ENERGIE Perspektiven
Ausgabe 1/2008
Forschung für die Energieversorgung von morgen

Erneuerbare

Erster deutscher Offshore-Windpark

Sie werden über dem Wasser höher aufragen als der Kölner Dom und weithin sichtbare Zeugnisse eines derzeit weltweit einzigartigen Projekts sein: Im Sommer sollen die ersten von insgesamt zwölf Energieanlagen des Windparks „alpha ventus“ 45 Kilometer vor der Küste Borkums in der Nordsee stehen, 148 Meter hoch, mit Gondeln von der Größe eines Einfamilienhauses und Rotorblättern, die doppelt so lang sind wie ein Blauwal.

Für das spektakuläre Projekt haben sich drei Energieriesen zusammengetan, die Stromkonzerne E.ON Energie, EWE und Vattenfall Europe. Die Anlagen stehen so weit draußen und so tief im Wasser wie kein anderer Windpark auf See: 60 Kilometer vom Festland entfernt in rund 30 Meter tiefem Wasser. Zudem kommen nur Generatoren mit fünf Megawatt Nennleistung zum Einsatz – die größten derzeit verfügbaren. „Diese Kombination ist weltweit einmalig“, betont Projektleiter Hendrik Bergmann von Vattenfall. Zwar gibt es schon viele Offshore-Windparks, vor allem in Dänemark, Irland, Großbritannien und Schweden, die meisten stehen aber nah an der Küste oder in flachem Wasser.

EDITORIAL

Mit 22 Gigawatt installierter Leistung ist Deutschland Windenergie-Weltmeister. Statt heute rund sechs Prozent soll der Wind in dreißig Jahren ein Viertel des deutschen Stroms erzeugen, so die Bundesregierung (S. 4). Weil Standorte an Land knapp werden, hofft man auf Nord- und Ostsee: Hier müssen die Anlagen jedoch – im Unterschied zu denen anderer Länder – weit draußen vor der Küste stehen, um Natur und Tourismus zu schonen: Erst dieses Jahr wird daher der erste deutsche Hochsee-Windpark gebaut (S. 1, 2). Weiteren 19 hat die Aufsichtsbehörde bisher zugestimmt. Befördert durch das Erneuerbare Energien-Gesetz sind zusätzliche 47 Genehmigungsverfahren im Gange.

Die Redaktion

Ergänzt werden die gedruckten Kurzbeiträge durch weiterführende Artikel im World-Wide Web.

