

WINDENERGIE

TECHNISCH FIT, POLITISCH BEHINDERT, TEIL 2: OFFSHORE + AIRBORNE



Quelle: Fred Olsen

Bild 1: Windpark Borkum Riffgrund: Ein auf Stempeln aus dem Wasser gehobenes Montageschiff bei Arbeiten an einer Windkraftanlage mit Tripod-Gründung

Windenergie ist eine zentrale Säule im Mix der Erneuerbaren Energien: 2019 erzeugten die Onshore- und Offshore-Turbinen knapp über 21 Prozent des deutschen Bruttostroms. Doch im gleichen Jahr wurden gerade einmal 160 Offshore-Anlagen mit zusammen 1.111 MW¹⁾ installierter Leistung hinzu gebaut. Dabei müssten es jährlich 4-5 mal soviel sein, um das Pariser Klimaziel von 1,5°C einzuhalten. Wo stecken die Chancen und Schwierigkeiten dieser Technologie?

In den letzten Jahren hat die Windkraft den energiepolitisch entscheidenden Schritt von der Land- zur Seeseite der Deiche gemacht: Der weltweit erste Offshore-Windpark ging zwar bereits 1991 vor der Gemeinde Vindeby im Nordwesten der dänischen Ostseeinsel Lolland ans Netz; dennoch dauerte es fast 20 Jahre, bis diese Standortwahl größere Verbreitung fand. Der Grund für den Erfolg des Systems lag in den zunehmend knapper werdenden Flächen an Land und ihrer Leistungsfähigkeit: Offshore-Anlagen liefern an 363 Tagen im Jahr rund um die Uhr Strom; ihre Vollaststunden betragen je nach Seegebiet rund das Zweieinhalbfache der Onshore-Turbinen – in Deutschland rund 4.400 Stunden Offshore zu 1.700 Stunden Onshore.

Andererseits gibt es aber auch einige erschwerende Besonderheiten der Anlagen im Meer gegenüber ihren Pendanten

auf dem Festland. Da sind zum einen die speziellen Umgebungs-Faktoren wie die höheren Windlasten, die stark korrosiven Umweltbedingungen und die den Ozeanbedingungen standhaltenden speziellen Fundamente/Gründungen.

Zum anderen geht es um die Anbindung an das festländische Stromnetz; sie ist in Deutschland besonders schwierig, da man hier, u.a. aus Gründen der

Landschafts-Ästhetik, die Anlagen hinter den Horizont verbannt hat. Das kostet lange Leitungen, die man zudem zum Schutz vor Schleppnetzfishern und Munitionsaltlasten sicher verlegen muss. Dazu kommen spezielle, teure Umspannplattformen, die die Energiemengen der Windparks einsammeln und mit der höheren Spannung des Übertragungsnetzes (>100 kV) zum Festland schicken.

Als zusätzliche Erschwernisse sind vor allem die eingeschränkten Arbeitsbedingungen zu nennen – entweder durch das Wetter oder die langen, oft nur per Hubschrauber zu überbrückenden „Anfahrtswege“ des Einrichtungs- und Wartungspersonals.

Fundamente

Während Onshore die Fundamente meist in einer relativ simplen Betongründung bestehen, gibt es im Offshore-Bereich – je nach Wassertiefe, Meeresgrund (steinig oder nicht) und zu tragenden Lasten – eine Vielzahl von Fundament-Formen²⁾, auf denen dann der Turm der WKA steht: Jackets (eine Art unterseeischer Gittermast mit 4 Fundamentpfählen im Meeresboden), Tripods (unterseeischer Dreibein mit 3 Fundamentpfählen), Monopiles (Einzelpfähle



