

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse  
**Band:** 95 (2004)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Multi-Megawatt-Windkraftanlagen fordern neue Höchstleistungen  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857944>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

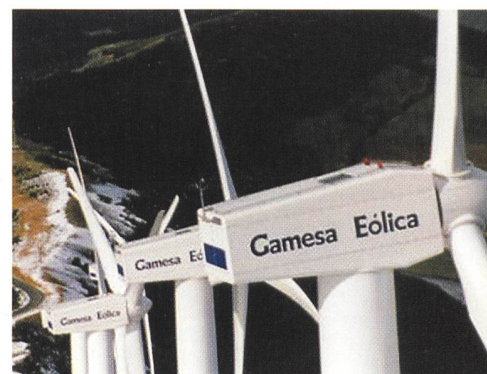
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 27.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Multi-Megawatt-Windkraftanlagen fordern neue Höchstleistungen

An der Entwicklung von immer leistungsstärkeren und profitableren Windenergieanlagen, die für Offshore, Onshore und Repowering zur Verfügung stehen, arbeitet die Windenergiebranche mit Hochdruck. So ist die Multi-Megawatt-Generation bereits Realität. Viele Hersteller gehen mit ihren Anlagen ab 2 MW in die Serienproduktion, andere haben Prototypen mit 3 MW und mehr Leistung errichtet. Auch 5 MW sind keine Schallgrenze mehr, die Fortschritte sind rasant. Die internationale Windkraftbranche erwartet in den nächsten Jahren ein kräftiges Wachstum: Nach Einschätzung von Herstellern und Projektentwicklern dürfte sich die Leistung aus Windkraftanlagen bis 2012 weltweit mehr als verdreifachen.



Der spanische Marktführer Gamesa offeriert in der Multi-Megawatt-Klasse ihre 2-MW-Produktlinie mit unterschiedlichem Rotordurchmesser.

## Rasante Entwicklung in der Multi-Megawatt-Klasse

Der Offshore-Windpark Rødsand/Nystedt (Dänemark) ist mit 165 MW die derzeit grösste Windfarm auf See. Dort drehen sich 72 Windenergieanlagen vom Typ AN Bonus 2,3 MW (hier gedrosselt auf 2,2 MW). Insgesamt ist dieser Anlagentyp inzwischen über 100 Mal gebaut worden. Zudem wird eine «3-MW-plus-X»-Anlage mit über 100 Metern Rotordurchmesser entwickelt.

Der britische Hersteller DeWind stellt seine D8/2 MW inzwischen in Serienfertigung her. Acht Anlagen wurden bereits installiert, elf weitere werden es bis Jahresende sein. In Tschechien produziert die Muttergesellschaft FKI in Pilzen und erwägt eine dortige Windturbinen-Fertigung. Jenseits der 2 MW lässt die Firma bereits eine «3-MW-plus-X»-Anlage entwickeln, die aber ausschliesslich onshore errichtet werden soll.

Der spanische Marktführer Gamesa hat die EBV-Unternehmensgruppe mit ihrer Projektpipeline erworben. In der Multi-Megawatt-Klasse offerieren die Spanier ihre 2-MW-Produktlinie mit unterschiedlichem Rotordurchmesser.

## Onshore und Offshore

GE Wind Energy verfügt über die leistungsstärkste Offshore-Anlage mit 3,6 MW. An Land wird es voraussichtlich eine 3,2-MW-Anlage geben, die erstmals in Dünkirchen gebaut wird. Neu im Onshore-Programm ist die «2X-Klasse», von der nächstes Jahr die ersten Prototypen gebaut werden. Die Anlagen sind eine Gemeinschaftsentwicklung, bei der die internationalen Synergien von General Electric voll genutzt wurden. Mit einer Nennleistung von 2,3 MW (94 Meter Rotordurchmesser), 2,5 MW (88 Meter Rotordurchmesser) oder 2,7 MW (als Starkwindanlage mit 84 Meter Rotordurchmesser, ausgelegt für die IEC-

Windklasse I) verfügt sie über einen modularen Aufbau.