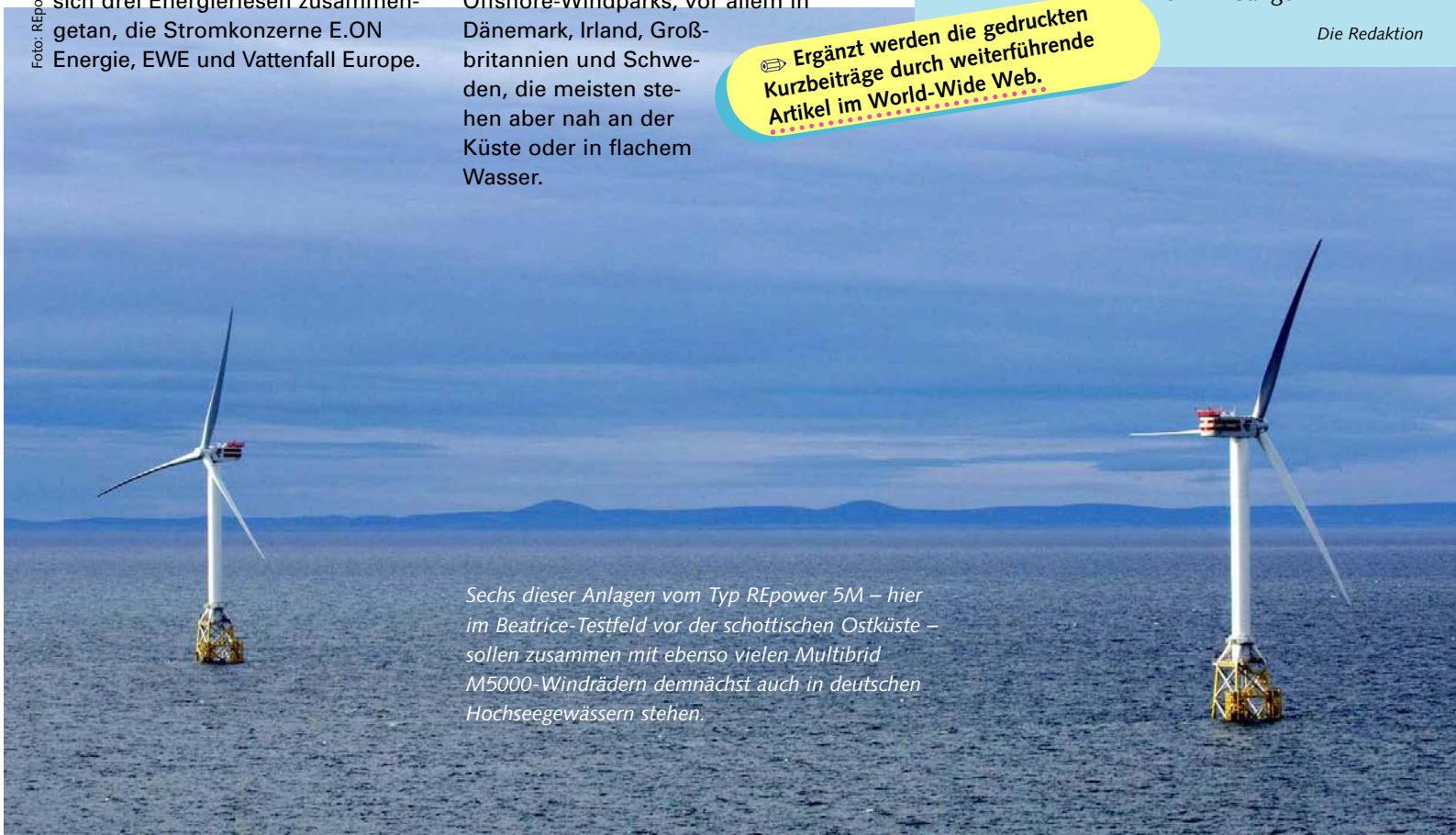


Foto: REpower Systems AG, Jan Oelker

Sechs dieser Anlagen vom Typ REpower 5M – hier im Beatrice-Testfeld vor der schottischen Ostküste – sollen zusammen mit ebenso vielen Multibrid M5000-Windrädern demnächst auch in deutschen Hochseegewässern stehen.



Foto: REpower Systems AG, Jan Oelker

Wartungsarbeiten in 150 Meter Höhe sind nur bei moderaten Windstärken möglich

Schon im Herbst soll der erste Strom vom Meer aus ins Netz fließen, bis Mitte 2009 sollen alle zwölf Anlagen stehen. Für den Anschluss an das Stromnetz sorgt ein 60 Zentimeter dickes Seekabel. Es läuft vergraben im Nordseeboden bis zu einer Plattform mit eigenem Transformator und Umspannwerk. Taucher werden dabei helfen, die Kabel in die Sockel der stählernen Riesen einzufädeln. Die 700 Tonnen schweren Kolosse mit ihren 30 Metern Standflächendurchmesser werden direkt im Hafen montiert. Ihr Ziel sollen sie auf Spezialschiffen erreichen. So mächtig diese wirken – die Urgewalten der Nordsee halten sie schnell im Hafen fest: „Wir können nur in wenigen Wetterfenstern arbeiten. Wenn man die addiert, kommt man auf drei bis vier Monate im Jahr."

