

POWER - Fallstudie: Europäische Offshore-Windparks – Eine Untersuchung der Erkenntnisse und Erfahrungen von Offshore-Windpark- Projektentwicklern

Zusammenfassung



Projekt: POWER – Pushing Offshore Windenergy Regions
Auftraggeber: Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Hansestadt Bremen

Autoren:
Gerhard Gerdes (Deutsche WindGuard GmbH),
Albrecht Tiedemann (Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)),
drs. Sjoerd Zeelenberg (Universität Groningen, Fakultät für Raumordnung)

ZUSAMMENFASSUNG – ERKENNTNISSE UND ERFAHRUNGEN

Zweck der Fallstudie zu europäischen Offshore-Windparks ist es, Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Projektierung und Errichtung von acht belgischen, dänischen, deutschen, britischen und niederländischen Offshore-Windparks zusammenzutragen und zu bewerten. Ihr Hauptziel besteht darin, für künftige Windparkprojekte Daten zu gewinnen und Empfehlungen zu formulieren. Die Ergebnisse sollen Projektentwicklern, Planern und Betreibern sowie den nationalen und europäischen Behörden zur Verfügung gestellt werden.

Die Forschungsarbeiten wurden gemeinsam von der Deutschen WindGuard GmbH, der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) und der Universität Groningen (Fakultät für Raumordnung) geleistet. Sie bilden ein Teilprojekt des von der EU geförderten POWER-Projekts („Pushing Offshore Wind Energy Region“). Durchgeführt wurde die Fallstudie im Auftrag des Senators für Bau, Umwelt und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen.

Die Deutsche-Energie-Agentur untersuchte drei der acht Windparks (*Nysted* in Dänemark sowie *Scroby Sands* und *Greater Gabbard*, beide im Vereinigten Königreich), die Universität Groningen untersuchte den Windpark *Egmond aan Zee* und die Deutsche WindGuard GmbH die Windparks *Horns Rev* (Dänemark), *Borkum West* und *Butendiek* (beide Deutschland) sowie *Thornton Bank* (Belgien). Ausgewählt wurden diese Projekte, weil sie eine große Spannweite von Untersuchungskriterien erfüllen: Sie sind bereits am Netz bzw. geplant, liegen in größerer bzw. geringerer Entfernung zur Küste und repräsentieren unterschiedliche nationale Gegebenheiten (Abb. 1).

Die Planung und der Bau von Offshore-Windparks unterscheidet sich deutlich von den Vorgängen bei Windparks an Land. Die Planungsprozesse bei Offshore-Windparks sind nahezu so komplex wie bei konventionellen Kraftwerken. Die Verbindung von Stromerzeugungs- und Offshore-Technologien ist vergleichsweise neu. Zur erfolgreichen Lösung der anstehenden neuen Aufgaben müssen Erfahrungen gesammelt werden.

Als Kernaussage in den Gesprächen und Erörterungen mit Offshore-Windpark-Projektentwicklern, den zuständigen Ministerien und den Technologiefirmen ergab sich, dass die Planungen für Beschaffung, Installation, Inbetriebnahme und Betrieb hohe Ansprüche an alle Beteiligten stellen und dass die Verfahren sich noch verbessern lassen. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst.

