichen Vorteile für ein 24 GW-Verteilkreuz um ca. 25 % gegenüber einer Referenz, bei welcher das Onshore-Netz weiter ausgebaut wird, steigen.

Es ist anzumerken, dass die derzeitigen Rahmenbedingungen für eine Kostenersparnis Grenzen unterworfen

sind, da sie ausschließlich projektorientiert und nicht in der Lage sind, den vollen Wert von Hybridprojekten (Windparkanschluss und Interkonnektoren-Funktionalität) und/oder stark sektorengekoppelten Projekten zu erfassen. Eine Neubewertung dieser Rahmenbedingungen ist für die Unterstützung der Entwicklung dieser Projekttypen unverzichtbar; dies wird ausführlicher im Konzeptpapier 5 diskutiert.

Bei der Abkehr von abrufbaren (und lastfolgenden) Stromquellen ist es von entscheidender Bedeutung, die Versorgungssicherheit im Energiesystem zu gewährleisten. Das Windenergie-Verteilkreuz-Konzept gewährleistet die wirtschaftliche Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit durch eine integrierte Strom- und Gasinfrastruktur (durch P2X<sup>4</sup>-Umwandlung), das beispielsweise Wasserstoff oder andere synthetische Brennstoffe produzieren kann, wenn (lokale) Stromüberschüsse auftreten. Die bestehende Gas-Infrastruktur (Gasspeicheranlagen, Pipelines und Kompressoren) kann zur Speicherung und Übertragung von Wasserstoff genutzt werden und die Dekarbonisierung in Endnutzungssektoren wie dem Industrie- und Verkehrssektor fördern. Wasserstoff kann zurück in Strom umgewandelt werden, wenn Engpässe auftreten. Ein weiterer Vorteil der P2X-Umwandlung ist es, dass sie das Potenzial besitzt, die Energieimport-Abhängigkeit der EU zu reduzieren, da P2X (dekarbonisierte) synthetische Brennstoffe und Ausgangsbrennstoffe für die Industrie zur Verfügung stellen kann.

Im Rahmen der Untersuchung des Flexibilitätsbedarfs und der potenziellen Rolle von Wasserstoff als Flexibilitätsanbieter führt das Konsortium derzeit mehrere Erkundungsstudien durch.

- Zur Beurteilung der potenziellen Rolle von Wasserstoff als Flexibilitätsanbieter für das Stromsystem in den Jahren 2040 und 2050 für die Nordseeanrainerstaaten wurde der Flexibilitätsbedarf den in einer 2030-Stromnetztopologie zugeordneten

<sup>3</sup> Grober sozioökonomischer Kapitalwert bei einem Abzinsungssatz von 4 %, ohne Steuern, Abschreibungen oder sonstige (unternehmerische) Finanzierung. Beurteilt wurden Fälle mit 12 bis 24 GW-Verteilkreuzen mit einer Onshore-Netzkapazität entsprechend dem ENTSO-E GCA2040-Szenario.

<sup>4</sup> P2X beinhaltet dabei Power-to-Gas (insbes. H<sub>2</sub> und Methan) und andere Alternativen (Treibstoffe, Biomasse, Lebensmittel, Sauerstoff, Abwärme etc.)