Steht der Sockel, setzt ein schwimmender Spezialkran die Turmröhre in Segmenten und die Gondel darauf. Schwierig wird dann noch einmal die Verbindung mit den je nach Mühle 61,5 oder 56,6 Meter langen Rotorblättern. Dabei gilt für jedes einzelne Bauteil bei Konstruktion, Transport und Aufbau: Es darf nichts beschädigt werden, selbst kleinste Risse oder Kratzer sind tabu. „Sonst würden wir draußen sofort ein Problem mit dem Rost bekommen", sagt Irina Lucke von EWE. Vor allem die elektrischen Teile müssen perfekt geschützt werden. Denn fällt eine Mühle aus, kostet das viel Geld.

Für Reparaturen wird ein Schiff den Park nur ansteuern können, wenn die Wellen höchstens 1,3 Meter hoch branden, also nur in knapp einem Drittel des Jahres, schätzt Lucke. Weitere 60 Prozent der Zeit könnten die Anlagen mit dem Helikopter angeflogen werden. Zehn Prozent des Jahres aber sind sie unerreichbar: „Bei Windstärke 10 findet man keinen Monteur mehr, der sich auf einem vier mal vier Meter großen Quadrat absetzen lässt."

Zwei Jahrzehnte lang sollen die zwölf Anlagen möglichst störungsfrei ihren Dienst tun – so der Plan. „Ob sie den harten Einsatz so lange aushalten werden, weiß man nicht", gibt Bergmann zu. Immerhin müssen die Mühlen durchschnittliche Windgeschwindigkeiten von zehn Metern pro Sekunde im Dauerbetrieb aushalten. Sorge bereiten den Betreibern die Handelsschiffe. „Der Park liegt zwischen zwei Hauptschifffahrtslinien und wir werden immer Angst haben, dass uns ein Tankerkapitän mal eben das Seekabel wegreißt". Zu den möglichen Horrorszenarien zählt auch, dass ein betrunkener Kapitän gegen die Anlagen steuert oder ein Frachter manövrierunfähig auf den Park zutreibt. „Da kommen viele Unwägbarkeiten auf uns zu", betont Bergmann. Dies sei der Hauptgrund dafür gewesen, dass die drei Energiekonzerne sich für das Projekt zusammentaten. „So wird das Risiko gedrittelt. Und die Erkenntnisse teilt man."

Annett Klimpel, dpa



Grafik: alpha ventus Pressebild

„alpha ventus", 45 Kilometer vor der Küste Borkums, ist der weltweit erste Offshore-Windpark, der unter Hochseebedingungen realisiert wird

✏ *Weiteres: www.energie-perspektiven.de*

Wendelstein 7-X

Erster Meilenstein erreicht

Mit dem Fertigstellen der ersten beiden Halbmodule der Fusionsanlage Wendelstein 7-X erreichte der stufenweise Zusammenbau des Großexperiments im Greifswalder Teilinstitut des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik den ersten Meilenstein: Zwei Zehntel des inneren Kerns der Anlage sind nun fertig.

In zwei Vormontageständen war dazu jeweils ein Teil des Plasmagefäßes hinein gehoben und je eine der sechs Tonnen schweren Magnetspulen mit einem Spezialgreifer über nur Millimeter breite Zwischenräume auf das Gefäß gefädelt worden. Jeweils ein zweiter Plasmagefäß-Sektor wurde angeschweißt und die Wärmeisolation an den Nahtstellen vervollständigt. Diese Superisolation trennt später die tiefkalten supraleitenden Mag-

