

# WINDENERGIE AUF SEE



Mit der Nutzung der Windenergie auf dem Meer (Offshore-Windenergie) hat ein neues Zeitalter in der Energieversorgung begonnen.

## EIN MEILENSTEIN WIRD GESETZT – ATOMAUSSTIEG BIS 2022

Nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima im Frühjahr 2011 entscheidet die Bundesregierung, Atomenergie bis zum Jahr 2022 komplett durch andere Energieformen zu ersetzen. Damit steht Deutschland vor dem Jahrhundertprojekt Energiewende.

## DAS KANN DIE OFFSHORE-WINDENERGIE BEITRAGEN

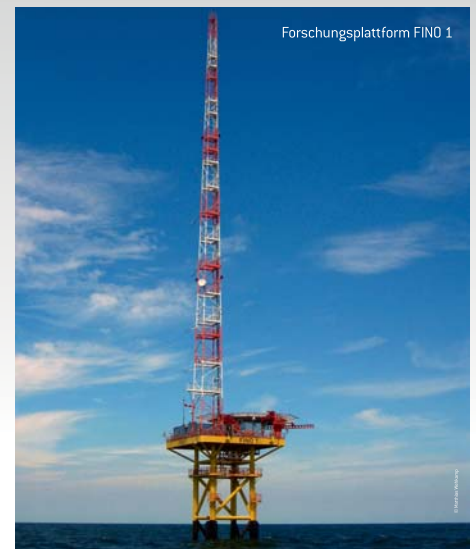
Windparks in Nord- und Ostsee liefern rund um die Uhr Strom und tragen daher einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und somit zur umweltfreundlichen Energieversorgung in Deutschland bei. Dies ist und wird ein Kraftakt, denn hierzulande werden die Windparks weit (teils > 100 km) vor den Küsten errichtet. Bis 2020 sollen sich Anlagen mit einer Gesamtleistung von etwa 6.500 Megawatt (MW) vor Deutschlands Küsten drehen. Bis 2030 sollen es 15.000 MW werden. Diese werden ungefähr so viel Strom erzeugen wie 15 Kohlekraftwerke – nur, dass Windstrom CO<sub>2</sub>-frei und somit klimafreundlich ist. Der saubere Strom vom Meer wird dann rund 10 Prozent der gesamten Stromerzeugung ausmachen.



Montage eines Rotorsterns im Windpark „alpha ventus“

## ANFÄNGE DER OFFSHORE-WINDENERGIE IN DEUTSCHLAND

- 1999** Erster Antrag auf Errichtung eines Offshore-Windparks in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ: Das Meeresgebiet seawärts des Küstenmeeres ab 12 Seemeilen bis maximal zur 200-Seemeilen-Grenze, 1 Seemeile = 1,852 Kilometer).
- 2001** Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie erteilte die erste Genehmigung.
- 2002** Die Bundesregierung verabschiedete das „Strategiepapier zur Nutzung der Windenergie auf See“ mit dem Ziel bis 2025 bzw. 2030 etwa 20.000 bis 30.000 Megawatt Strom im Meer zu produzieren.
- 2003** Die Forschungsplattform **FINO 1** wurde in der Nordsee installiert.
- 2005** Teilnehmer der 4. Nationalen Maritimen Konferenz sprachen sich für den Bau eines Offshore-Testfeldes aus. Daraufhin wurde die Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE mit Unterstützung des Bundesumweltministeriums gegründet. Beteiligt waren auch die Küstenländer und Unternehmen der Offshore-Windenergie Branche.
- 2006** Energiegipfel im Kanzleramt: Die drei Energieversorger EWE, E.ON und Vattenfall sicherten den Bau des Offshore-Testfeldes „**alpha ventus**“ zu.
- 2008** Baubeginn des Testfelds „alpha ventus“ in der Nordsee. Start der Forschungsinitiative „Research at alpha ventus“.



Forschungsplattform FINO 1

**2010** Zubau: 60 MW  
Gesamtleistung: **72 MW**

Inbetriebnahme des ersten deutschen Offshore-Windparks **alpha ventus** mit 12 Anlagen zu je 5 MW. Das Investitionsvolumen betrug 250 Mio. Euro. Das Projekt wurde vom Bundesumweltministerium und von der EU gefördert.

Baubeginn der ersten kommerziellen Offshore-Windparks **Baltic 1** in der Ostsee und **BARD 1** in der Nordsee.



**2011** Zubau: 48,3 MW  
Gesamtleistung: **120,3 MW**

Inbetriebnahme von **Baltic 1**, dem ersten kommerziellen Windpark in Deutschland, 16 km vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns, nördlich der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst.

Der Windpark wurde am 2. Mai 2011 offiziell in Betrieb genommen und besteht aus 21 Windenergieanlagen mit einer Leistung von je 2,3 MW und einer Umspannplattform.



**2013** Zubau: 400 MW  
Gesamtleistung: **520,3 MW**

Systemwechsel beim Netzanschluss von Offshore-Windparks durch eine Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG): Der Offshore-Netzentwicklungsplan (O-NEP) und eine Haftungsregelung zur Absicherung der Netzbetreiber traten in Kraft.

**Bard Offshore 1**, erster kommerzieller Offshore-Windpark in der Ausschließlichen Wirtschaftszone, ging in Betrieb.

Der Windpark **Riffgat**, ca. 15 km vor Borkum, wurde fertiggestellt. Die Einspeisung begann im Februar 2014.

# EIN NEUES ZEITALTER BEGINNT

Von den alten Windmühlen bis zu den modernen Windanlagen an Land  
– bereits seit Jahrhunderten wird die Windenergie genutzt.

## DIE NUTZUNG VON WINDENERGIE HAT EINE LANGE GESCHICHTE

Bereits in der Antike nutzten Menschen in Asien und dem vorderen Orient Windmühlen, um Getreide zu mahlen oder Wasser an die Oberfläche zu befördern. Seit dem 12. Jahrhundert sind Windmühlen auch in Europa bekannt.

Durch fundierte Kenntnisse aus der Segelschifffahrt und dem Austausch von Handwerkern in Zünften wurden diese rasch verbessert. Statt einer vertikalen, verwendete man eine horizontale Rotordrehachse. So brauchten die Mühlen weniger Platz und die Energieaufnahme durch die Segel wurde effektiver.

Mit der Industrialisierung und der Erfindung der Dampfmaschine verloren Windmühlen rasch an Bedeutung und konnten sich nur in ländlichen Gegenden halten. Doch auch hier verschwanden sie im Zuge des Ausbaus einer zentralen Stromversorgung mittels Kohlekraftwerken gegen Ende der 1920er Jahre.

Heute wird die Energiegewinnung aus der Kraft des Windes wieder als Zukunftstechnologie gesehen.



Offshore-Windenergieanlagen mit Umspannplattform bei windertreichem Wetter



Windmühlen an Land – früher und heute



Offshore-Windparks

2014

Zubau: 108 MW  
Gesamtleistung: **628,3 MW**

Novelle des **Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG)**  
2014: Ausbauziele der Offshore-Windenergie wurden angepasst. Ziel 2020: 6.500 MW, Ziel 2030: 15.000 MW.



2015

Zubau: 2.665,7 MW  
Gesamtleistung: **3.294 MW**

Das Jahr des Rekordzubaus in Deutschland: Insgesamt 3.294 MW installierte Leistung in Nord- und Ostsee. 13 Offshore-Windparks mit 792 Windenergieanlagen waren bereits in Betrieb.