Quelle: SkySails Power

Bild 2: Flugdrachen mit Generator-Container und Startarm

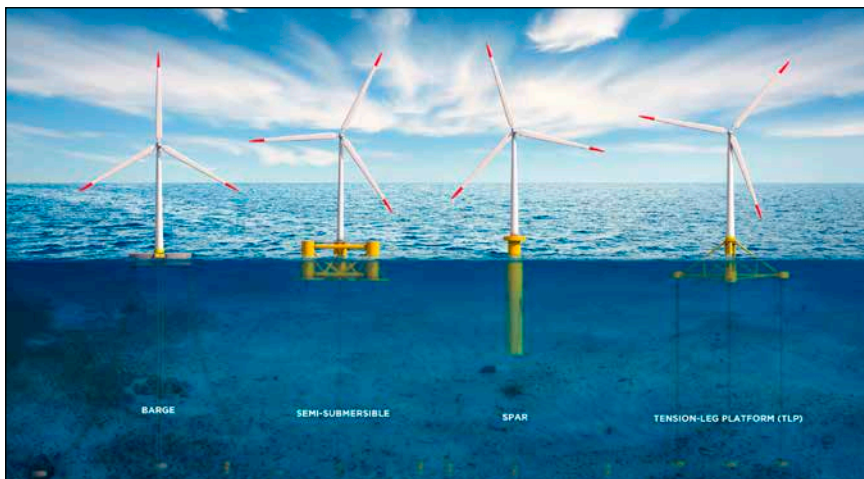


Bild 3: Verschiedene Basiskonzepte für schwimmende Turbinen

mit großem Durchmesser) und Schwergewichtsgründungen, bei denen schwere Betonkästen auf dem Meeresboden aufgesetzt bzw. eingespült werden.

Um alle diese Gründungen wird zur Stabilisierung und zum Schutz gegen aus dem Ruder laufende Schiffe eine Steinbarriere aufgeschüttet. Da auch das (Schleppnetz-)Fischen innerhalb der Windparks verboten ist, haben sich diese Steinbarrieren inzwischen als Biotop für Meereslebewesen entpuppt.

Auch wenn die Vor- und Nachteile der jeweiligen Fundament-Typen seit Jahren bekannt sind, so gibt es auf diesem Gebiet immer noch Verbesserungen und echte Innovationen. Mit Rücksicht auf die Meeresfauna (Schweinswale) werden Fundamentpfähle beim Einrammen inzwischen mit Blasenschleiern umgeben oder alternativ mit der Saugpfahl-Methode eingesetzt; das Fraunhofer IWES entwickelt zudem im bis Herbst 2020 laufenden Projekt Restrike XL eine schall-emissionsarme Vibrationsmethode zur Pfahlinstallation weiter. Das spanische Bau-Unternehmen Esteyco hat mit „Elisa“³⁾ eine Technologie entwickelt, bei der

die Turmsegmente bereits an Land vorproduziert, im Hafen montiert und dann als fertige Windkraftanlage zum Standort geschleppt werden. Beim Absenken der Schwergewichtsgründung richtet dann ein hydraulisches System den WKA-Turm samt Rotor teleskopartig auf. Das spart teure Kranschiffe und das Warten auf längerfristig stabile Wetterverhältnisse.

Anlagen

Grundsätzlich unterscheiden sich die Türme und Rotorblätter kaum von der Onshore-Technik. Die interessanten Entwicklungen liegen hier eher bei der Installationstechnik, die u.a. effektiv die geeigneten Schönwetterphasen nutzen können muss. So wurde von der Firma BERG-idl GmbH aus Altlußheim als Montagesystem der Wind-Lift-Tower entwickelt, ein an einem „mitwachsenden“ Hilfsmast empor fahrendes Aufzugsystem, das die Turmelemente der WKA Stück für Stück montiert; dieses Verfahren spart ebenfalls teure Kranschiffe. Letztere wurden in den vergangenen Jahren ebenfalls weiter entwickelt und können sich mittlerweile auf eigenen

Hydraulikstempeln weit aus dem Wasser drücken. So bilden sie stabile Plattformen z.B. zur Reparatur von Rotorblättern vor Ort, aber auch für den Abriss alter Turbinen – im o.a. Vindeby-Windpark wurde bereits damit begonnen.