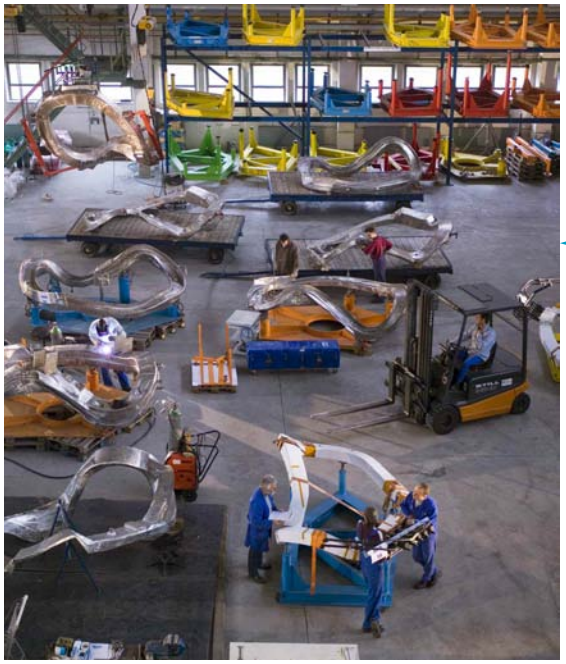


Foto: IPP, André Künzelmann

Die industrielle Herstellung der wesentlichen Bauteile für Wendelstein 7-X – hier die Magnetspulen – ist nahezu abgeschlossen

netspulen von ihrer warmen Umgebung. Auf jedem Gefäßstück folgten weitere sechs Magnetspulen; alle wurden mit ihrem Traggerüst verschraubt. Ende Februar schließlich konnten die beiden Halbmodule zum Zusammenbau nebeneinander in den dritten Montagestand gehoben werden. Ein halbes Jahr wird es dauern, bis hier alle Leitungen für Strom und Kühlmittel geschlossen sind. Projektleiter Professor Thomas Klinger: „In rund sechs Jahren sollen dann fünf dieser komplexen Module fertiggestellt und in der Experimentierhalle kreisförmig zusammengesetzt sein."
Ein Fusionskraftwerk soll ähnlich wie die Sonne aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie gewinnen. Dazu muss der Brennstoff – ein Wasserstoffplasma – in Magnetfeldern eingeschlossen und auf Temperaturen über 100 Millionen Grad aufgeheizt werden. Wendelstein 7-X wird nach der Fertigstellung die weltweit größte Anlage des Bautyps „Stellarator" sein: Mit bis zu 30 Minuten langen Plasma-Entladungen soll sie deren wesentliche Eigenschaft vorführen, den Dauerbetrieb. Von den in Japan, Spanien und den USA betriebenen Stellaratoren unterscheidet sich Wendelstein 7-X durch das auf die späteren Kraftwerkserfordernisse hin optimierte Magnetfeld. Thomas Klinger: „Der internationale Testreaktor ITER, dessen Aufbau im südfranzösischen Cadarache demnächst beginnen wird, ist vom alternativen Typ ‚Tokamak'. Wenn Wendelstein 7-X unsere Erwartungen erfüllt, dann könnte das auf ITER folgende Demonstrationskraftwerk auch ein Stellarator sein." imi

✏ *Weiteres:*
www.energie-perspektiven.de

Der Blick des Dichters

Schon das Herzstück der Anlage, der Torus, der das Plasma aufnehmen soll, gleicht keinem Ring mehr; er sieht deformiert aus, so als hätte ein Elefant darauf herumgetrampelt. Sein Querschnitt nimmt dadurch bohnenförmige bis dreieckige Gestalt an. Einen noch abenteuerlicheren Eindruck macht die Form der Magnetspulen. Auf den ersten Blick sieht jedes Modul aus wie eine Laubsägearbeit von Gigantenkindern. Das liegt an der ausgeklügelten Geometrie der Komponenten, die von einer fünffachen Symmetrie bestimmt ist …" – so beschreibt der Schriftsteller und Dichter Hans Magnus Enzensberger seine Eindrücke von dem in Greifswald entstehenden Wendelstein 7-X. Der Literat, der sich seit vielen Jahren auch mit Mathematik und Physik beschäftigt, widmet sich in seiner Reportage „Eine glänzende Idee?" der beharrlichen Arbeit der Fusionsforscher: „Falls es gelingen wird, auf der Basis der Kernfusion ökonomisch konkurrenzfähige Kraftwerke zu bauen, so hätte das unabsehbare politische und ökologische Folgen. Die Abhängigkeit von Öl und Gas schwände dahin und mit ihr die Erpressbarkeit der Industrieländer durch Russland und die instabilen Staaten des Orients." Im Magazin 2/2008 der Süddeutschen Zeitung, das auch online verfügbar ist, ist Enzensbergers spezieller Blick auf diesen Zweig der Energieforschung nachzulesen. imi