2016

Zubau: 692,7 MW\*  
Gesamtleistung: **3.982,2 MW\***

### EEG Novelle 2017/Wind-auf-See-Gesetz:

Die Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien wurde bisher staatlich gefördert – es gab für jede produzierte Kilowattstunde [kWh] Strom eine vom Bundestag festgelegte Einspeisevergütung.

Ab 2021 werden Projekte im wettbewerblichen Ausschreibungsverfahren vergeben. Den Zuschlag erhält der Bieter, welcher das günstigste Gebot pro kWh Strom abgibt (Höchstwert 12 ct/kWh).

Erster Ausschreibungstermin im März 2017.

Windparks, die bis zum 31.12.2020 in Betrieb gehen, werden nach dem im EEG 2014 festgelegten Sätzen vergütet.

\* Stand Juli 2016



# DIE NEUE ENERGIE

Mit dem Bau der Windparks auf See wird ein weiterer Meilenstein in der Erfolgsgeschichte der Energiegewinnung aus Wind erreicht.

## WAS BEDEUTET OFFSHORE?

Der Begriff Offshore heißt übersetzt „küstenabgewandt“. Für die Windenergiegewinnung „offshore“ werden die Windparks auf dem Meer errichtet.

## DIE VORTEILE VON OFFSHORE-WINDENERGIE

Aufgrund der besseren Windverhältnisse liefern Windparks auf See beinahe zu jeder Stunde eines Jahres Strom. Darum können Offshore-Windparks doppelt so viel Strom erzeugen wie Windparks an Land. Sie erreichen vergleichbar hohe Betriebsstunden wie konventionelle Kraftwerke und stellen somit eine grundlastnahe Erzeugungsform dar. Dies unterstützt die Versorgungssicherheit Deutschlands und stärkt den Klimaschutz.

## WO DÜRFEN OFFSHORE-WINDPARKS GEBAUT WERDEN?

In Deutschland werden Windparks in einer Küstenentfernung von 15 bis 150 Kilometern gebaut. Küstennahe Windparks wie in Dänemark oder Großbritannien sind bei uns außer in Einzelfällen nicht möglich.

## GRÜNDE HIERFÜR SIND:

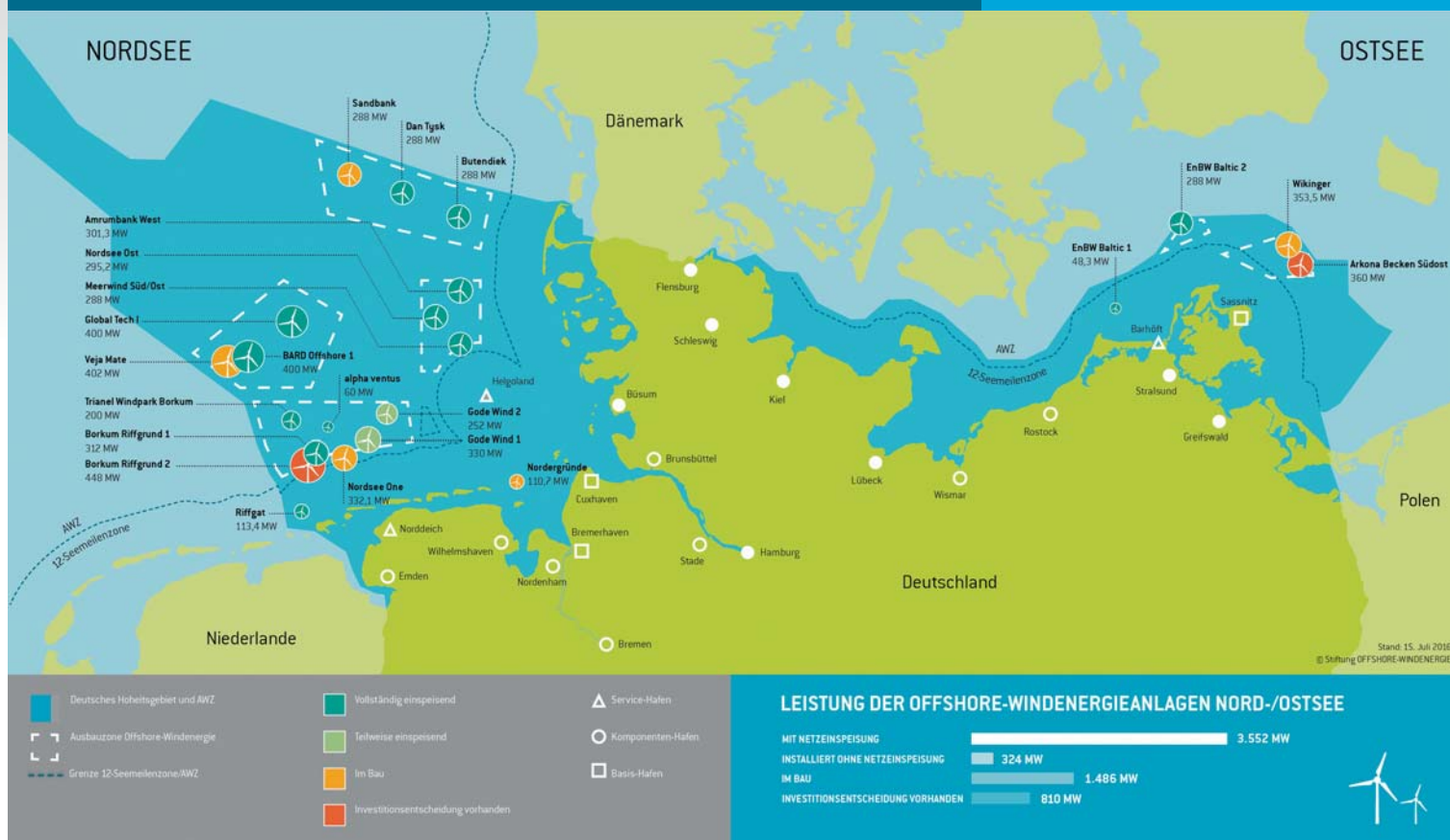
- Naturschutzgebiete wie das Wattenmeer in der Nordsee
- Intensive Nutzung der Küstengewässer durch die Schifffahrt
- Übungsgebiete für Marine und Luftwaffe in der Ostsee
- Fischerei- oder Kiesabbaugebiete

Je nach Entfernung zum Festland befinden sich die Parks entweder in der küstennahen 12-Seemeilen-Zone (bis ca. 22 km Küstenentfernung) oder in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ, Entfernung zur Küste 12 – 200 Seemeilen). In der 12-Seemeilen-Zone genehmigen die angrenzenden Küstenländer den Windparkbau. In der AWZ ist das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) zuständig.

## UNTERSCHIEDE ZWISCHEN NORD- UND OSTSEE

Die beiden Gewässer unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Fläche, Wellenhöhe, Wassertiefe sowie ihres Meeresbodens und auch Salzgehaltes. Das Ausbaupotenzial liegt in der Nordsee deutlich höher als in der Ostsee.

## AUSBAUSTAND DER OFFSHORE-WINDENERGIE IN NORD- UND OSTSEE



### AUSBAUSTAND

### ANZAHL

### LEISTUNG

### AUSBAUSTAND

### ANZAHL

### LEISTUNG

Windparks in Betrieb, davon  
- vollständig einspeisend  
- teilweise einspeisend

15  
13  
2

3.552 MW

Windparks im Bau  
Investitionsentscheidung vorhanden

5  
2

1.486 MW  
810 MW

Vom für das Jahr 2020 geplanten Ausbauziel von 6,5 GW (= 6.500 MW) sind bereits 55 Prozent erreicht (Stand 15. Juli 2016).