Angebots- und Bedarfsdaten entnommen (als pragmatischer Worst Case-Testfall). Die Daten orientieren sich an dem TYNDP 2018 Global Climate Action-Szenario von ENTSO-E (2040 und extrapoliert, um 2050 ebenfalls einzubeziehen) ausgerichtet. Der identifizierte Bedarf wurde sodann mit Flexibilitätsoptionen abgeglichen, die zeigen, wie Flexibilitätsoptionen Angebot und Bedarf ausgleichen, mit einem zunehmenden Anteil der Erzeugung variabler erneuerbarer Energien bis 2050. Ergänzend zu kurzfristigen Flexibilitätsoptionen wie z. B. Bedarfsdeckung und Batteriespeicherung, kam die Studie zu dem Ergebnis, dass Wasserstoffkraftwerke (sowohl OCGT als auch CCGT) für das Angebot langfristiger und saisonabhängiger Flexibilität eine wertvolle Rolle spielen können. Gasbetriebene Kraftwerke mit CCS wurden als wichtige Hauptwettbewerber im Fall höherer Volllaststundenanforderungen für die jeweilige Flexibilitätsoption identifiziert. Das Potenzial, Wasserstoff aus überschüssiger Stromerzeugung zu gewinnen, ist nach den Feststellungen abhängig von dem zur Bewältigung des Überschusses an variablen erneuerbaren Energien notwendigen Flexibilitätsbedarf - neben der bedarfsorientierten Deckung und der kurzfristigen Speicherung - sowie von der relativen Marktposition gegenüber anderen (Wasserstoff-)Ressourcen.

- Weitere Arbeitsergebnisse des Konsortiums zeigen, dass auf der Grundlage langfristiger (2050) Energieszenarien der Übergang von einem weitgehend auf fossilen Brennstoffen basierenden auf einen überwiegend auf erneuerbaren Energien basierenden Stromerzeugungsmix eine signifikante saisonale Speicherung (ca. 100 - 140 TWh) für die Nordseeanrainerstaaten erfordert. Und dass der großflächige Ausbau der Offshore-Windkraftanlagen in der Nordsee und die Abschaltung der Erzeugungskapazitäten auf Basis fossiler Brennstoffe den Transport von ca. 25 % der erzeugten Offshore-Windenergie ins Inland über die Küstenregionen hinaus impliziert. In Küstenregionen kann die Strom-in-Gas-Umwandlung eingesetzt werden,

damit ab dort verstärkt auch Gas als Energieträger in die verbrauchsstarken Regionen im Landesinneren transportiert werden kann. Dadurch können Engpässe im Stromübertragungsnetz überwunden. Die damit gewonnene Variabilität bei erneuerbaren Energien kann Abregelungen und Beschränkungen aufgrund von Übertragungsengpässen im Stromnetz verringern und sie unterstützt die Anpassungsfähigkeit der Energieübertragungssysteme. Auch die Entwicklung von Synergien zwischen Offshore-Windenergie und der Erzeugung von Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien in großen Industrieanlagen an der Küste könnte die Systemintegration großer Offshore-Windenergiekapazitäten unterstützen und durch einen flexiblen Wechsel zwischen Stromerzeugungs- und Stromverbrauchsmodus die Überlastung des Stromübertragungsnetzes reduzieren. Das Konsortium wird weitere Analysen ansetzen, um Kosten und Nutzen einer weiteren Sektoren- Kopplung zwischen dem Strom- und dem Gasnetz (Wasserstoff) im Zusammenhang mit der Integration von Offshore-Windkraft in der Nordsee in großem Maßstab zu quantifizieren.

### Weitere Auswirkungen

Dem Konsortium ist bewusst, dass der umfangreiche Rollout von Offshore Wind in der Nordsee - wie im Pariser Klimaabkommen vorgesehen - Auswirkungen auf die Umwelt haben wird. Es ist von entscheidender Bedeutung, negative Umweltauswirkungen so weit wie möglich zu reduzieren oder sogar Vorteile zu schaffen und gleichzeitig das Erreichen der Klimaziele sicherzustellen. Ein international koordinierter Ansatz bietet die Möglichkeit, sich mit internationalen Nichtregierungsorganisationen (NRO) zusammenzuschließen, um die bestmögliche Lösung für ein modulares Windenergie-Verteilkreuz-Konzept zu entwickeln und so einen großflächigen Ausbau der Offshore-Windenergie in der Nordsee bei gleichzeitiger Minimierung der Umweltauswirkungen zu realisieren.