ENERGIEEFFIZIENZ

Stromspar-Offensive

Viele Verbraucher kennen weder ihren eigenen Stromverbrauch, noch wissen sie, wo Einsparpotentiale schlummern. Hier soll der neue Stromverbrauchsindex der Verbraucherzentrale Klarheit schaffen. Die einfache Rechenformel gibt, ähnlich wie der Body-Mass-Index zur Ermittlung von Übergewicht, einen Zielwert für den Stromverbrauch eines individuellen Haushalts für ein Jahr vor: P x 500 Kilowattstunden + 500 Kilowattstunden = Zielwert in Kilowattstunden. Dabei steht P für die Anzahl der Personen im Haushalt. Der Index legt den deutschen Durchschnittsverbrauch zu Grunde und rechnet zugleich Einsparpotentiale hinein. Liegt der eigene Stromverbrauch darüber, sollte man aktiv werden.

Schon durch einfache Sparmaßnahmen ließen sich mindestens 20 Prozent bzw. 150 Euro im Jahr sparen, meint die Verbraucherzentrale: zum Beispiel über den Austausch von Glühbirnen durch Energiesparlampen, das Abschalten des Stand-by-Betriebs und den Ersatz veralteter Kühl- und Gefriergeräte. Mittelfristig seien durch Neuinvestitionen, aber auch über Verhaltensänderungen 50 Prozent des Stromverbrauchs vermeidbar. Der gegenwärtige Trend zeigt jedoch noch in die entgegengesetzte Richtung: In den privaten Haushalten hat in den letzten Jahren der Stromverbrauch zugenommen.

✏ *Weiteres:*
www.energie-perspektiven.de

Teil 2

Druckluftspeicher



Foto: KBB Underground Technologies

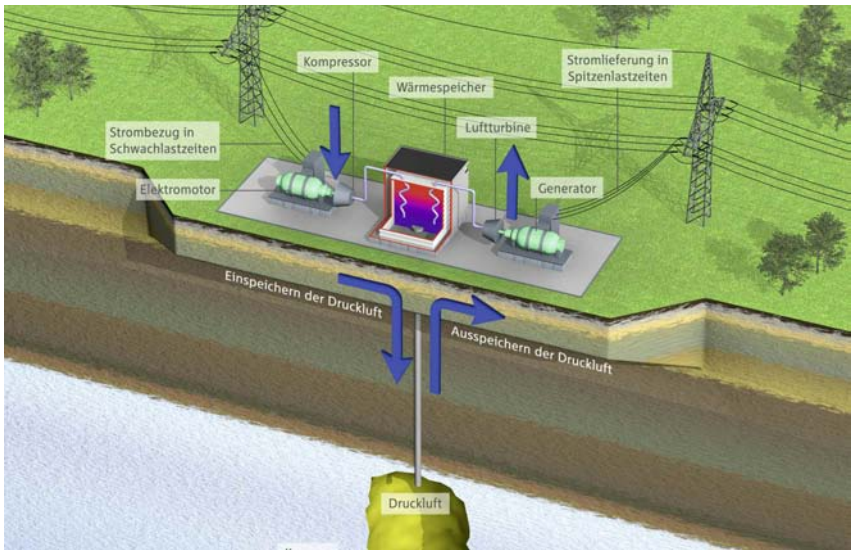
Das Kraftwerk Huntorf, das erste Luftspeicher-Gasturbinenkraftwerk der Welt, ging vor 30 Jahren in Betrieb

Schon heute müssen bei starkem Wind küstennahe Windparks zeitweise stillgelegt werden, um die Übertragungsleitungen zu den Verbrauchszentren in Mittel- und Süddeutschland nicht zu überlasten. Noch verschärfen wird sich dies mit dem geplanten Aufbau großer Windparks auf See. Unglücklicherweise liegen auch die Pumpspeicher-Kraftwerke zum Zwischenspeichern der erzeugten elektrischen Energie in den Mittelgebirgen.