# WINDENERGIE IN XXL-DIMENSIONEN

Die Windparks auf dem Meer sind riesig und liefern Strom für hunderttausende Haushalte – und das CO<sub>2</sub>-neutral!

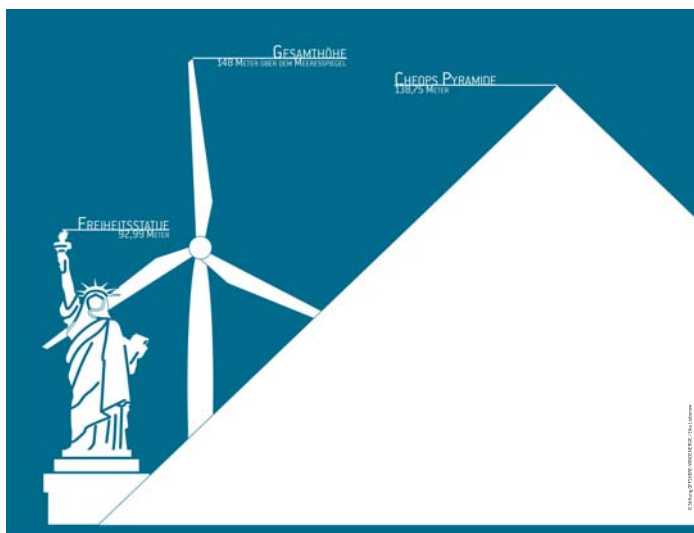


## WINDPARK-DIMENSIONEN

Das Testfeld alpha ventus hat eine Nennleistung von 60 Megawatt (MW). Damit kann der erste deutsche Offshore-Windpark nordwestlich von Borkum etwa 60.000 Haushalte mit Strom versorgen.

Verglichen mit neueren Windparks ist das Pionierprojekt „alpha ventus“ jedoch ein eher kleiner Windpark. Inzwischen sind bereits Windparks mit einer Leistung von bis zu 400 MW am Netz. Mit bis zu 80 Windenergieanlagen sind diese deutlich größer als alpha ventus, der im Jahr 2010 mit zwölf 5-MW-Anlagen in Betrieb genommen wurde.

Abhängig von der installierten Leistung kann ein Offshore-Windpark mit 80 Anlagen den Stromverbrauch von bis zu einer halben Millionen Haushalte mit sauberer Energie vom Meer decken. Je nach Parkgröße erstrecken sich die Windparks jeweils auf einer Fläche von 4 bis 60 Quadratkilometern.



## ANLAGEN-DIMENSIONEN

Die eingesetzten Windenergieanlagen auf See haben derzeit eine Leistung von jeweils 3,6 bis 6 Megawatt. Um die Energieerträge weiter zu steigern, arbeiten Ingenieure an Generatoren mit einer Nennleistung von bis zu 10 Megawatt.

### DIE GIGANTISCHEN DIMENSIONEN HEUTIGER WINDENERGIEANLAGEN:

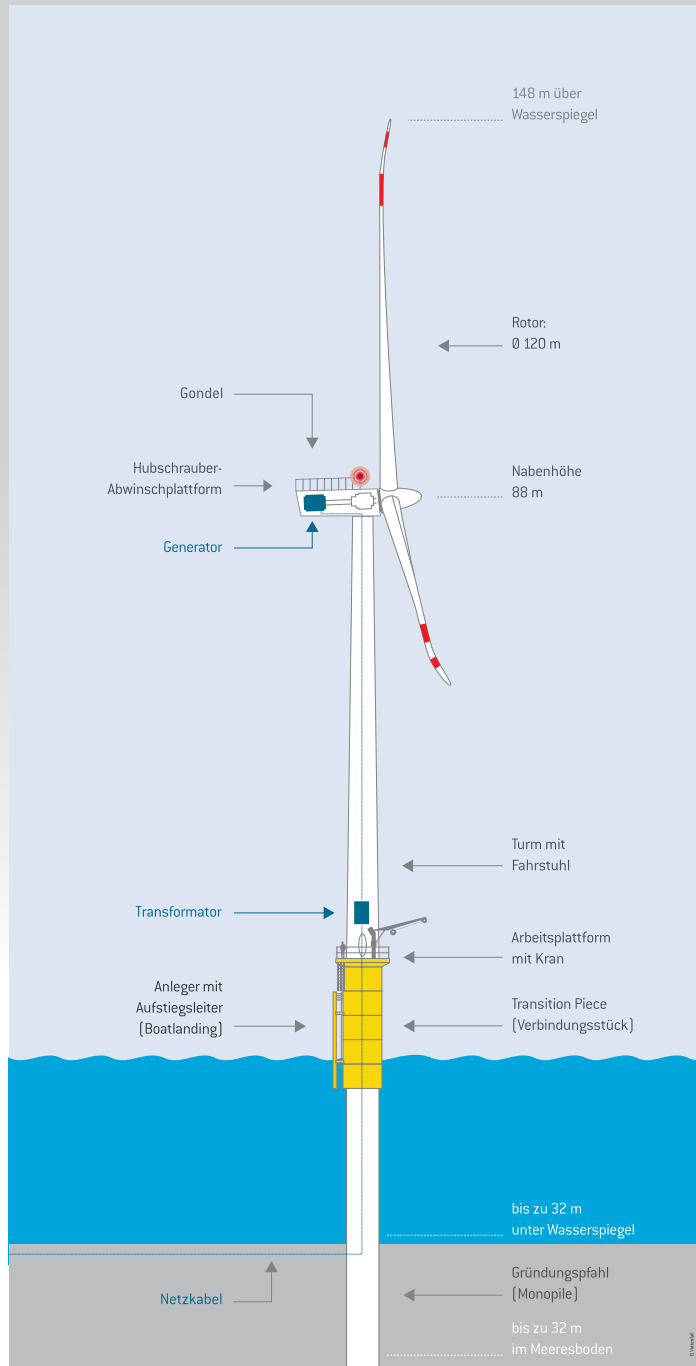
- Die Nabenhöhe einer 5-MW-Offshore-Windenergieanlage liegt bei etwa 90 Metern über dem Meeresspiegel.
- Bis zur äußersten Rotorblattspitze ist eine Anlage mit ca. 150 Metern so hoch wie der Kölner Dom.
- Der Rotordurchmesser einer 5-MW Anlage beträgt ca. 125 Meter, ab der 6-MW-Klasse sogar über 150 Meter.
- Die Rotorblätter überstreichen eine Fläche von ca. 13.500 m<sup>2</sup>, was in etwa 1,5 Fußballfeldern entspricht.
- Allein die Gondel (das Maschinenhaus) ist so groß wie ein Einfamilienhaus und bis zu 400 Tonnen schwer.
- Gründungsstruktur, Turm, Gondel und Rotorblätter einer 5-MW Offshore-Windenergieanlage erreichen zusammen ein Gewicht von bis zu 1.300 Tonnen.



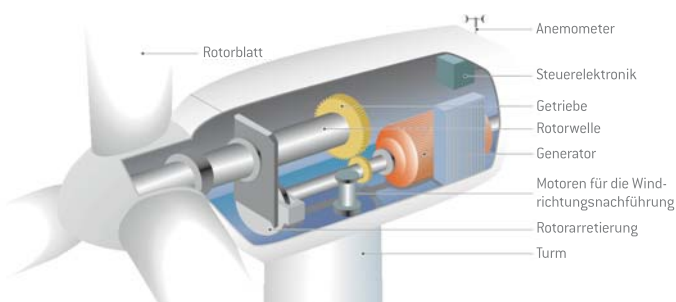


# HIGHTECH AUF HOHER SEE

Eine 5-Megawatt-Offshore-Anlage kann bis zu 6.000 Haushalte mit Strom versorgen. Aber wie wandeln die Hightech-Anlagen den Wind in Strom um?