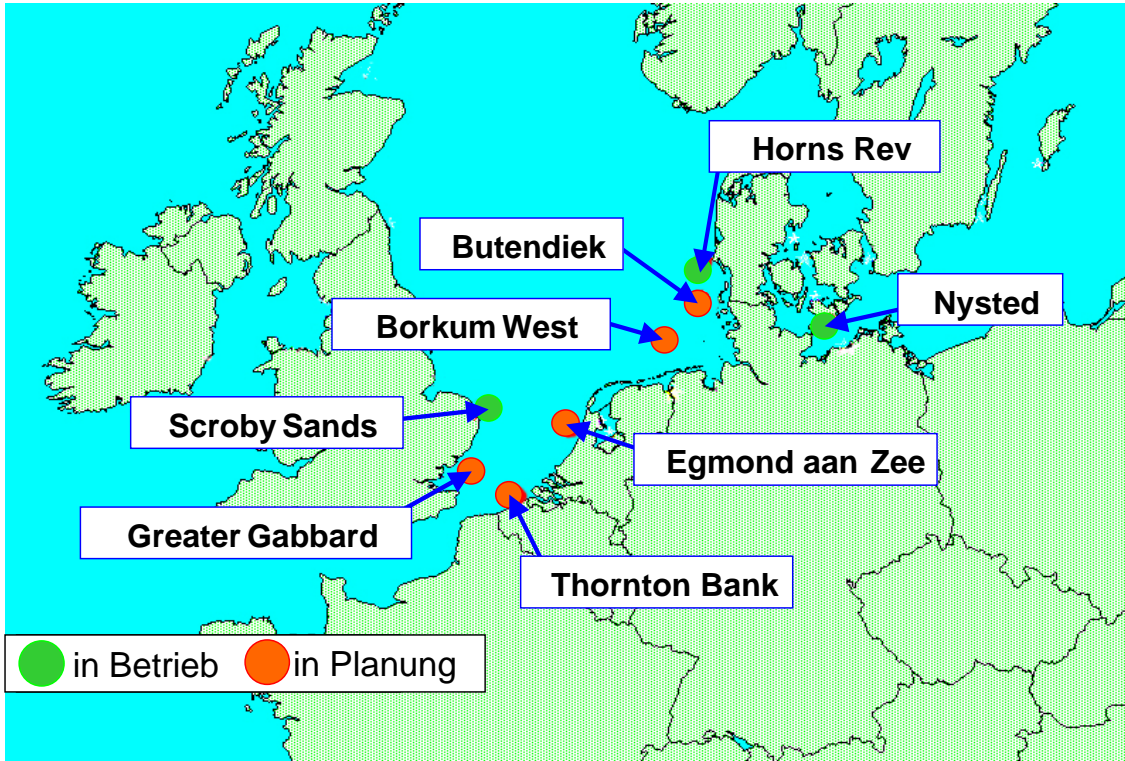


Abbildung 1: Standorte der untersuchten Offshore-Windparks

1. Hauptphasen der Planung und Realisierung von Offshore-Windparks

Anhand der gewonnenen Informationen lassen sich sieben Hauptphasen der Planung und Realisierung von Offshore-Windparks unterscheiden:

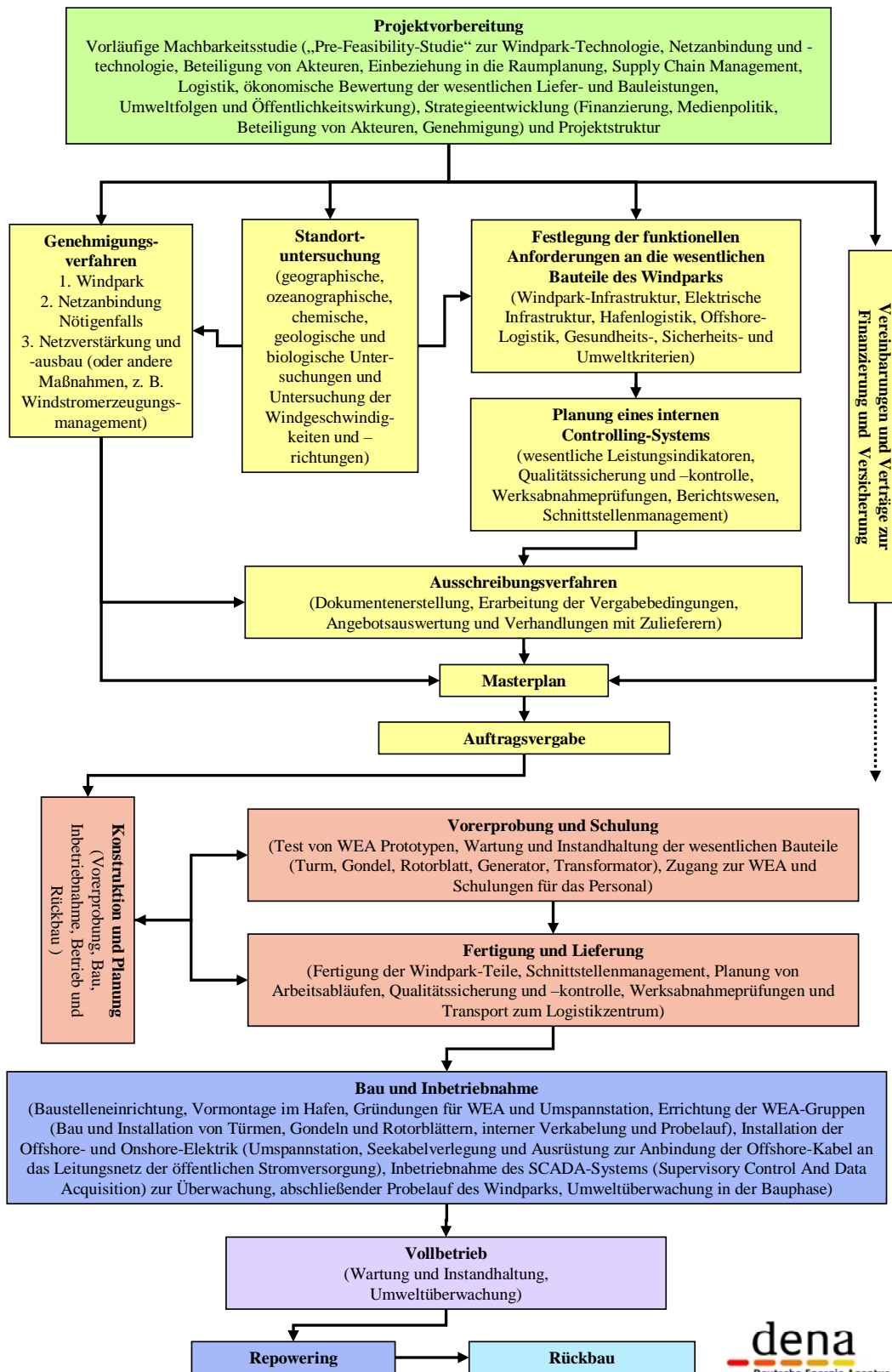
- o Projektvorbereitung,
- o detaillierte Projektplanung,
- o Konstruktion, Erprobung, Produktion und Lieferung,
- o Bau und Inbetriebnahme,
- o Vollbetrieb,
- o Repowering und
- o Rückbau.