Bemerkenswert ist das schnelle Leistungswachstum der Offshore-Turbinen, gerade auch im Vergleich zu den meist kleineren Onshore-Anlagen: mit den Maschinen Haliade von General Electric, mit dem MHI Vestas V174-Prototyp, und mit der Siemens-Gamesa SG DD-193 ist das Zeitalter der 10-MW-plus-Klasse eingeläutet. Doch die Forschung steuert längst die 20-MW-Klasse an, so u.a. mit dem Forschungsprojekt INNWIND. EU; Während die heutigen 10-MW-Anlagen einen Rotordurchmesser von ca. 200 Metern haben, kommen die Typen beim Innwind-Projekt auf über 250 Meter. Doch selbst das ist nicht das Ende: an den US-amerikanischen Sandia National Laboratories forscht man an extrem leichten Rotorblättern (Segmented Ultralight Morphing Rotor /SUMR) für eine 50-MW-Anlage mit 400 Meter Rotordurchmesser.⁴⁾

Technisch hat also auch hier die Zukunft der Erneuerbaren längst begonnen; doch vor die praktische Umsetzung hat das Schicksal die 200-Meilen-Wirtschaftszonen in der Verfügungsmacht von Regierungen und ihren Regionalplanungen gesetzt. Und auch, wenn die regierungsamtlichen Ziele für den Offshore-Wind des Jahres 2030 in Deutschland angehoben wurden, so bleiben sie doch weiterhin recht beschränkt, was sich in zu geringen Ausweisungen von Windpark-Gebieten niederschlägt.

Dennoch hat der Offshore-Bereich auch für deutsche Firmen einen gewissen Vorteil: für ein Kranschiff ist es grundsätzlich egal, ob es z.B. von Cuxhaven aus zu einem deutschen, dänischen, niederländischen oder britischen Windpark fährt. Künftig könnte es noch einfacher werden, wenn das dänisch-niederländische Forwind-Konsortium seine künstliche Versorgungs- und Wartungsinsel auf der Doggerbank verwirklicht. Und den Firmensitz innerhalb der EU zu wechseln, war ja auch bisher schon leicht.

Floating Offshore

Offshore-Fundamente werden bei größeren Wassertiefen als 50 Metern zunehmend anspruchsvoller und teurer. Viele Staaten wie Norwegen, Portugal, aber auch Japan, Taiwan und die Philippinen haben steil abfallende Festlandsockel, die kaum Platz für Windparks bieten. Andererseits liegen 80% der weltweiten Starkwindgebiete in Wassertiefen über 60 Metern, und 80 % der Weltbevölke-



Bild 4: Das schwimmende Barge-System der französischen Firma Ideol



Bild 5: Rotor und Turbinenhaus einer Haliade-X, mit 12 MW die derzeit leistungsstärkste Windkraftanlage der Welt.

Quelle: General Electric

Turbinen und bei dem hohen Winddruck in den Starkwindgebieten wirken. Eine Möglichkeit um den Materialaufwand zu senken ist, mehr als eine Turbine auf einer Plattform zu montieren. Dazu muss die Plattform allerdings drehbar verankert sein, damit sich die Turbinen ggf. nicht gegenseitig im Wind stehen. So hat die Firma Aerodyn Engineering GmbH aus dem holsteinischen Büdelsdorf bei ihrem Entwurf SCDnezy² zwei 7,5-MW-Zwei-flügler an schräg stehenden Türmen auf einem TLP projektiert, die bei gleicher Leistung wie eine 15-MW-Anlage weniger Masse umfassen. Auf andere Wege zur Materialeinsparung setzen der dänische Windkraft-Pionier Henrik Stiesdal mit seinem TetraSpar-Floater und die spanische Firma Windcrete mit einem hohlen Beton-Spar, der von der Werft zum Zielort geschleppt und erst dort überwiegend mit Meerwasser als Ballast geflutet wird.⁵⁾

Die schwimmenden Anlagen könnten zudem noch viel günstiger werden, wenn man sie in größeren Stückzahlen baute.

Während die Floating-Offshore-Branche weltweit durchstartet – zur Jahreswende 2019/20 ist z.B. vor Portugal die erste von drei Turbinen des WindFloat Atlantic-Projektes ans Netz gegangen –, hat 2019 mit Senvion ein deutsches, in diesem Bereich engagiertes Unternehmen aufgeben müssen. Senvion u.a. war an einem Floating-Projekt vor der französischen Mittelmeerküste beteiligt.

Schlecht für den Standort Deutschland, denn die Offshore-Technik ist international. Und die Spezialisten, die bei Senvion ihren Arbeitsplatz verloren haben, werden irgendwo auf der Welt, z.B. in Fernost, einen anderen finden. Von dort aber werden sie kaum nochmals nach Deutschland zurück kommen.