Windenergieanlage auf See – schematischer Aufbau



Aufbau eines Maschinenhauses (Gondel)

Vereinfacht gesagt, ist eine Windenergieanlage nichts anderes als ein Dynamo, der von einem Propeller angetrieben wird. Die Bewegungsenergie des Windes wird durch die Rotorblätter der Windkraftanlage in eine Drehbewegung umgewandelt, die über eine Rotorwelle einen Generator antreibt.

Im Generator durchläuft ein magnetisches Kraftfeld fortlaufend Spulen aus Kupferdraht, in denen dann elektrischer Strom erzeugt wird.

## AB WELCHER WINDGESCHWINDIGKEIT DREHEN SICH DIE ANLAGEN?

Eine Offshore-Anlage produziert ab einer Windgeschwindigkeit von 10 km/h (Windstärke 2-3 Beaufort) Strom. Die volle Leistung erreichen die Anlagen ab etwa 45 km/h (Windstärke 6). Bläst der Wind in Sturmstärken von über 100 km/h (Windstärke 10) werden die Windenergieanlagen meistens abgeschaltet, um eine Überlastung der Generatoren und Materialschäden zu vermeiden.

## WAS HEISST ÜBERHAUPT „5-MEGAWATT-ANLAGE“?

„5-Megawatt-Anlage“ bezeichnet die Nennleistung des Generators – also die Stromerzeugungskapazität, die unter voller Auslastung erreicht werden kann.

Volllaststunden ist das Maß, um anzugeben, wie hoch die Auslastung eines Kraftwerkes ist. Die Volllaststundenzahl hängt einerseits von den Windverhältnissen ab. Andererseits wird sie auch von der technischen Auslegung einer Windenergieanlage beeinflusst. Die Windenergieanlagen im Offshore-Windpark alpha ventus erreichen derzeit bis zu 4.450 Volllaststunden pro Jahr.

Zum Vergleich: Ein Jahr hat insgesamt 8.760 Stunden. Mit einer hohen Anlagenverfügbarkeit von bis zu 97 Prozent drehen sich die Anlagen fast das ganze Jahr und erzeugen umweltfreundlichen Strom. Ein Windpark an Land kann im Mittel ca. 2.000 Volllaststunden pro Jahr erreichen (Quelle: BWE 2012).



Montage einer Generator-Nabe

# FEST VERANKERT IM MEERESBODEN

Bis zu 150 Meter hoch und 750 Tonnen schwer – schon die Eckdaten einer Offshore-Windenergieanlage sind beeindruckend.

Damit solch ein „Koloss“ sicher bei jedem Wetter und bei hohem Wellengang im Meer steht, gibt es unterschiedliche Gründungsstrukturen. Die Fundamente, meist Stahlkonstruktionen, wiegen teilweise bis zu 1.300 Tonnen. Mit Spezialschiffen werden die Fundamente zu den Standorten, in bis zu 150 km Entfernung von der Küste, gebracht.

## ENTSCHEIDUNGSFAKTOREN BEI DER AUSWAHL DER FUNDAMENTE

- Meerestiefe
- Dynamische Lastverteilung
- Gewicht der Anlage und der Turmsegmente
- Beschaffenheit des Meeresbodens

In den deutschen Windparks werden bislang die vier Gründungsstrukturen **Monopile**, **Tripod**, **Tripile** und **Jacket** eingesetzt. Alle vier Typen werden mit Rammrohren von bis zu 35 Metern Länge im Meeresboden verankert. Doch die Weiterentwicklung von Gründungsstrukturen schreitet voran:



Luftaufnahme Baustelle Offshore Windpark Riffgat

Ab einer Wassertiefe von mehr als 50 m können Windenergieanlagen zurzeit nicht installiert werden. Um dieses Problem zu lösen, werden zurzeit schwimmende Fundamente, sogenannte „Floating foundations“, entwickelt.

Ähnlich wie bei schwimmenden Bohrinseln sollen gigantische Schwimmkörper für genügend Auftrieb sorgen, um eine Windenergieanlage über Wasser zu halten. Ein Betonanker und ein ausgeklügeltes System aus Stahlseilen oder Ketten halten die Anlage fest an ihrem Platz.



Schwimmendes Offshore-Fundament GICON®-SOF

Um die immer größer werdenden Windkraftanlagen bei Einhaltung strenger Regularien in tieferen Gewässern bauen zu können, forscht die Branche unentwegt an neuen Technologien. Auch die Verbesserung der Fundamente gehört hierzu.

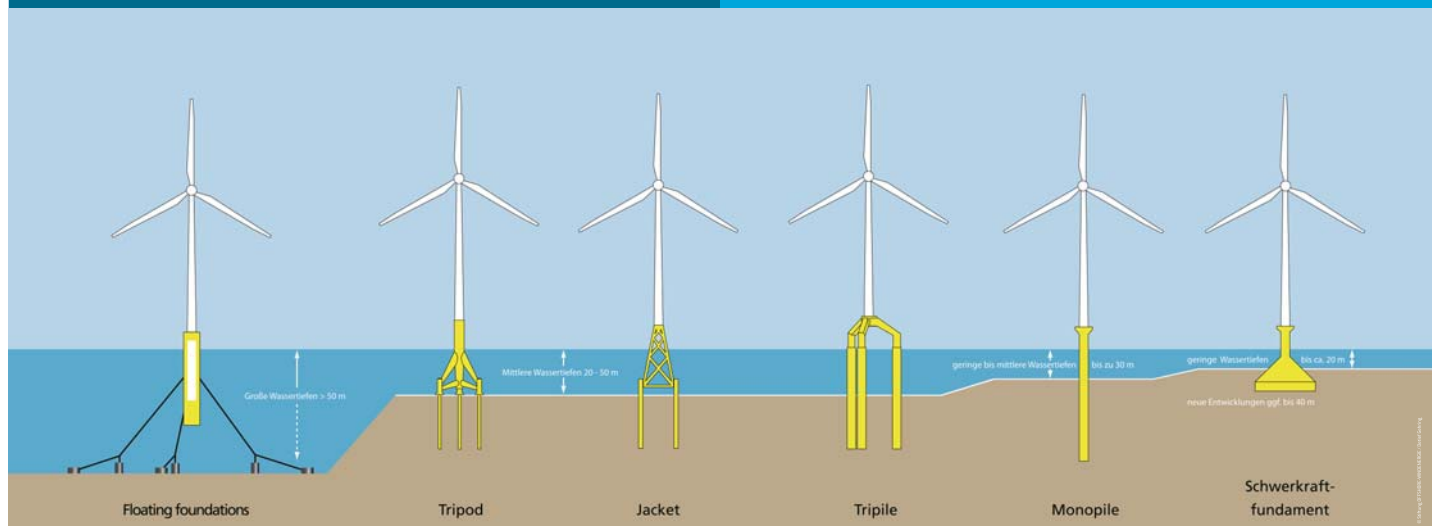
Ein Ansatz stellt das so genannte „suction bucket jacket“ dar. Im Gegensatz zu heute gebräuchlichen Fundamenten wie dem Monopile, welches 25 bis 35 Meter in den Meeresboden gerammt werden muss, saugt sich das suction bucket jacket geräuscharm in den Boden ein. Die Jacket-Struktur mit drei Becherfundamenten (im Aussehen einem umgedrehten Eimer ähnlich) wird mittels Ansaugverfahren in den Boden verankert und verbleibt dort dank eines Unterdruckes und des Gewichtes der gesamten Anlage in einer stabilen Lage. Das Fundament wird in einem einzigen Hub- und Montagevorgang installiert.