Näher vor Ort wären Druckluftspeicher denkbar, die die Salzstöcke in der Norddeutschen Tiefebene als Energiespeicher nutzen: Mit Wasser lassen sich hier große Hohlräume ausspülen. Bei Stromüberangebot würde dann Luft komprimiert und unter hohem Druck in den Salzkavernen eingeschlossen. Steigt die Stromnachfrage, gewinnt man durch Entspannung der Druckluft in einer Turbine elektrische Energie zurück.

Bereits seit 1978 betreibt E.ON in Huntorf nahe Oldenburg einen Druckluftspeicher: Die 300.000 Kubikmeter fassenden Kavernen speichern in rund 700 Meter Tiefe Luft mit bis zu 70-fachem Überdruck. Sie dient später einer herkömmlichen Gasturbine als vorkomprimierte Verbrennungsluft. Bei Bedarf kann die Anlage minutenschnell 290 Megawatt erreichen und zwei Stunden lang liefern.

Um eine Kilowattstunde Regelstrom ins Netz zu liefern, verbraucht das Kraftwerk knapp 1,6 Kilowattstunden Wärme-Energie aus der Gasverbrennung sowie 0,8 Kilowattstunden elektrischer Energie für die zuvor eingespeicherte Druckluft. Mit etwas über 40 Prozent ist daher der Wirkungsgrad recht niedrig. Dafür hat diese weltweit erste CAES-Anlage (Compressed air energy storage) wertvolle Betriebserfahrung geliefert.



Grafik: RWE

Prinzip eines adiabaten Druckluftspeichers

Höhere Wirkungsgrade von mehr als 70 Prozent sind das Ziel des europäischen Forschungsprojekts AA-CAES (Advanced adiabatic CAES) unter Federführung von Alstom Power. In diesen reinen Druckluftanlagen – ohne Gasbefeuerung – soll auch die beim Komprimieren entstehende Wärme gespeichert werden. Beim Rückgewinnen der Energie wird sie zur Erwärmung der Druckluft-Turbine genutzt und beugt Vereisung vor. Experten erwarten hier Speicherpreise von zwei bis fünf Cent pro Kilowattstunde. Damit erscheinen die Anlagen derzeit mäßig attraktiv, insbesondere im Vergleich zu Pumpspeichern mit Preisen von weniger als 2,5 Cent und 80 Prozent Wirkungsgrad. Bei steigendem Gaspreis, der zu Starklastzeiten bestimmend ist für die Stromkosten, kann sich dies jedoch ändern.

Wie viele der zahlreichen küstennahen Salzstöcke geeignet wären, muss noch untersucht werden. Umweltprobleme sind zu erwarten mit den gewaltigen Sole-Mengen, die beim Aushöhlen der Kavernen anfallen. Hinzu kommen konkurrierende Nutzungsinteressen, etwa zur Erdöl- und Erdgasspeicherung.

Nach Experteneinschätzung können Druckluftspeicher daher in naher Zukunft kaum größere Kapazitäten erschließen als die vorhandenen Pumpspeicher-Kraftwerke, rund sieben Gigawatt für sieben Stunden. Sie böten damit zwar eine Alternative für den Vorhalt wertvoller Regelenergie; angesichts der gegenwärtigen Ausbaupläne für Offshore-Windparks auf bis zu 25 Gigawatt werden aber auch sie das Speicherproblem nicht erschöpfend lösen können.

Axel Kampke

✏ *Weiteres:*
www.energie-perspektiven.de

IMPRESSUM

Herausgeber:
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
Postfach 1322, 85741 Garching
Tel.: (089) 3299-1288
Fax: (089) 3299-2622
E-Mail: info@ipp.mpg.de
Redaktion: Isabella Milch
Gestaltung: Dagmar Aalden
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier
9. Jahrgang 2008
Nächste Ausgabe: Juni 2008
Abonnement:
www.energie-perspektiven.de
ISSN 1438-5708