– d.h. der potentiellen Stromabnehmer – leben in einem Radius von nur 50 km von den Küsten entfernt. Daher entwickelte die norwegische Erdölfirma Statoil (heute: Equinor) 2009 den Prototypen einer schwimmenden Windkraftanlage namens Hywind Demo und setzte ihn erfolgreich bei Stavanger ein. Dieser Vorstoß eines Fossil-Konzerns in den Bereich der Erneuerbaren Energien war kein Zufall, da die Branche schon langjährige Erfahrungen mit schwimmenden Ölbohrplattformen hatte. Dienten letztere zuerst noch als Vorbild, so entwickelte die Offshore-Wind-Branche für ihre Bedürfnisse vier Grundkonzepte: Spars (längliche Spierentonnen mit Ballast am unteren Ende), Barges (breite, schwimmende Kästen/Pontons), Halbtäucher (mehrbeinige Schwimmkörper) und Tension Leg Plattformen/TLPs (mehr-

beinige Tauch-Auftriebskörper an gespannten Seilen zur Meeresboden-Plattform). Die meisten dieser Plattformen werden bereits im Hafen montiert, dann an den Standort geschleppt und dort sicher verankert. Jedes Konzept hat seine speziellen Vor- und Nachteile.

Weder die Verankerung noch die Stromkabel zum Festland – für letztere gibt es die Jahrzehnte alten Erfahrungen mit Tiefseekabeln – sind das eigentliche Problem der Branche. Probleme macht vielmehr der teure – und wegen der Mengen an Beton und Stahl auch CO₂-lastige – Bau der z.T. über 5.000 t schweren Schwimmplattformen, die sich hierin noch einmal deutlich von den konventionellen Offshore-Plattformen abheben. Immerhin müssen die Schwimmer auch als Gegengewicht zu der Hebelwirkung der hohen Türme mit ihren schweren

Fliegende Windkraft

Dieses relativ neue Segment ist derzeit noch hauptsächlich landbasiert und wird als Flugwindkraftwerk oder Airborne Wind Turbine bezeichnet.⁶⁾ Von der technischen Struktur her unterscheidet es sich grundlegend von den Turm-Gondel-Konzepten der konventionellen Windenergie: es besteht aus einem Basisfahrzeug und einem an einem Halteseil geführten Flugobjekt; auf Betonfundamente u.ä. wie bei herkömmlichen WKAs kann verzichtet werden. Flugwindkraftwerke gibt es in zwei Grundauslegungen: bei dem einen Typus (A) wird der Strom erzeugende Generator durch die Seilwinde des Basisfahrzeugs angetrieben (Ground Based Power Generation), bei dem zweiten Typus (B) erfolgt die Stromerzeugung mit Hilfe des/der am Flugobjekt befestigten Propeller/s (Onboard



Quelle: Kitepowerent

Bild 6: Flugwindkraftwerke von unten gesehen: die Rippen dienen zur Stabilisierung des Kites

Power Generation). Flugwindkraftwerke können die in größeren Höhen (400-900 Metern) beständiger und stärker wehenden Winde nutzen, was heutigen WKAs nicht möglich ist; allerdings gibt es heute noch kein Airborne-System mit einer Leistung > 1 MW.

Der Typ A hat als Flugobjekt entweder einen Lenkdrachen, Quadrocopter oder ein unbemanntes Flugzeug. Diese steigen, computergesteuert liegende Achten fliegend, immer weiter auf und spulen dabei ein Halteseil von der Trommel, wodurch diese sich dreht und über einen Generator Strom erzeugt. Ab einem gewissen Höhenpunkt wird das Flugobjekt umgelenkt, wodurch es zur Erde zurück gleitet und das Halteseil mit wenig Energie wieder eingerollt werden kann. Zu diesem Segment gehören u.a. die Produkte von Enerkite, Skysails Power und

Kitepower.⁷⁾ Skysails verwendet solche Kites auch als eine Art fliegendes Genuasegel für Schiffe, die damit Treibstoff und CO₂-Emissionen einsparen können. Vorteil dieser Energie-Systeme sind die leichten, meist einfachen und billigen Flugkörper, der Nachteil ist, dass sie im Einsatz durch die geflogenen Achten einen relativ großen Luftraum benötigen.