Suction bucket im Windpark Borkum Riffgrund

## AKTUELLE GRÜNDUNGSSTRUKTUREN

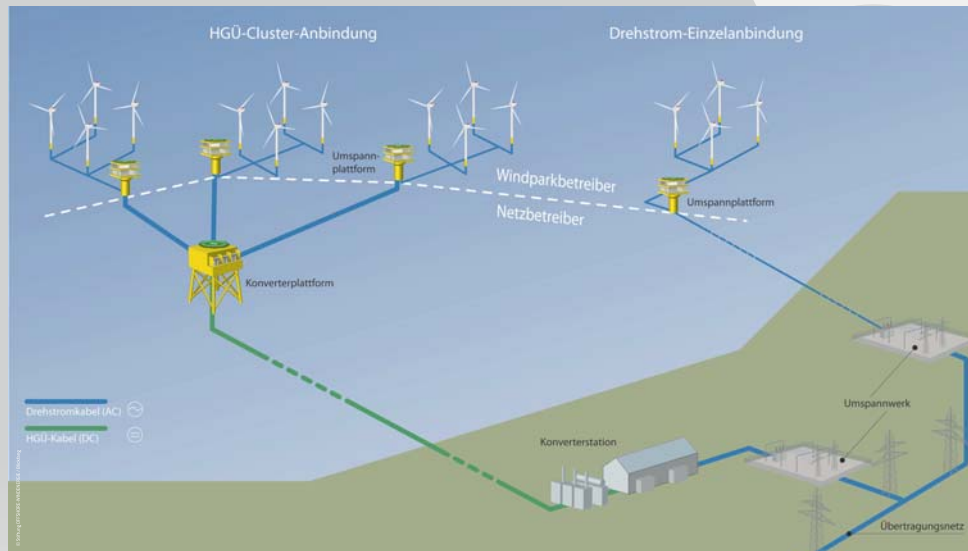
### VON OFFSHORE-WINDENERGIE-ANLAGEN





# WIE KOMMT DER STROM ANS LAND?

Die Windenergieanlagen drehen sich, der Generator erzeugt Strom – doch wie kommt dieser zum Endverbraucher?



Insgesamt ist die Netzanbindung ein sehr komplexes Vorhaben und mit hohen Herausforderungen verbunden.

Der Strom muss einen weiten Weg zurücklegen um von den Windparks auf hoher See bis zum Übertragungsnetz an Land und anschließend zu den Stromkunden zu gelangen.

Die Netzanbindung auf See ist ein wichtiger Schritt, damit die erneuerbaren Energien genutzt werden können.

## DIE VERKABELUNG IM WINDPARK

Jeder Offshore-Windpark verfügt über eine **Umspannplattform** an die alle Anlagen gebündelt angeschlossen sind. Der Strom wird zur Übertragung auf ein höheres Spannungsniveau transformiert. Bei den Leitungen im Windpark handelt es sich um Drehstrom-Verbindungen.

- **Kleiner Windpark/geringe Küstenentfernung:** Der Strom wird über eine Drehstromleitung per Seekabel direkt zum Netzknotenpunkt an Land geführt.
- **Großer Windpark/große Küstenentfernung:** Bei größeren Entfernungen und hohen Windparkleistungen werden Windparks mit der effizienteren **Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnologie (HGÜ)** verbunden. Der Strom wird dafür aus den Umspannwerken mehrerer Windparks zu einer weiteren Plattform geleitet – der Konverterplattform. Dort wird der Strom von Dreh- in Gleichstrom umgewandelt und über ein Seekabel zum nächsten Netzknotenpunkt an Land geleitet. Anschließend wird dieser wieder in Drehstrom umgewandelt.

## VERLEGUNG DER ERFORDERLICHEN SEEKABEL

Die Seekabel werden mindestens 1,5 Meter tief im Meeresboden verlegt. Dafür pflügt z.B. ein Spezialschiff mit Wasserdruck einen Graben (mit einem Spülschwert), um im gleichen Vorgang das Kabel einzulassen.



Ein Drehstromkabel von 60 km Länge und 3.500 t Gewicht bindet den ersten deutschen Offshore-Windpark alpha ventus an das deutsche Stromnetz an

## DIE UMSPANNPLATTFORM

Im Vergleich zu den Windrädern ist die Höhe der Umspannplattform eher gering. Sie ragt nur etwa 30 Meter aus dem Meer heraus, wiegt jedoch ebenfalls mehrere tausend Tonnen. Umspannplattformen werden an Land montiert und per Schiff auf die hohe See transportiert. Das Herzstück eines Umspannwerks ist der Transformator, der die Eingangsspannung in die benötigte Ausgangsspannung konvertiert. Die Umspannplattform dient auch als Versorgungsstation für den Windpark. Bei aufwendigen Service- und Wartungsarbeiten können die Techniker auf der Plattform auch übernachten. Die Plattform wird vom Windparkbetreiber errichtet und unterhalten.

## NETZANBINDUNG AN LAND

In Umspannplattformen an Land wird der Strom auf die Spannungsebene des Höchstspannungsnetzes transformiert und eingespeist. Bei den leistungsstärkeren HGÜ-Verbindungen wird der Strom zunächst bis zu einer Konverterstation an Land weitergeleitet. Dort wird der Gleichstrom wieder in Drehstrom umgewandelt und ebenfalls ins bestehende Netz an Land eingespeist.

Zuständig für die Verbindung zwischen Umspannplattformen auf See und dem Landnetz sind die Übertragungsnetzbetreiber, also die Betreiber der großen überregionalen Stromnetze. Das Unternehmen TenneT ist für die Stromverbindungen im Nordseeraum und das Unternehmen 50Hertz für den Ostseeraum verantwortlich.



Errichtung Umspannstation auf Jacketfundamentkonstruktion durch Errichterschiff Oleg Strashnov



# ERRICHTUNG, WARTUNG UND BETRIEB

Extreme Bedingungen auf See wie starker Wind, hoher Wellengang und schlechtes Wetter erfordern besondere Vorgehensweisen und Techniken.



Der Aufbau und die Wartung der Offshore-Windkraftanlagen erfordern das „Know-How“ von spezialisierten Fachkräften.

## INSTALLATION

Die Fundamente werden tief im Meeresboden verankert. Größere Komponenten werden im Hafen vormontiert und mit speziellen Transport- und Errichterschiffen oder Hubplattformen in das Baugebiet vor Ort gebracht. Das erste Turmsegment wird mit Hilfe eines Krans mit dem Fundament verbunden. Anschließend werden das nächste Turmsegment, die Gondel und die Rotorblätter montiert.

## SERVICE UND (FERN-)WARTUNG

Um Störungen zu vermeiden finden vor Ort regelmäßig Routinewartungen statt, bei denen z.B. Rotorblätter und Fundamente kontrolliert werden. Elektronik, Lager und Getriebe werden hingegen über ein Condition Monitoring System (CMS, Betriebszustandsüberwachungssystem) und Sensoren in Echtzeit überwacht. Dieses übermittelt Daten über Temperaturen, Schwingungen und Druckzustände an eine Basisstation an Land. Von dort aus können elektronische Fehlfunktionen oftmals aus der Ferne behoben werden.