Jede einzelne Phase besteht aus mehreren wichtigen Aufgabenpaketen, die in Tabelle 1 zusammengefasst sind. Ein erfolgreiches Projektmanagement muss diese Aufgabenpakete „erledigt“ haben. Die Arbeitsabläufe sind in Abbildung 2 als Fließbild systematisch dargestellt. Das Fließbild zeigt eine Übersicht über die Beziehungen zwischen den Hauptphasen. Es bildet eine der möglichen Vorgehensweisen zur Planung und Realisierung von Offshore-Windparks ab.

Tabelle 1: Wichtige Aufgabenpakete in den Hauptphasen der Planung und Realisierung von Offshore-Windparks

Projektvorbereitung	
<ul style="list-style-type: none"> o Vorläufige Machbarkeitsstudie („Pre-Feasibility-Studie“) (Windpark-Technologie, Netzanbindung und -technologie, Beteiligung von Akteuren, Einbeziehung in die Raumplanung, <i>Supply Chain Management</i>, Logistik, ökonomische Bewertung der wesentlichen Liefer- und Bauleistungen, Umweltfolgen und Öffentlichkeitswirkung) o Strategieentwicklung (Finanzierung, Medienpolitik, Beteiligung von Akteuren, Genehmigung) und Projektstruktur 	
Detaillierte Projektplanung	
Genehmigungsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> o Windpark o Netzanbindung o Nötigenfalls Netzverstärkung und -ausbau (oder entsprechende andere Maßnahmen, z. B. Windstrom-Erzeugungsmanagement)
Standortuntersuchung	Geographische, ozeanographische, chemische, geologische und biologische Untersuchungen und Untersuchung der Windgeschwindigkeiten und -richtungen
Festlegung der funktionellen Anforderungen an die wesentlichen Bauteile des Windparks	<ul style="list-style-type: none"> o Windpark-Infrastruktur o Elektrische Infrastruktur o Hafenlogistik o Offshore-Logistik o Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltkriterien
Planung eines internen Controlling-Systems, Masterplan	<ul style="list-style-type: none"> o Wesentliche Leistungsindikatoren o Qualitätssicherung und -kontrolle o Werksabnahmeprüfungen o Berichtswesen o Schnittstellenmanagement
Ausschreibungsverfahren	Dokumentenerstellung, Erarbeitung der Vergabebedingungen, Angebotsauswertung und Verhandlungen mit Zulieferern
Sonstiges	Masterplan (umfassender Plan, in dem das übergreifende Entwicklungskonzept des Projekts ausgearbeitet und beschrieben ist), Vereinbarungen und Verträge zur Finanzierung und Versicherung, Auftragsvergabe
Konstruktion, Erprobung, Produktion und Lieferung	
Konstruktion und Planung	<ul style="list-style-type: none"> o Vorerprobung o Bau o Inbetriebnahme o Betrieb und o Rückbau
Vorerprobung und Schulung	<ul style="list-style-type: none"> o Tests von Windenergieanlagen (WEA)-Prototypen o Wartung und Instandhaltung der wesentlichen Bauteile (Turm, Gondel, Rotorblatt, Generator, Transformator) o Zugang zur WEA und o Schulungen für das Personal
Fertigung und Lieferung	<ul style="list-style-type: none"> o Fertigung der Windpark-Teile o Schnittstellenmanagement und Planung von Arbeitsabläufen o Qualitätssicherung und -kontrolle o Werksabnahmeprüfungen und o Transport zum Logistikzentrum
Bau und Inbetriebnahme	
<ul style="list-style-type: none"> o Baustelleneinrichtung, Vormontage der Teile im Hafen, Gründungen für WEA und Umspannstation o Errichtung der WEA-Gruppen (Bau und Installation von Türmen, Gondeln und Rotorblättern, interner Verkabelung und Probelauf) o Installation der Offshore- und Onshore-Elektrik (Umspannstation, Seekabelverlegung und Ausrüstung zur Anbindung der Offshore-Kabel an das Leitungsnetz der öffentlichen Stromversorgung) o Inbetriebnahme des SCADA-Systems (Supervisory Control And Data Acquisition) zur Überwachung, abschließender Probelauf des Windparks, Umweltüberwachung in der Bauphase 	
Vollbetrieb	
<ul style="list-style-type: none"> o Wartung und Instandhaltung o Umweltüberwachung während des Betriebs 	
Repowering	Rückbau