NEG Micon A/S hat gerade im Risø-Testfeld (Dänemark) den Prototypen seiner 4,2-MW-Maschine mit 110 Meter Rotordurchmesser errichtet. Gondel und Rotor wiegen nur 215 Tonnen. Der Einsatz der NM 4,2/110 soll ausschliesslich offshore erfolgen. In der 2-MW-Klasse bietet NEG Micon die NM 92/2750 mit 2,75 MW Leistung an.

Die Nordex AG befindet sich im «Restrukturierungsprozess» und will 2004/2005 wieder schwarze Zahlen schreiben. Die Entwicklung einer «3- bis 5-MW-Anlage» wird weiterverfolgt. Der Anlagentyp N80/2MW wurde bislang 87 Mal, der neue Anlagentyp N90/2,3 MW drei Mal errichtet.

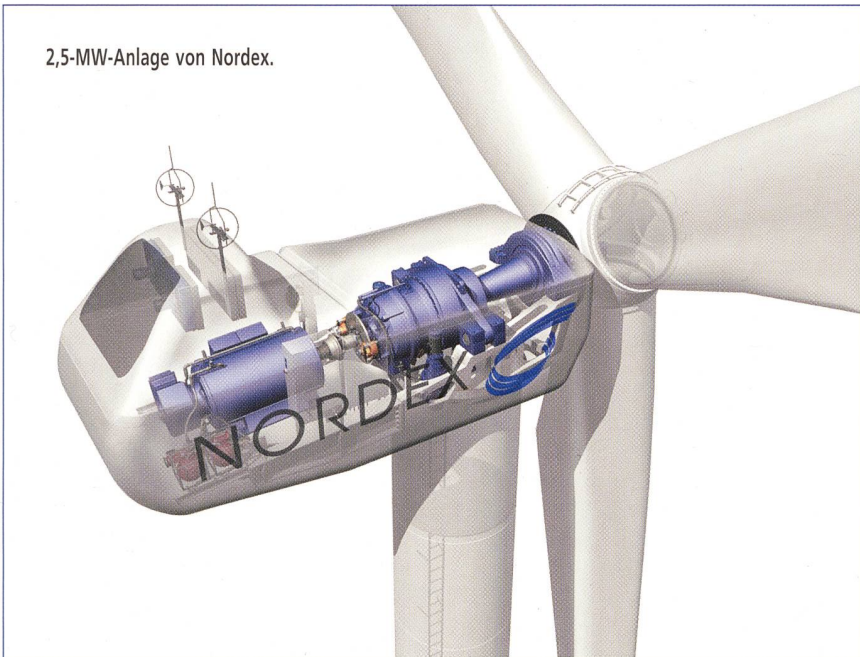
## 5-MW-Anlage

REpower baut im Frühjahr 2004 den Prototypen seiner 5-MW-Anlage «5M» auf einem 120 Meter hohen Stahlrohrturm bei Brunsbüttel. Die Gondel «reist» dabei auf dem Seeweg über den Nord-Ostsee-Kanal, ein Transport an Land ist wegen der grossen Masse (23 Meter Länge, 6 Meter Breite, 6,5 Meter Höhe) kaum möglich. Die Anlage soll an einem sehr guten Standort auf See (bei 4000 Volllaststunden) jährlich rund 20 Millionen Kilowattstunden erzeugen. Von ihren 2-MW-Anlagen MM 70 und MM 82 wird die REpower AG bis Jahresende fünf bzw. fünfzehn Anlagen gebaut haben, sodass hier im nächsten Jahr die Serienproduktion startet. Von der MM 82 sollen für das nächste Jahr bereits über 50 Maschinen verkauft sein.



REpower baut den Prototypen seiner 5-MW-Anlage «5M» (Bildmontage REpower).

2,5-MW-Anlage von Nordex.



## Herausforderungen für die Zulieferindustrie

Höher, grösser und vor allem wartungsarm – so lauten die Anforderungen an die Windenergieanlagen der Zukunft für den Onshore- und Offshore-Einsatz. Das fordert auch von den Entwicklungsabteilungen der Zulieferindustrie neue Höchstleistungen.