Bei größeren Störungen müssen Service-Teams vor Ort die Ursache beheben. Dabei müssen sie mit Wartungsschiffen dicht an die defekten Anlagen heranfahren oder sich von Helikoptern samt Material abseilen. Diese Situationen werden vor den Einsätzen unter extremen Bedingungen und unter Einhaltung von strengen Sicherheitsvorschriften trainiert. Nebel, starker Wind und hoher Wellengang beeinträchtigen die Arbeiten auf See. Daher sind eine gründliche Einsatzplanung und vorsorgliche Wartung von großer Bedeutung.



Bauarbeiten im Windpark alpha ventus



Montage eines Rotorsterns



# ...AUF GUTE NACHBARSCHAFT!

Nord- und Ostsee bieten einer Vielzahl von Lebewesen ein Zuhause. Aber wie wirken sich Bau und Betrieb von Offshore-Windparks auf sie aus?

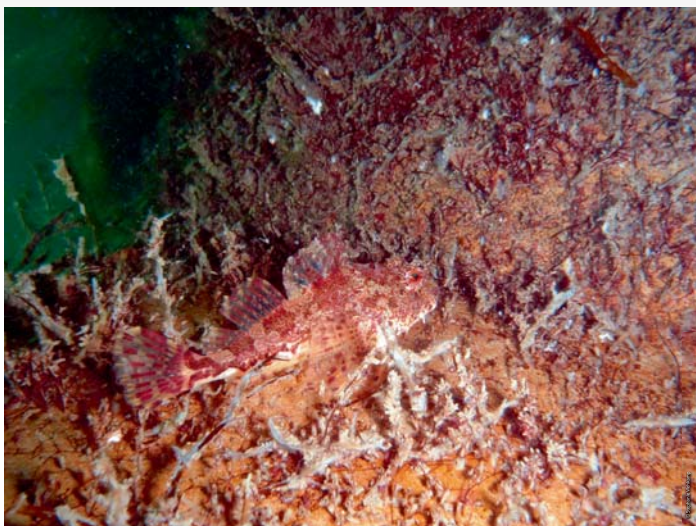
Der Einfluss der Windparks auf die Natur soll so gering wie möglich gehalten werden. Schon während der Antrags- und Planungsphase müssen mögliche Auswirkungen auf die Umwelt berücksichtigt und entsprechende Maßnahmen geprüft werden. In einem sogenannten Standarduntersuchungskonzept (StUK) wird von der zuständigen Genehmigungsbehörde, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) vorgegeben, welche Umweltuntersuchungen im Rahmen des Planungsverfahrens und während der Bau- und Betriebsphase von Offshore-Windparks durchgeführt werden müssen.

Auch Umweltexperten sowie Akteure aus Industrie und Forschung untersuchen den Einfluss der Windparks auf die Meeresumwelt und arbeiten gemeinsam an der Optimierung von geeigneten Maßnahmen. Der Bau und Betrieb des ersten deutschen Windparks alpha ventus in der Nordsee wurde und wird beispielsweise durch das Forschungsprogramm „Research at alpha ventus“ (RAVE) begleitet.

## FISCHE

Fische, welche während der Bauphase vermutlich aus ihrem Lebensraum aufgrund von Erschütterungen, Baulärm und aufgewirbeltem Sediment vorerst vertrieben werden, scheinen nach der Bauphase wieder in ihr ursprüngliches Gebiet zurück zu kehren. Nach bisherigen Erkenntnissen scheint der anschließende Betrieb von Windparks keinen direkten Einfluss auf die Artenzusammensetzung und Anzahl der Fische zu haben.

Da in den Gebieten der Windparks nicht gefischt werden darf, können sich dort gefährdete Fischbestände erholen und finden durch die an den Fundamenten angesiedelten Organismen neue Nahrungsquellen. Untersuchungen aus Dänemark und dem Windpark alpha ventus zeigen, dass sich dort zusätzliche Fischarten angesiedelt haben, wie zum Beispiel der gut getarnte Seebull, die Makrele oder der Leierfisch.



Der Seebull [*Taurulus bubalis*] kann sich auf mit Algen bewachsenem Hartsubstrat optimal verstecken

## VÖGEL

Windparks können eine potenzielle Kollisionsgefahr durch den sich bewegenden Rotor für Vögel darstellen. Um diesen sogenannten Vogelschlag zu vermeiden, werden seit Jahren die Routen und das Verhalten einzelner Arten erkundet. Bei schlechtem Wetter oder angelockt durch die Lichtsignale der Windenergieanlagen können Vögel tatsächlich in Gefahr geraten. Zudem können so bedrohte Arten aus ihren Rast- und Nahrungsgebieten vertrieben werden. Erste Ergebnisse und Untersuchungen zeigen aber auch, dass die meisten Vögel die Offshore Windparks unbeschadet um- oder

durchfliegen. Arten, wie z.B. der Pracht-, Sterntaucher oder auch viele Basstölpel vermeiden bisher die Gebiete der Offshore-Windparks während andere nach der Bauphase wiederkehren. Silber- und Heringsmöwen nutzen die Gebiete wiederum sehr intensiv als Jagdrevier.

Der Einfluss der Parks auf Vögel ist somit abhängig von der Vogelart, aber auch von der Lage des Windparks. Alternative Beleuchtungskonzepte sowie weitere Schutzmaßnahmen werden erforscht und geprüft. Zudem dürfen Windparks in Vogelschutzgebieten nicht gebaut werden. Einzelne Windparks werden durch großflächige „Korridore“ voneinander getrennt, die dann von Zugvögeln genutzt werden können.



Basstölpel [*Morus bassanus*] an der Küste

## AUFWUCHSORGANISMEN

Der Meeresboden der südlichen Nordsee besteht vornehmlich aus weichem Sediment. Mit den Fundamenten und die zum Kolkenschutz eingebrachten Steinschüttungen wird ein neuer, harter Substrattyp in das Gebiet eingebracht. An den Anlagen finden Arten, wie beispielsweise Miesmuscheln, Flohkrebse, Seenenken und Taschenkrebse neue Lebensräume und dienen Fischen und anderen Tieren als weitere Nahrungsquelle.

Um aber ganz genau zu beobachten, wie sich die Artengemeinschaft entwickelt, sollen Umweltuntersuchungen über viele Jahre nach dem Bau weitergeführt werden.



Seenenken [*Metridium senile*] auf Blockstein



# SCHALLSCHUTZ

Neu entwickelte Techniken sollen Schallemissionen in der Bauphase und somit negative Auswirkungen auf sensible Meeresbewohner mindern.