Abbildung 2: Flussdiagramm zu den wesentlichen Aufgabenpaketen in den einzelnen Phasen der Planung und Realisierung von Offshore-Windparks



2. Projektvorbereitung, Projektplanung, -leitung und -genehmigung

Eine staatliche Raumplanung kann sich positiv auf den Auswahlprozess für geeignete Offshore-Windparkgebiete auswirken, weil konfliktträchtige Gebiete von Beginn an ausgeklammert und die am ehesten geeigneten Gebiete ausgewiesen werden. Ein Screening-Prozess kann helfen, potenzielle Konflikte frühzeitig zu begrenzen.

Andererseits lässt sich feststellen, dass sich eine direkte Regierungsbeteiligung bei der Standortwahl für Offshore-Windparks auch nachteilig auswirken kann, wenn Genehmigungsvoraussetzungen und -verfahren nicht mit einem gewissen Maß an Flexibilität gehandhabt werden. Bei zu früh festgelegten Kriterien für die Standortwahl und die Technologie ist eine abschließende technische Projektoptimierung, d.h. eine optimale Nutzung der verfügbaren Fläche durch optimierte Anlagenauslegung und -technologie, nicht mehr möglich. Zu früh festgelegte Details können durch neue technologische Entwicklungen überholt werden.

Kennzeichnend für die ersten Offshore-Windenergieprojekte ist ein häufig schrittweise durchgeführtes Planungsverfahren gewesen. Notwendige Arbeitsschritte wurden seriell bearbeitet. Mit zunehmender Erfahrung ist jedoch zu erwarten, dass ein wachsender Anteil der Planungs- und Genehmigungsphasen parallel bearbeitet wird. Dadurch werden Planung und Realisierung beschleunigt. Insbesondere lassen sich Planungsschritte für Arbeitspakete an Land und auf See parallel ausführen.

Ein wesentlicher Vorteil in der Genehmigungsphase ist es, wenn das gesamte Genehmigungsverfahren in die Zuständigkeit nur *einer* Genehmigungsbehörde fällt. Bei mangelnder Koordination bzw. Bündelung der Zuständigkeiten in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) und im Küstenmeer würden unterschiedliche Behörden mit der Genehmigung für die Netzanbindung und die Offshore-Windparks befasst. Dies führt zu zeitraubenden und kostspieligen Verfahren, die man indes reibungsloser gestalten kann.

Mit der Beteiligung der Träger öffentlicher Belange sowie einer geeigneten Medienstrategie lassen sich zahlreiche mögliche Konflikte vermeiden und somit Widerstände gegen Projekte von vornherein vermindern. Die Beteiligung sämtlicher betroffener Akteure verdient in der Phase der Projektplanung hohe Priorität.

Aus den realisierten Projekten wurden zwei Haupthindernisse bei der Projektplanung und -realisierung deutlich. Einerseits mangelte es den beteiligten Behörden beziehungsweise den Projektentwicklern an Erfahrung. Andererseits wurden die Zeiten für die Projektplanung – genauer die Ausschreibung – unterschätzt.

Empfehlungen:

- o Die im Rahmen eines Screening-Prozesses von den Behörden getroffene Vorauswahl von Standorten bietet für das Genehmigungsverfahren einen großen Vorzug: Sie trägt dazu bei, Konflikte sowie unnötigen Aufwand bei Genehmigungen und Standortuntersuchungen zu vermeiden. Außerdem lässt sich so der Genehmigungsprozess beschleunigen und eine größere Planungssicherheit für den Projektentwickler erzielen.
- o Die Genehmigung sollte dem Projektentwickler größtmögliche Flexibilität bei der Entscheidung darüber einräumen, welche Technologie und Anlagengröße eingesetzt wird.
- o In der Phase der detaillierten Projektplanung sollten verschiedene Aufgabenpakete parallel bearbeitet werden, um die Voraussetzungen für das Ausschreibungsverfahren und die Auftragsvergabe zu schaffen. Parallel betrieben werden sollte das Genehmigungsverfahren, die Standortuntersuchung und die Festlegungen der funktionellen Anforderungen wichtiger Teile des Windparks.
- o Vor dem Hintergrund der positiven Erfahrungen mit dem Nysted-Offshore-Windpark sollten bei der Projektplanung die folgenden Aufgabenpakete berücksichtigt werden: Vorerprobung eines Windenergieanlagen(WEA)-Prototypen, Testlauf für Wartung und Instandhaltung der wesentlichen Teile der WEA – Turm, Gondel, Rotorblatt, Generator und Transformator –, Erprobung des Zugangs zur

WEA und Schulungen für das Personal. Diese Aufgaben sollten vor dem eigentlichen Produktionsbeginn der Anlagenteile abgeschlossen sein.