## Weltgrösste Flügel

Das neueste Highlight der Zulieferbranche: Der weltgrösste Flügel für Windenergieanlagen ist gerade fertig gestellt worden. Exakt 61,5 Meter lang ist es, das erste von drei Rotorblättern für die Fünf-Megawatt-Anlage 5M des Windkraftanlagenherstellers REpower AG, die bis zum Frühsommer bei Brunsbüttel errichtet werden soll. Die Flügel-Prototypen für die erste 5-MW-Anlage stammen aus dänischer Produktion: Von LM Glasfiber A/S, dem einzigen weltweit operierenden unabhängigen Blatthersteller. Das 61,5-Meter-Blatt schlägt alle Rekorde: Es sorgt bei einem Rotordurchmesser von 120 Metern für eine windbestrichene Fläche von 12 568 Quadratmetern, fast so gross wie ein Fussballfeld. Der Flügel wird in zwei Teilen produziert und dann zusammengesetzt. Das Blatt wiegt etwa 17 Tonnen. Von dem neuen Rekordblatt werden die Dänen vorerst vier Stück produzieren: Drei für die ebenfalls neue Rekord-Megawatt-Anlage 5M und einen für sich selbst, um ihn einem echten Belastungstest zu unterziehen.

## Immer leichter

Die neuen leistungsstarken Anlagen der Multi-Megawatt-Klasse fordern die Innovationskraft der Zulieferer: Die Komponenten müssen zukünftig immer leichter werden. Denn mit der Anlagengrösse steigert sich das Gewicht eines Getriebes normalerweise überproportional, weil das Drehmoment steigt. So wiegt das Flender-Getriebe für die 2,5-MW-Anlage N80 von Nordex rund 20 Tonnen, während das Getriebe des selben Herstellers für die doppelt so leistungsstarke 5-MW-Anlage von REpower schon rund 63 Tonnen wiegt. Das gesamte Gondelgewicht summiert sich damit auf 350 Tonnen. Die Lasten, die auf die gesamte Anlage wirken, sind enorm. Einer weiteren Zunahme dieser Lasten sind jedoch Grenzen gesetzt, weil dies Probleme bei Statik, Transport, Aufbau-Logistik und nicht zuletzt bei den Kosten nach sich zieht.

Weitere Anforderungen an die Einzelteile der Windenergieanlagen: Sie müssen transportabel bleiben und zudem preiswert hergestellt werden können – hohe Massstäbe für Komponenten, die lange halten und möglichst wenig Reparatur anfällig sein sollen. Die Wartungs- und Serviceintensität prüfen die Zulieferfirmen teils in eigenen Testeinrichtungen, bevor die Komponenten Serienreife erlangen. Den grössten Teststand für Getriebe von bis zu 6 MW betreibt die Winergy AG, in der Flender seine Windenergieaktivitäten zusammengefasst hat. Speziell bei Offshore-Anlagen muss beispielsweise ein Lagerwechsel in der Gon-

del möglich sein, auch an Schmier- und Kühlaggregate werden hohe Anforderungen gestellt.

## Extreme Anforderungen an das Getriebe

Die extremsten Anforderungen werden jedoch an das Getriebe gestellt, das zwei Jahrzehnte und länger halten soll. Mit über 25 000 ausgelieferten Getrieben für Windenergieanlagen ist die Winergy hier eines der weltweit führenden Unternehmen. Mit dem Winergy Superfinishing (WinsSF) offerieren die Hersteller eine Oberflächenbehandlungsmethode, um die Verschleissfestigkeit der Zahnräder in den Windgetrieben zu erhöhen. In dem chemischen Prozess werden die Oberflächen gezielt geglättet und so der Verschleiss durch Reibung reduziert. Zur Überwachung des Anlagenzustandes, der Kontrolle und Auswertung von Temperaturen und Schwingungsverhalten setzen Getriebelieferanten, Zulieferer und unabhängige Dienstleister verstärkt auf das Condition Monitoring (CMS), beispielsweise der Wälzlagerproduzent SKF GmbH. Die SKF-Diagnosemöglichkeiten reichen von Zahnrad- und Wälzlagerschäden über Auswuchtung bis hin zu Turm- und Blattschwingungen.