In der Bauphase des Offshore-Windparks, wenn die großen Gründungsstrukturen in den Boden gerammt werden, kann es für die Tiere in der Umgebung ganz schön laut werden. Um während dieser Zeit vor allem die lärmsensiblen und unter Artenschutz stehenden Schweinswale (aber auch Robben und Seehunde) zu schützen, werden entsprechende, oft miteinander kombinierte Maßnahmen ergriffen:

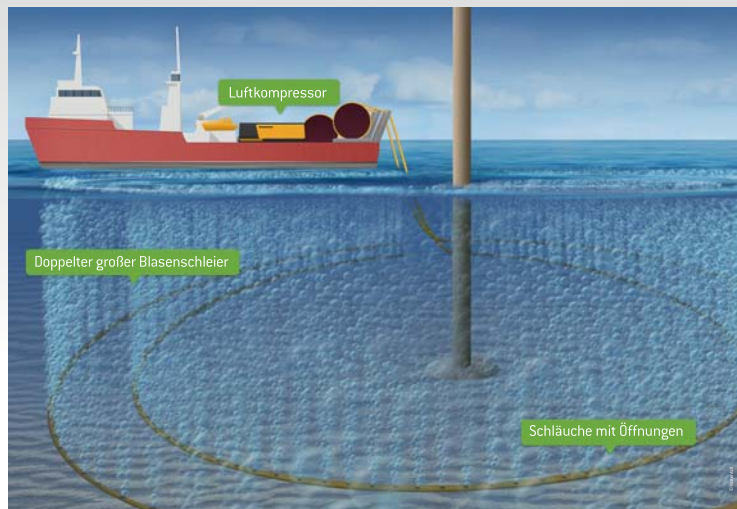
**Vergrämer:** Vor Beginn der Arbeiten werden akustische Signale ausgesendet, welche die Tiere als störend empfinden, so dass sie das Gebiet frühzeitig verlassen und einen Sicherheitsabstand halten können.

**Softstarts:** Die Rammaktivität und damit auch der Baulärm unter Wasser werden langsam erhöht und somit sozusagen „angekündigt“. Tiere haben die Möglichkeit, sich rechtzeitig vor Baubeginn von der entstehenden Schallquelle zu entfernen.

## BLASENSCHLEIER

Unterhalb der Wasseroberfläche dämpfen künstlich erzeugte Luftblasen den bei den Fundamenttrammungen entstehenden Schall.

- Rund um die Rammstelle werden Schläuche mit kleinen Löchern gelegt, durch die Kompressoren Luft ins Wasser pumpen.
- Ein dichter Schleier aus Luftblasen entsteht, welcher die entstandenen Schallwellen streut und dämpft.



Funktion eines Blasenschleiers



Blasenschleier in Aktion, betrachtet von der Oberfläche



Bewohner in Nord- und Ostsee: Schweinswale

## HYDROSCHALLDÄMPFER

Inzwischen werden ebenfalls sogenannte Hydroschalldämpfer (engl.: Hydro Sound Damper – HSD) – oft zusätzlich zum Blasenschleier – eingesetzt.

- Ein aufgespanntes Netz mit verschiedenen großen Schaumstoffelementen wird direkt um den Pfahl gespannt.
- Durch Kombination von Größen und Anordnung der Elemente kann der Hydroschalldämpfer exakt auf das Schallspektrum abgestimmt werden.



Hydroschalldämpfer an Land

## ALTERNATIVE GRÜNDUNGSSTRUKTUREN

Es werden zunehmend Gründungsstrukturen getestet und eingesetzt, welche nicht gerammt werden müssen, sondern sich zum Beispiel in den Meeresboden saugen (z.B. das sogenannte Suction Bucket Jacket). Alternativ hierzu gibt es Prototypen von schwimmenden Fundamenten. Diese werden bisher vor allem in Wassertiefen über 50 m eingesetzt. Die Anlagen werden auf einem schwimmenden Fundament montiert, welches z.B. über Seilsysteme am Meeresgrund verankert wird.

## GESETZLICHE VORGABEN

Die gesetzliche Vorgabe eines Schalldrucks von höchstens 160 Dezibel in einer Entfernung von 750 Metern wird inzwischen verlässlich eingehalten. Deutschland hat damit eine Vorreiterrolle übernommen und was noch besser ist: Andere Länder ziehen nach!



# POWER FÜR DIE WIRTSCHAFT

Der Ausbau der Offshore-Windenergie birgt sowohl langfristig als auch überregional großes, wirtschaftliches Potential.



Der Gesamtumsatz entlang der Wertschöpfungskette belief sich bis 2015 auf über 10 Milliarden Euro. Knapp 20.000 Menschen sind in der Offshore-Windindustrie beschäftigt.

## KOMPLEXES GROSSPROJEKT

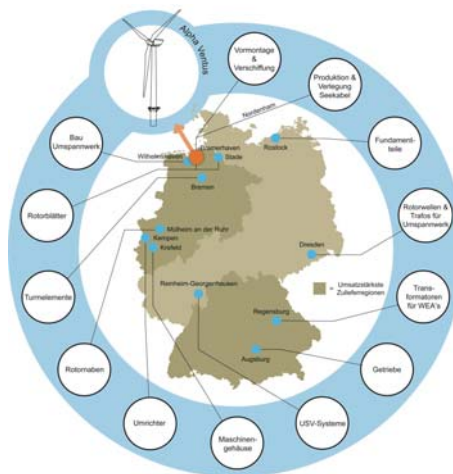
Bis zu 80 Anlagen mit einer Höhe von 150 Metern, Umspannstationen und tonnenschwere Fundamente: Am Entstehungsprozess eines Offshore-Windparks wirkt eine Vielzahl an Akteuren mit: Neben Projektentwicklern und möglichen Investoren sind die zuständigen Behörden sowie mehrere Interessenverbände beteiligt. Bei einem großen Offshore-Windpark mit 300 – 500 MW Leistung liegen die Investitionskosten zwischen 1 und 2 Milliarden Euro. Bei einer solch enormen Investition erfolgt die Finanzierung in der Regel über eine Mischung aus Eigenkapital der Unternehmen und Fremdkapital von Banken. Oft schließen sich mehrere Unternehmen zu einem Konsortium zusammen. So können sich auch kleinere Akteure wie zum Beispiel Stadtwerke an einem Offshore-Windparkprojekt beteiligen. Große Energieversorger können Finanzierungen auch eigenständig realisieren.

## DIE WERTSCHÖPFUNGSKETTE

Die Offshore-Windindustrie ist über die Jahre zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig herangewachsen, bei dem die Wertschöpfung über die gesamte Bundesrepublik verteilt ist – und sich somit nicht auf die Bundesländer an den Küsten konzentriert.

## EINE GROSSE VIELFALT AN AKTEUREN

- Häfen und Werften
- Hersteller von Offshore-Anlagen und Großkomponenten
- Projektentwickler und Logistikunternehmen
- Zulieferbetriebe aus dem Metall- und Maschinenbau
- Dienstleister (Versicherungen, Finanzierungsunternehmen, Zertifizierer, Beratungsunternehmen)

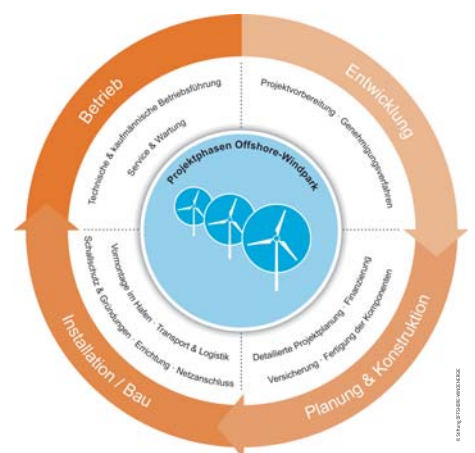


Die Wertschöpfungskette der Offshore-Industrie ist vor allem mittelständisch geprägt: Ihr Anteil beträgt laut einer Studie etwa 70 Prozent. Die umsatzstärksten Bundesländer sind Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Hamburg.

Um fit für die Zukunft zu sein, wurde bereits weit mehr als eine Milliarde Euro in Infrastruktur und Logistik investiert, hauptsächlich an der Nord- und Ostseeküste. Durch die zunehmende Offshore-Spezialisierung der mittelständischen Zulieferer und Dienstleister entsteht ein Know-How, durch das die deutschen Unternehmen eine Vorreiterrolle auf dem internationalen Markt einnehmen.