- o Die Bestimmung einer einzelnen federführenden Behörde für den gesamten Genehmigungsprozess ist sowohl für die Planungsbehörden als auch für die Projektentwickler von großer Bedeutung. So wird das Verfahren möglichst zügig gestaltet. Zahlreiche Unstimmigkeiten und ein beträchtlicher organisatorischer Aufwand werden reduziert. Einer der wichtigsten Vorzüge ist, dass sowohl für die AWZ und die 12-Seemeilen-Zone als auch für die Onshore-Netzanbindung und Kabeltrassen nur ein einziges Genehmigungsverfahren erforderlich ist. Die Bündelung der verschiedenen Genehmigungen in einer Hand wird ausdrücklich empfohlen.
- o Ein staatlicher Screening-Prozess wie in Dänemark erleichtert die Wahl eines geeigneten Offshore-Standorts. Konflikte mit Umwelt- und Naturschutzbelangen sowie anderen konkurrierenden Nutzungsinteressen können klein gehalten werden. Gleichzeitig bietet der Prozess ein hohes Maß an Planungssicherheit für den Projektentwickler.
- o Eine professionelle Medienstrategie trägt zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für Offshore-Windparks im Allgemeinen wie auch für spezielle Projekte bei. Um die Akzeptanz in der Bevölkerung zu verbessern, sind – insbesondere im Hinblick auf Tourismus und ökologische Auswirkungen – Medienkampagnen sinnvoll.
- o Für viele Offshore-Windparkprojekte können optimierte Medienstrategien entwickelt werden. Internetseiten, Informationszentren, Newsletter und Presseinformationen tragen zur Schaffung eines positiven Images bei.

3. Beschaffung und Auftragsvergabe

Entweder wird der Windpark als „schlüsselfertige“ Komplettbauleistung (mit Generalunternehmervertrag) in Auftrag gegeben, oder der Projektentwickler oder Betreiber vergibt mehrere Teilaufträge (Teilbauleistungen). Im ersten Fall ist der Generalunternehmer der einzige Auftragnehmer des Windparkbetreibers. Er trägt sämtliche Risiken und übernimmt alle Gewährleistungsansprüche. Er vergibt Aufträge an verschiedene Subunternehmer und ist bestrebt, Risiken und Zusicherungen an diese zu übertragen. Da die Offshore-Windenergiebranche sich immer noch relativ großen Unsicherheiten beim Anlagenbau gegenüber sieht (vor allem witterungsbedingt), sind die kumulierten Risiken vergleichsweise hoch.

Vergibt der Betreiber Teilaufträge für einzelne Bauabschnitte, sind die Risiken der einzelnen Abschnitte zwar dieselben wie im ersten Falle. In diesem Fall muss kein Auftragnehmer das kumulierte Risiko finanzieren. Allerdings muss der Betreiber in der Lage sein, ein umfassendes Risikomanagement aufzubauen. Nicht alle Betreiber konnten dieses realisieren und mussten auf externe Fachkenntnisse zurückgreifen bzw. waren auf die Beauftragung eines Generalunternehmers angewiesen.

Die gesamte Installation eines Offshore-Windparks muss in verschiedene Einzelschritte gegliedert werden – von der Fertigung der einzelnen Windenergieanlagen bis zur Inbetriebnahme. Eine Übersicht über den Gesamttablauf bietet Abbildung 3. Um die Baukosten zu senken, sollten die Übergänge zwischen den verschiedenen Projektphasen – von der Fertigung bis zur Inbetriebnahme – möglichst klar abgrenzbar sein. Jede dieser „Schnittstellen“ (Interfaces) zwischen Projektphasen führt zu einem zusätzlichen Aufwand (Dokumentation, Kontrollen, Versicherungen, Schadenermittlung und Schadensklärung etc.). Zur Kostenbegrenzung könnte dieser Prozess vom ersten Transport über die Montage im Hafen bis zur Installation auf See von einem einzigen Unternehmen durchgeführt werden.

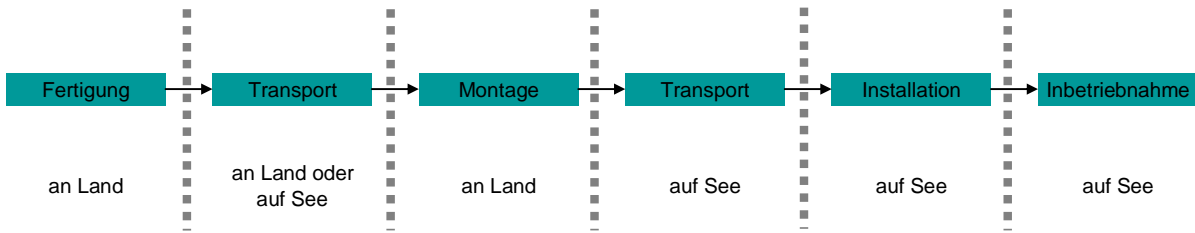


Abbildung-3: Einzelschritte der Installation von Offshore-Windparks, vom Fertigungsbeginn bis zur Inbetriebnahme. Es kann ein Schnittstellen-Management erforderlich sein.