Mit dem rasanten Wachstum der Windenergie haben viele traditionelle Industriebetriebe wie etwa SKF oder das Service-Stahl-Center in Bremen die Windbranche als neues lukratives Geschäftsfeld entdeckt. Wie der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) berichtet, entfielen immerhin 2,7 Milliarden Euro vom Gesamtumsatz der Windenergiebranche 2003 in Deutschland (3,5 Mrd. Euro) auf die Anlagen selbst. Die Branche schafft zudem zahlreiche Arbeitsplätze: So sind über ein Viertel der Mitarbeiter des Getriebelieferanten Flender aus Bocholt inzwischen in der Windenergiesparte tätig.

## Deutliches Wachstum des Windenergiemarktes prognostiziert

Die internationale Windenergiebranche erwartet in den nächsten Jahren ein deutliches Wachstum: Bis zum Jahr 2012 sollen weltweit insgesamt 150 000 MW Leistung installiert sein. Derzeit sind Windenergieanlagen mit zusammen 40 000 MW Leistung am Netz. Der bis 2012 vorhergesagte Zuwachs um 110 000 MW entspräche einem geschätzten Investitionsvolumen von rund 130 Milliarden



Die internationale Windenergiebranche erwartet ein deutliches Wachstum (Bild Nordex).

Euro. Das ist das Ergebnis der WindEnergy-Studie 2004, die von der Hamburg Messe präsentiert wurde. Das Deutsche Windenergie Institut (DEWI) hat dazu im Auftrag der Hamburg Messe Hersteller von Windenergieanlagen sowie Projektentwickler zu ihrer Markteinschätzung befragt.

### Zukunftsmärkte in Europa und in den USA

Als die derzeit fünf wichtigsten Zukunftsmärkte nannten die befragten Firmen Frankreich, Grossbritannien, Österreich, Italien und die USA. Hier zeichnet sich im Vergleich zu 2002 ein deutliche Veränderung ab: Die einstigen Hoffnungsträger Polen und Türkei (WindEnergy-Studie 2002) haben die Erwartungen nicht erfüllt. Dagegen setzen Länder wie Österreich und Grossbritannien jetzt verstärkt auf Windenergie, und auch Frankreich gewinnt weiter an Bedeutung. Corin Millais, CEO der European Wind Energy Association (EWEA), stellt fest, dass die Zukunft der Windindustrie in der Erschliessung neuer Märkte – zusätzlich zu den bekannten drei grossen – liegt. Und diese Umfrage zeigt gerade, wie umfangreich der Markt sein kann – es hat 25 Jahre gedauert, 40 000 MW zu installieren, und es wird weniger als zehn Jahre

brauchen, um weitere 110 000 MW hinzuzufügen. Das ist eine weitere Bestätigung dafür, dass Europa der Wachstumsmotor des globalen Windenergiemarktes in den nächsten zehn Jahren bleibt.

### Rückgang in Deutschland geringer als befürchtet

Der vor zwei Jahren prognostizierte Rückgang des Windenergiemarktes in Deutschland ist im Jahr 2003 mit den erreichten 2645 MW tatsächlich eingetreten, allerdings geringer als befürchtet. Deutschland ist und bleibt damit der grösste Windenergiemarkt der Welt. Nach den Ergebnissen der Studie 2004 sind die Hersteller und Entwickler heute wieder optimistischer als noch im Jahr 2002: Bis 2012 erwarten sie eine installierte Leistung von 22 600 MW auf dem Land und 6700 MW in Nord- und Ostsee. Bis 2030 könnten dann 30 Prozent des deutschen Strombedarfs aus Windenergie gedeckt werden.

Der Offshore-Markt wird laut WindEnergy-Studie erst ab 2006 anziehen. Vor zwei Jahren war die Branche diesbezüglich etwas optimistischer und erwartete erste Offshore-Projekte in Deutschland bereits im Jahr 2004. Zwar verschiebt sich der zeitliche Beginn der Offshore-Anwendung, aber es wird dann eine schnellere Entwicklung vermutet, die im Jahr 2012 zu einer fast 30 Prozent höheren Offshore-Leistung (6800 MW) führen könnte, als dies das Ergebnis der Studie vor zwei Jahren zeigte. Besonders Windparks auf See sollen durch die Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) staatlich gefördert werden. Dies scheint mit dem Entwurf von Bundesumweltminister Jürgen Trittin gelungen: Rund 30 Prozent der Befragten erwarten durch die Novelle in den nächsten fünf Jahren einen starken Impuls für den Offshore-Markt.