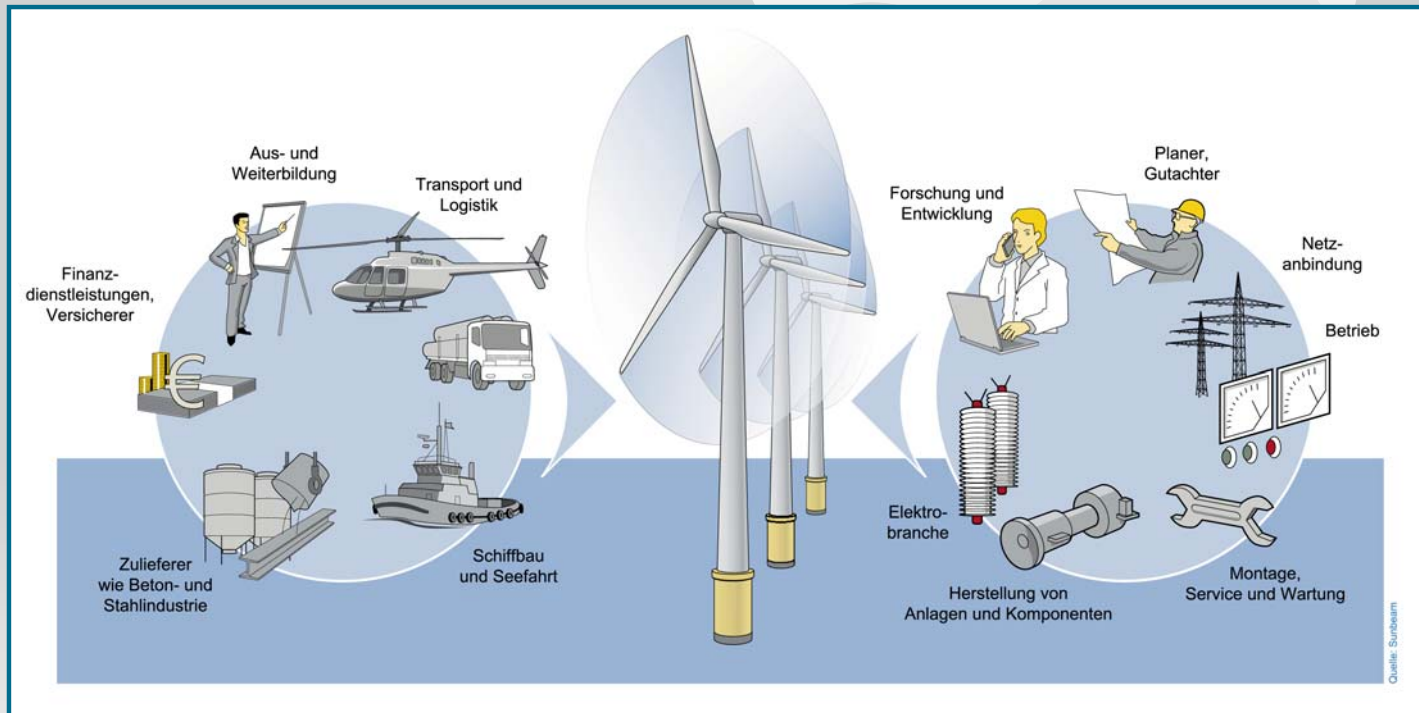
## WIE LANGE DAUERT DIE REALISIERUNG EINES OFFSHORE-WINDPARKS?

Von der Planung und Genehmigung bis hin zu Investitionsentscheidung und Bau können 5 bis 10 Jahre vergehen.



# JOBS MIT PERSPEKTIVEN

Die Bedeutung der Offshore-Windenergie nimmt zu – gleichzeitig steigen in diesem Segment die beruflichen Möglichkeiten.



Innovative Technik funktioniert nicht ohne die Menschen, die daran arbeiten. Ein perfektes Zusammenspiel der verschiedenen Akteure ist notwendig, damit die großen Anlagen auf See ohne Ausfälle laufen.

Quereinsteiger oder qualifizierte Fachkräfte? Taucher oder Ingenieure? Die Berufsbilder rund um die Offshore-Windenergie sind sowohl auf See als auch an

Land äußerst vielfältig und bieten in vielen Branchen interessante Perspektiven.

Bisher sind vor allem Quereinsteiger aus dem Ingenieurwesen, der Servicetechnik und dem Metallbau für die Windparks auf hoher See im Einsatz. Durch gezielte Weiterbildung haben sie die passenden Qualifikationen erlangt. Um dem Wachstumszweig „Offshore“ noch bes-

ser gerecht zu werden, werden zukünftig entsprechende Ausbildungsberufe und Studiengänge geschaffen.

Deutschlandweit waren in 2015 etwa 20.000 Menschen in der noch relativ jungen Offshore-Windenergie-Branche beschäftigt. Mit dem stetigen Ausbau der Offshore-Windenergie werden auch in den kommenden Jahren Tausende neue Arbeitsplätze entstehen.





# ÜBER DIESE AUSSTELLUNG



Bereits seit 2009 erklärt die Wanderausstellung die Technik, Perspektiven und Herausforderungen der Offshore-Windenergie in Deutschland.

## 2008-2011

Wanderausstellung „Faszination Offshore“ auf dem Museumsschiff MS Greundiek:



Um über die Windenergie auf See zu informieren, lud die Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE die Bevölkerung und alle Touristen und Gäste der Küstenländer zum Besuch einer interaktiven Ausstellung auf dem Museumsschiff Greundiek ein.

Diese Wanderausstellung tourte 2009 – 2011 in den Sommermonaten durch verschiedene Häfen in Nord- und Ostsee. Die Ausstellung wurde gefördert durch das Bundesumweltministerium.



## 2012-2015

„Faszination Offshore“: Die Wanderausstellung ging an Land! 13 Schautafeln, 2 Kurzfilme und ein interdisziplinäres Informationsterminal erläuterten die verschiedenen Aspekte der Windenergiegewinnung in der Nord- und Ostsee.

Die Ausstellung wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und tourte auch durch Mittel- und Süddeutschland.



## 2016

Die Ausstellung wurde für das Projekt „Offshore-Wind INSCHOOL: Erarbeiten – Verstehen – Weitergeben“ von Grund auf überarbeitet.



Im Rahmen des Projekts werden mit Schüler/innen Workshops und Wettbewerbe zur Offshore-Windenergie durchgeführt. Neu gestaltete Ausstellungstafeln, ein Infoterminal und ein Ringbuch über Berufsmöglichkeiten in der Branche informieren die jungen Menschen, die Lehrkräfte sowie auch weiterhin die Öffentlichkeit. Das Projekt wird durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt anteilig gefördert.



Sail Sassnitz

## STIFTUNG OFFSHORE-WINDENERGIE

Die Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE wurde 2005 mit Unterstützung des Bundesumweltministeriums und der deutschen Offshore-Branche gegründet.

Ziel der Stiftung ist es vor allem, die Rolle der Offshore-Windenergie im Energiemix der Zukunft in Deutschland und Europa zu festigen und ihren Ausbau im Interesse von Umwelt- und Klimaschutz voranzutreiben.

Dafür moderiert sie energiepolitische Gremien und Arbeitskreise und begleitet und initiiert Projekte national und international.



Weiterführende Informationen zur Offshore-Windenergie erhalten Sie unter: [www.offshore-stiftung.de](http://www.offshore-stiftung.de)