Empfehlungen:

- o Den zahlreichen im Rahmen dieser Studie geführten Gesprächen zufolge könnten sich wirtschaftliche Vorteile ergeben, wenn Teilaufträge für Leistungen zur Realisierung von Offshore-Windparks vergeben werden. Da ein Generalunternehmer bei Komplettbauleistungen das gesamte Risiko des Baus tragen muss (die durch Schlechtwetter bedingten Schwierigkeiten eingeschlossen), zieht die nötige Risikodeckung einen bis zu 20% höheren Verkaufspreis nach sich. Somit ergäben sich durch Vertragskonstruktionen für Teilleistungen deutliche finanzielle Vorteile für den Projektentwickler. Andererseits muss der Entwickler in der Lage sein, die gesamte Beschaffung, Installation und Inbetriebnahme zu kontrollieren und zu leiten sowie die wetterbedingten Risiken zu übernehmen und sich an den ggf. resultierenden Mehrkosten zu beteiligen. Um die wichtige Frage zu klären, welches der Modelle unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit zu bevorzugen ist, sollten weitere Evaluierungs- und Forschungsarbeiten unternommen werden.
- o Bei Teilbauleistungen muss der Entwickler bereits bei der Planung und Installation aller wesentlichen Teile des Projekts (die Verstärkung des Onshore-Übertragungsnetzes eingeschlossen) über ausreichend qualifiziertes Personal verfügen. Das Ausschreibungsverfahren erfordert eine besonders detaillierte Leistungsbeschreibung und eine ebenso gründliche Auswertung. Der Entwickler muss sämtliche „Schnittstellen“ zwischen den verschiedenen Aufgabenpaketen und Bauteilen kontrollieren können. Die Planungsprozesse und Qualitätskontrollen der Auftragnehmer müssen dem Auftraggeber zugänglich sein. Eine ausgezeichnete Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer ist für den Projekterfolg entscheidend.

4. Installation und Netzanbindung

Die ersten in Dänemark realisierten Projekte zeigten die Notwendigkeit, die Abläufe in der Onshore- und Offshore-Logistik gründlich zu reorganisieren. Mit Offshore-Arbeiten erfahrene Unternehmen waren in der Lage, ihre Arbeiten professionell zu planen, vorzubereiten und durchzuführen. Die Onshore-Logistik, angefangen beim Transport vom Hersteller zur Montage im Hafen bis zur Verladung, erwies sich als viel komplexer als erwartet.

Aufbauend auf den Erfahrungen aus realisierten Projekten zeigt sich, dass es unbedingt notwendig ist, Teile und komplette Windenergieanlagen vorab zu testen. Im Vergleich zu Arbeiten an Land erwiesen sich Verbesserungen und Reparaturen, die auf See an bereits installierten WEA durchzuführen sind, als bis zu fünfmal kostenintensiver. Werksabnahmeprüfungen sollten daher sehr umfassend sein – sie sind für Auftraggeber und Zulieferer unverzichtbar.

Der Anlagenhersteller sollte sowohl Prototypen von Rotorblatt und WEA als auch ein Modell des unteren Turmsegments vorab testen; Hersteller und Projektentwickler sollten die Testverfahren bereits bei den Vertragsverhandlungen vereinbaren.

Besondere Beachtung verdient die Verlegung von Kabeln für die Netzanbindung. Die Seekabelverlegung ist eine für die Telekommunikation bereits weit verbreitete Technologie. Weniger Erfahrungen wurden bisher mit der Verlegung von Höchstspannungskabeln gemacht. Höchstspannungskabel und Telekommunikationskabel besitzen sehr unterschiedliche Eigenschaften: Erstere sind meist viel schwerer, steifer und größer im Durchmesser.

Die Seekabelverlegung für Offshore-Windparks hat sich als sehr zeitaufwändig erwiesen, wobei die nötigen Taucheinsätze durch die starke Gezeitenströmung beschränkt werden. Auch sollte das Wetterfenster für die Kabelverlegung und Inbetriebnahme mit großem zeitlichem Vorlauf in die Planung einbezogen und dabei die Möglichkeit von sommerlichen Schlechtwetterlagen berücksichtigt werden.

Die Onshore-Hafenlogistik zu unterschätzen ist ein in der Projektplanung häufig gemachter und schwerwiegender Fehler. Bei den ersten Offshore-Windparkplanungen wurde die Größe der notwendigen Montagefläche im Hafen je Windenergieanlage unterschätzt. Teilweise musste die Montagefläche noch im Projektverlauf vergrößert werden. Tabelle 2 enthält einige Grunddaten zum Platzbedarf. Bei den untersuchten Windparks hat sich die durchschnittliche Brutto-Bauzeit pro Windenergieanlage kaum verringert – beispielsweise weist der als erstes gebaute Windpark Horns Rev bereits dieselben Zahlen wie die später gebauten Windparks auf.