### Grossbritannien holt auf

Im europäischen Vergleich sehen die Befragten Deutschland auf dem zweiten Platz, wenn es um die schnelle Realisierung von Offshore-Windparks in den kommenden fünf Jahren geht. Grossbritannien wird nach Einschätzung der Branche Nummer 1 bei der Realisierung von Windparks auf See sein, auf Platz drei folgt Dänemark. Thorsten Herdan, Geschäftsführer VDMA Power Systems, sieht derzeit einen gefestigten deutschen Markt: «Die Windenergiebranche hat sich im vergangenen Jahr auf dem hohen

Niveau von 2001 stabilisiert. Der Auftragsbestand der Hersteller ist gut und das Service- und Wartungsgeschäft wächst kontinuierlich. Zudem haben die deutschen Hersteller durch hohes Know-how gute Marktchancen im Export. Daher sind wir zuversichtlich, dass der Export deutlich anziehen wird.»

Für die Markterschliessung setzen die international agierenden Windfirmen auf die Zusammenarbeit mit Unternehmen im Zielland: So sehen zwei Drittel der Hersteller und Projektentwickler in einem Jointventure das Erfolg versprechendste Vorgehen. Rund 17% der Hersteller und etwa 27% der Projektentwickler bereiten neue Märkte durch die Gründung einer Tochterfirma. Bei allen Befragten ist die Unsicherheit bezüglich der Energiepolitik im Zielland als grösstes Hindernis eines Engagements in neuen Märkten anzusehen. Auch die länderspezifischen Finanzierungsmodelle sorgen derzeit für Verunsicherung bei der Erschliessung von neuen internationalen Zielmärkten. Während Hersteller in der instabilen politischen Situation ein ebenso grosses Hindernis sehen, scheinen die Projektentwickler risikofreudiger zu sein.

### 20000 MW Offshore in Europa geplant

Noch haben die rund ein Dutzend Windparks, die weltweit auf See in Betrieb sind, «nur» eine Gesamtleistung von 280 Megawatt (MW). Doch bereits in wenigen Jahren wird Offshore ein bedeutendes Standbein der internationalen Windkraftindustrie sein: Allein in Nordeuropa planen nach Auskunft der europäischen Windenergievereinigung EWEA Projektierungsgesellschaften Offshore-Windparks mit einem Gesamtvolumen von über 20000 MW. Das entspricht einer installierten Leistung, die in zwei Jahrzehnten kommerzieller Windenergienutzung an Land errichtet wurde (23000 MW).



Dun Law Windfarm südlich von Edinburgh (Bild RES).



3,6-MW-Maschinen mit 104 m Rotordurchmesser im Windpark Arklow, Irland (Bild GE Wind Energy).

### Höhere Erträge auf See

Eines der Argumente für Windparks auf See sind die deutlich höheren Erträge: Während eine 2-MW-Anlage an einem guten Standort an Land jährlich etwa 2000 Volllaststunden erreicht und somit maximal vier Millionen Kilowattstunden produziert, sind in der Nordsee je nach Küstenentfernung 4000 Volllaststunden und mehr erreichbar. Bei Anlagen von 3 bis 5 MW Leistung entspricht das einer Jahresproduktion von 12 bis 20 Millionen Kilowattstunden. Noch im Sommer soll der dann leistungsstärkste Offshore-Anlantentyp auf See vor Irland aufgestellt werden: Die 3,6-MW-Maschine von GE Wind Energy wird mit einem Rotordurchmesser von 104 Metern und mit 73,5 Metern Nabenhöhe sieben Mal im Windpark Arklow in rund zehn Kilometer Entfernung von der Küste aufgebaut. In der «Pilotphase» mit 25 MW soll der Windpark den Strombedarf von 16 000 Haushalten decken. Insgesamt sind im Windpark Arklow Bank «200 MW plus X» geplant.

Bereits fertig gebaut ist die dänische Windfarm Rødsand in der Ostsee, südlich der Hafenstadt Gedser: Im August 2003 wurde die letzte der 72 Anlagen vom Typ AN Bonus 2,2 MW/76 (von 2,3 auf 2,2 MW reduzierte Version) errichtet. Jede dieser Anlagen soll in der windschwächeren Ostsee 4,8 Millionen Kilowattstunden produzieren.