**Ein international koordinierter Ansatz bietet die Möglichkeit, sich mit internationalen NRO zusammenzuschliessen, um die bestmögliche Lösung für ein modulares Windenergie-Verteilkreuz-Konzept zu entwickeln**

**Die Analyse hat Einblicke in die Vorteile des Konzeptes ermöglicht; um den konkreten Nutzen einzelner Projekte zu bewerten, ist jedoch eine langfristige Betrachtung erforderlich**

Die Bewertung durch das Konsortium hat die technische Durchführbarkeit und wirtschaftliche Plausibilität des Windenergie-Verteilkreuz-Konzeptes nachgewiesen. Um die spezifischen Treiber der Werte einzelner Projekte beurteilen zu können, wird mehr

Klarheit über die längerfristigen Ziele bei erneuerbaren Energien, Raumplanung und Netzplanung durch politische Entscheidungsträger benötigt. In Anbetracht dieser Randbedingungen sollte ein stabiler und integraler Bewertungsrahmen entwickelt werden, der genutzt werden kann, jedes einzelne Projekt im Hinblick darauf zu beurteilen, wie die gesellschaftlichen Vorteile optimiert werden können. Darüber hinaus ist es unerlässlich, die Debatte über praktische Fragen, einschließlich im Hinblick auf die Verteilung von Kosten/Vorteilen/Risiken des Ausbaus von Offshore-Windenergie und der Übertragungsinfrastrukturentwicklung sowie die Eigentümermodelle für spezifische Komponenten des Windenergie-Verteilkreuz-Konzeptes voranzutreiben. Das Konsortium führt die Überprüfung seiner Studienannahmen gemeinsam mit Stakeholdern fort, um die weitere Gültigkeit der Schlussfolgerungen zur techno-ökonomischen Durchführbarkeit zu gewährleisten.

## Quellen

- <sup>i</sup> Energiezahlen 2019. UK Offshore-Windkapazitätsfaktoren. <http://energynumbers.info/uk-offshore-wind-capacity-factors>. Capacity factors also align with consortium studies.
- <sup>ii</sup> ENTSOE, 2019. Transparenzplattform. <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>
- <sup>iii</sup> Roland Berger für die Europäische Kommission, 2019. Kosteneffizienter Offshore-Ausbau durch Hybridprojekte. [https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/59165f6d-802e-11e9-9f05-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-98244663\\_p133](https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/59165f6d-802e-11e9-9f05-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-98244663_p133)
- <sup>iv</sup> Roland Berger, 2018. NSWPH im Kontext der Studie zu Offshore-Energieclustern in der Nordsee. <https://northseawindpowerhub.eu/wp-content/uploads/2018/11/Presentation-Roland-Berger.pdf>, p6
- <sup>v</sup> Witteveen + Bos & ECN/TNO, 2018. Cost Evaluation of North Sea Offshore Wind Post 2030 (Kostenanalyse für Offshore-Wind in der Nordsee nach 2030). <https://northseawindpowerhub.eu/wp-content/uploads/2019/02/112522-19-001.830-rapd-report-Cost-Evaluation-of-North-Sea-Offshore-Wind....pdf>  
S. 79, Roland Berger, 2018. NSWPH im Kontext der Studie zu Offshore-Energieclustern in der Nordsee.
- <sup>vii</sup> NSWPH, 2017. Modulares Windenergie-Verteilkreuz. <https://northseawindpowerhub.eu/wp-content/uploads/2017/11/Concept-Paper-2-Modular-Hub-Spoke.pdf>
- <sup>viii</sup> S. 5, Roland Berger, 2018. NSWPH im Kontext der Studie zu Offshore-Energieclustern in der Nordsee
- <sup>ix</sup> ENTSO-E, 2019. Projekt 335 - Windenergie-Verteilkreuz in der Nordsee. <https://tyndp.entsoe.eu/tyndp2018/projects/projects/335>



UNTERSTÜTZT DURCH  **Tennet**

**ENERGINET**



**gasunie**