Bei der Planung der Onshore-Logistik muss berücksichtigt werden, dass der Bau von Windparks im Vergleich zu langfristigen Aktivitäten wie Container-Versand oder anderen fortlaufenden Geschäften der maritimen Wirtschaft bisher von nur sekundärer Bedeutung ist. Insgesamt setzt die Organisation der Hafenlogistik eine erfahrene Projektleitung voraus. Sie sollte rechtzeitig begonnen und nicht unterschätzt werden.

Tabelle 2: Bau von Offshore-Windparks (WP Nr. 4 ist noch nicht gebaut)

		1	2	3	4
Windpark		Horns Rev	Nysted	Scroby Sands	Egmond aan Zee
Anzahl WEA	[–]	80	72	30	36
Hafenseitig verfügbare Montagefläche	[m²]	15.000	64.000	30.000	30.000
Zeitrahen insgesamt	[Tage]	126	90	60	60
Vorgegebene Installationszeit	[Tage]	105	81	55	55–90
Transportzeit, eine Strecke	[Stunden]	3	17	3	
Brutto-Installationszeit pro WEA	[Tage / WEA]	1,09	1,1	1,0	
Anzahl Montageschiffe		2	1	1	
tatsächlich erforderliche Zeit zur Installation	[Tage]	87,2	79,2	30	

Tabelle 3: Zusammenfassende Darstellung der acht untersuchten Offshore-Windparks

		1	2	3	4	5	6	7	8
Windpark		Egmond aan Zee	Thornton Bank	Borkum West	Butendiek	Greater Gabbard	Horns Rev	Nysted	Scroby Sands
		Niederlande	Belgien	Deutschland	Deutschland	GB	Dänemark	Dänemark	GB
Anzahl WEA	[-]	36	6 / 24 / 60***	12 / 208	80	140	80	72	30
Anlagenleistung	[MW]	3	3,6	5	3	3,6	2	2,3	2
Windparkleistung	[MW]	108	21,6 / 120 / 300	60 / 1000	240	500	160	165,6	60
Anlagenhersteller	[-]	Vestas *	N.N.	N.N.	Vestas *	N.N.	Vestas	Bonus	Vestas
Erwartete jährliche Produktionskapazität	[GWh/a]	345	986	260 / 4300		1750	600	480	171
Planungsbeginn	[-]	2000-'02	2002	1999	2000		1998-'99	1998-'99	1993
Aufnahme des Betriebs	[-]	2006*	2007*	2003* / 2010*	2008*	2009*	2003	2003	2004
Küstenentfernung	[km]	10-18	27-30	45	34	23	14-20	9	3
Wassertiefe	[m]	15-20	30	30	16-20	2,4-10	6-14	6-9.5	3-12
Investitionskosten	[Mio. €]	200	100 / / 500	138	420		238	250	116
Spezifische Investitionskosten	[€/kW]		4630 / 1667** (3472 / 1583)	2300	1750-2000		1488	1510	1941
Subventionen	[Mio. €]	27	30% Netzkosten, max. 25	-	-	-	Netzkosten gedeckt	Netzkosten gedeckt	-
Einspeisevergütung	[€ct./kWh]	9,7 + eigentlicher Strompreis	10,7 + eigentlicher Strompreis	9,1 für 14 Jahre 6,19 Rest	9,1 für 12 Jahre 6,19 Rest		5,77 für 11 Jahre		Re

* geplant

** ohne und mit Subventionen

*** unterschiedliche Ausbauphasen

Die Daten in Tabelle 2 wurden anhand der drei bereits gebauten und eines geplanten Windparks gewonnen. In der Regel wird für die Montage einer Windenergieanlage für den Offshore-Betrieb hafenseitig eine Fläche von 1000 m² pro WEA benötigt.

Nach den Erfahrungen der ausführenden Unternehmen sind nur 70% der Tage eines Jahres für die Errichtung einer Anlage der aufgeführten Offshore-Windparks geeignet. Bei weiter seewärts gelegenen Windparks – wie bei den meisten geplanten deutschen Projekten der Fall – kann dieser Anteil sogar bei nur 60% (also 219 Tagen) liegen. Aus den bisherigen Erfahrungen legte die Firma A2SEA die folgenden zulässigen Windhöchstgeschwindigkeiten für den Bau fest (die Hauptbauzeit liegt meist in den Abendstunden, wenn die Windgeschwindigkeiten nachlassen):

Bau/Installation von	Windgeschwindigkeitsbereich
Turm und Gondel	10–12 m/s
Rotorblatt	8–10 m/s