### Grosse Windparks geplant

Geplant sind weitere Windparks auf See in den Niederlanden (Mouth of the Western Scheldt River/100 MW, Ijmuiden/100 MW), in Dänemark (Läsö/150 MW, Omo Stalgrunde/150 MW, Gedser

#### Quelle

Hamburg Messe und Congress  
WindEnergy – Int. Trade Fair  
St. Petersburger Strasse 1  
D-20355 Hamburg

#### WindEnergy – International Trade Fair: vom 11. bis 14. Mai 2004 auf dem Hamburger Messegelände

Die internationale Fachmesse bietet Herstellern und Zulieferern, Planern, Finanzierungsinstituten, Mess- und Zertifizierungsstellen sowie Fachleuten aus Forschung und Entwicklung eine internationale Plattform zum weiteren Ausbau dieses Zukunftsmarktes. Offizielle internationale Partner der WindEnergy sind die EWEA, AWEA und die InWEA, auf nationaler Ebene der VDMA und das DEWI. Weitere Informationen unter [www.windenergy-hamburg.de](http://www.windenergy-hamburg.de)



### Noch wenig Windnutzung an deutschen Küsten

Der Offshore-Markt in Deutschland steckt dagegen noch in den Anfängen: Ein wichtiger Schritt für die Windenergienutzung auf See wird allerdings derzeit mit der Errichtung der Offshore-Forschungsplattform «Fino» im Meer etwa 45 Kilometer nördlich von Borkum unternommen. «Fino» soll noch im Juli auf das bereits installierte Jacket-Fundament gesetzt werden, die Plattform befindet sich dann 20 Meter über dem Meeresspiegel. Bei diesem Projekt dabei ist das Deutsche Windenergie-Institut (DEWI), das unter anderem die Windmessungen mit einem 80 Meter hohen Messmast vornimmt. Für Betrieb und Planung der Plattform zeichnet der Germanische Lloyd Windenergie (Hamburg) verantwortlich. Das zunächst auf ein Jahr befristete, neun Millionen Euro teure Forschungsvorhaben (davon knapp fünf Millionen Euro Investitionskosten) wird vom Bundesumweltministerium finanziert.

Rev/15 MW, Rødsand/600 MW), in Schweden (Lillgrund Bank/48 MW, Bar-sebank/750 MW), Irland (Kish Bank/260 MW+X, Arklow Bank/200 MW+ X) sowie in Grossbritannien. Dort läuft derzeit die zweite Bewerberausschreibung von Regierungsseite innerhalb- und ausserhalb der 12-Seemeilen-Zone. Projektierungsgesellschaften planen zurzeit im Vereinigten Königreich 13 Windparks auf See. In den USA soll schon 2005 die grösste Offshore-Windfarm der Welt gebaut werden: Der Windpark Cape Cod vor der Küste von Massachusetts umfasst 468 MW, als Anlantentyp wurde hier ebenfalls die 3,6-MW-Maschine von GE ausgewählt. Hinter den Offshore-Projekten stehen erhebliche Investitionssummen: Die EWEA erwartet bereits für das Jahr 2010 Windparks mit 5000 MW Gesamtleistung offshore (von insgesamt 60 000 MW). Ihr Investitionsvolumen dürfte rund neun Milliarden Euro umfassen. Grossbritannien könnte mit der angepeilten Errichtung von 3000 MW auf See in fünf Jahren den ersten grösseren Offshore-Boom auslösen.

## Les éoliennes multimégawatts exigent des techniques très avancées

Le secteur de l'énergie éolienne travaille d'arrache-pied au développement d'éoliennes toujours plus puissantes et plus rentables pour des installations en mer, sur terre et de repowering. La génération des éoliennes multimégawatts est déjà une réalité. De nombreux constructeurs lancent la fabrication en série d'installations à partir de 2 MW, d'autres possèdent des prototypes de 3 MW et plus. Les 5 MW ne sont plus une limite, les progrès sont fulgurants. Le secteur international de l'énergie éolienne s'attend à une forte croissance dans les années à venir: selon des estimations des fabricants et des développeurs de projets, la puissance des installations éoliennes devrait plus que tripler d'ici 2012.