Der Typ B besteht entweder aus einem Flugzeug oder aus einem Spezialballon bzw. Luftschiff. Die Generatoren sind direkt mit den Rotoren verbunden, befinden sich also auch in der Luft. Das aber bedeutet ein erhöhtes Gewicht und ein größeres Schadensrisiko bei einer (Bruch-)Landung. Daher gibt es in diesem Bereich deutlich weniger Projekte, von denen die aus dem Google-Inkubator hervor gegangene Firma Makani die bekannteste ist. Deren Prototyp startete erstmals Mitte August 2019 von einer norwegischen Schwimmplattform in der Nordsee.⁸⁾

Vorteil des Typ B ist, dass er auf das Fliegen von Achten verzichten kann, relativ ruhig am Himmel steht und so dort wenig Platz benötigt.

Die meisten der Flugsysteme haben als Basis einen LKW, der den Generator transportiert, ggf. auch einen Startkran sowie Akkus, falls die geerntete Energie nicht in ein Netz eingespeist werden kann.

Damit ist die „Fliegende Windkraft“ sehr orts- und zeitflexibel, und kann auch dort eingesetzt werden, wo andere Windkraftanlagen keinen Platz haben: über Industrieanlagen, Seen, nächtlichen Städten etc.

Fazit

Die Windenergie hat in den vergangenen Jahren national wie international eine Vielzahl von Innovationen geschaffen und Problemen gelöst. Mit neuen Techniken wurden u.a. höhere Leistun-

gen, ein geringerer Materialverbrauch und neue Nutzungsorte erschlossen. Technisch wäre sie problemlos in der Lage, einen deutlich höheren Beitrag zur Produktion erneuerbaren Stroms und gegen den Klimawandel zu leisten. Doch das ist derzeit von deutscher Regierungsseite offensichtlich nicht gewünscht. Wie schon bei der Robotertechnik (Kuka), der Sonnenenergie, der KI, der Biotechnik und der Elektromobilität schaut die Bundesregierung mehr oder minder tatenlos zu, wie deutsche Firmen von ausländischen Konzernen – oft aus China – aufgekauft werden, wie deutsche Patente damit „abfließen“ und heimische Fachkräfte das Land verlassen müssen – andere Staaten freuen sich über diesen Braindrain. Mögen der deutsche Maschinenbau und die deutsche Autoindustrie wegen ihrer Marktmacht diese Politik der Merkel-Ära vielleicht überleben, für die deutsche Windindustrie könnte es ebenso wie weiland für die Solarindustrie das Ende bedeuten.

Ob diese Regierungspolitik böse Absicht oder bloße Dummheit ist, mag jeder für sich selbst entscheiden. Jedenfalls ist diese Form des nichtregierenden Regierens weder wegen der Arbeitsplätze noch wegen des zunehmend bedrohlicher werdenden Klimawandels akzeptabel.

Fußnoten

- 1) www.renewableenergyworld.com/2020/03/19/global-offshore-wind-installations-up-35-percent-in-2019-a-new-record/
- 2) www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Windenergie-auf-See/Technik/Fundamente/fundamente.html
- 3) www.esteyco.com/en/proyectos/elisa-proyect-prototype-mario-luis-romero-torrent/
- 4) share-ng.sandia.gov/news/resources/news_releases/big_blades/#.VrMdOFLO_5g
- 5) www.stiesdal.com/material/2018/11/offshore-brochure-web.pdf; www.windcrete.com
- 6) de.wikipedia.org/wiki/Flugwindkraftwerk; https://en.wikipedia.org/wiki/Airborne_wind_turbine
- 7) www.enerkite.de/; <https://skysails-power.com/>; <https://kitepower.nl/>
- 8) www.youtube.com/watch?v=F6NW0QeKLZA



Quelle: General Electric

Bild 7: Eine Haliade-X auf einer Jacket-Gründung

ZUM AUTOR:

► Götz Warnke

Vorsitzender der Sektion Hamburg

kontakt@warnke-verlag.de