5. Wirtschaftlichkeit

Die Tabelle 3 fasst wirtschaftliche und technische Grunddaten zu den untersuchten Offshore-Windparkprojekten zusammen. Es konnten zur Veröffentlichung in dieser Studie nicht alle Zahlen zur Verfügung gestellt werden, sodass die Tabelle keine allgemeinen Aussagen zulässt. Durch die Unterschiede in den Investitionskosten, Subventionen, der Küstenentfernung, der Wassertiefe, den Subventionen für die Netzanbindung und den Einspeisevergütungen gestaltet sich ein wirtschaftlicher Vergleich der Offshore-Windparks schwierig. Die wirtschaftlichen Bedingungen der Parks sind sehr unterschiedlich. Insbesondere die hohen Netzanbindungskosten bei küstenfernen Standorten stellen ein Hemmnis dar. Sie können sich auf die Wirtschaftlichkeit insgesamt und somit auf die Entscheidung, ob ein küstenferner Offshore-Windpark in großer Wassertiefe realisiert werden soll, maßgeblich auswirken.

Die Gesamtzahl der derzeit realisierten Offshore-Windparks ist klein; ihre Kostensituation wird durch jeweils eigene und spezifische Faktoren beeinflusst. Technologische Veränderungen und neue Konzepte für Windenergieanlagen und für die Energieübertragung können sich auch deutlich auf die Kostensituation auswirken. Ferner werden bei einigen Projekten die Investitionskosten für die Netzanbindung vom Netzbetreiber oder vom Staat übernommen. Bei manchen Projekten fließen direkte staatliche Subventionen in die Projektüberwachung.

Empfehlungen:

- o Wichtig für die Wirtschaftlichkeit von Offshore-Windparks ist die Vermeidung von Offshore-Arbeiten, denn die Arbeitskosten im Werk verhalten sich zu denen im Hafen oder auf See wie etwa 1 : 3 : 5 und mehr – bis zu 10. Offshore-Arbeiten lassen sich durch gründlichere Tests vor der Serienfertigung von Windpark-Bauteilen vermeiden: Erprobung von Schulungen für das Personal, Tests von WEA-Prototypen sowie Probeläufe für Wartung und Instandhaltung der Hauptbestandteile (Maschinengondel, Rotorblatt, Generator, Getriebe, Transformator) und Erprobung des Zugangs zur WEA. Von einer kleineren Anzahl WEA wäre ein ausreichend langer Probetrieb zu demonstrieren (an Land und auf See).
- o Die Serienfertigung sollte von Werksabnahmeprüfungen sowie Qualitätssicherungs- und Kontrollmaßnahmen begleitet sein.
- o Die Grundvoraussetzung für die ersten Offshore-Windparks ist eine solide strukturierte finanzielle Unterstützung in Situationen, in denen es an grundlegenden Erfahrungen im Betrieb und der Finanzierung derartiger Projekte mangelt. Ist diese wesentliche Voraussetzung nicht erfüllt, kann sich die Realisierung stark verzögern oder schließlich sogar ganz scheitern. Die kommerzielle Nutzung der Offshore-Windenergie steckt noch in den Anfängen, daher bedarf die Branche stabiler Rahmenbedingungen zur Förderung ihrer Entwicklung.

6. Ausblick auf weitere Aktivitäten

Weitere Aktivitäten sollten sich auf Maßnahmen zur Kostensenkung und Effizienzsteigerung des gesamten Prozesses konzentrieren. Der Schwerpunkt sollte vor allem auf folgenden Aspekten liegen:

- o Stabile und förderliche Bedingungen für den Ausbau der Offshore-Windenergie,
- o Vor- und Nachteile von Generalunternehmer-Verträgen / Mehrfach-Vertragskonstruktionen,
- o Raumplanung für Windpark-Standorte und Kabeltrassen,
- o Abgestimmtes Genehmigungsverfahren für Windpark, Seekabel und Landkabel – nötigenfalls Ausbau/Verstärkung des Übertragungsnetzes an Land,
- o Ausgiebige Anlagentests und Auswertung der Tests vor der Serienproduktion; Qualitätskontrolle während der Produktion,
- o Leichte Erreichbarkeit eines Logistikzentrums von der See- und Landseite sowie ausreichende Flächen im Hafen sowie am Kai,
- o Generelle Vermeidung von Offshore-Arbeiten.

Der vollständige Bericht kann über die POWER-Internetseite heruntergeladen werden:

www.offshore-power.net

Bei Fragen zu der Zusammenfassung „Fallstudie: Europäische Offshore Windparks“ wenden Sie sich bitte an:

Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr

Michael Bürger

E: michael.buerger@umwelt.bremen.de, Tel.: +49 (0)421 36196819

oder

Universität Groningen:

Sjoerd Zeelenberg

E: s.zeelenberg@rug.nl, Tel: +31 (0)50 363 3885

ICBM, Universität Oldenburg, ist für dieses Aufgabenpaket verantwortlich und kann Fragen zu den weiteren Schritten und Entwicklungen in diesem Bereich beantworten:

Susanne Adam

E: adam@icbm.de, Tel: +49 (0)441 798 3623