

FGW-Mitteilungen

Ausgabe 2 / 2008

Seite 1

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....1
2. Kontakt.....1
3. Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen..2
4. Entwicklung von LIDAR-Windmessung für das Offshore-Testfeld.....3
5. Verifikation von Offshore-Windenergieanlagen.....4



1 Vorwort

Liebe Mitglieder,

bewegte sich der Rohölpreis in den Jahren vor 2000 zwischen 10 und 20 US\$ je Barrel Öl, so übersprang er Mitte 2008 an der New Yorker Börse erstmals die Marke von 150 US\$ (1 Barrel = 159 Liter). Ist die Zeit des billigen Rohöls vorbei? Vieles deutet darauf hin. Einerseits sehen Experten den Höhepunkt der weltweiten Ölförderung bereits heute oder in Kürze überschritten, andererseits ist eine Stabilisierung des Weltenergiebedarfs nicht in Sicht.

Aber eigentlich interessiert sich der Verbraucher nicht für Rohöl, sondern für Energiedienstleistungen (Licht, Raumwärme, Transport...). Und es existiert kein Naturgesetz, das der Erbringung dieser Energiedienstleistungen auf Basis regenerativer Energieträger widerspricht. In Verbindung mit Effizienztechnologien, die in der gesamten Energieversorgungskette zum Einsatz kommen, ist dies sogar mit Null Mehrkosten möglich.

Der Übergang von einer überwiegend kohlenwasserstoffbasierten Energieversorgung hin zu einer solarbasierten Energieversorgung ist natürlich nicht kostenlos zu haben. Doch die Risiken des Übergangs können durch Forschung und Entwicklung (F&E) minimiert werden - und F&E ist ein Thema der FGW. Im Folgenden werden drei F&E-Themen, in denen die FGW mitmisch, vorgestellt:

Beim Verbundvorhaben „Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen“ steht die Effizienz der Instandhaltung im Mittelpunkt. Mit den Methoden der zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltung wird eine erhöhte Verfügbarkeit der WEA bei minimalen Kosten realisiert. Diese in anderen Branchen erfolgreich angewendeten Methoden sollen nun für die Windbranche angepasst werden.

Die Vermessung der Windparameter mit dem gängigen Verfahren (Messmast mit Schalensternanemometer) stößt schon bei den heute üblichen Anlagen dimensionen an ihre technischen und wirtschaftlichen Grenzen. Die Entwicklung der LIDAR-Technologie als Fernerkundungssystem für Windparameter in sehr großen Höhen und im Offshore-Einsatz soll helfen, diese Grenzen zu überwinden.

Die heute zur Verfügung stehenden Modelle für die Dimensionierung von WEA werden den Anforderungen, die die Offshore-Anwendungen stellen, nicht mehr gerecht. Die Untersuchung der Windfelder, der Belastungen und der daraus resultierenden Auslegung der Anlagenkomponenten für den Offshore-Bereich ist Thema des F&E-Projektes „Verifikation von Offshore-Windenergieanlagen“.

Viel Spaß beim Lesen wünscht

Ihr Lennart Reeder

2 Kontakt

Unsere freundlichen Mitarbeiter in der Geschäftsstelle erreichen Sie unter:

Fördergesellschaft Windenergie e.V.

Stresemannplatz 4, 24103 Kiel

Fon (Fax) 0431 668776-4 (-5)

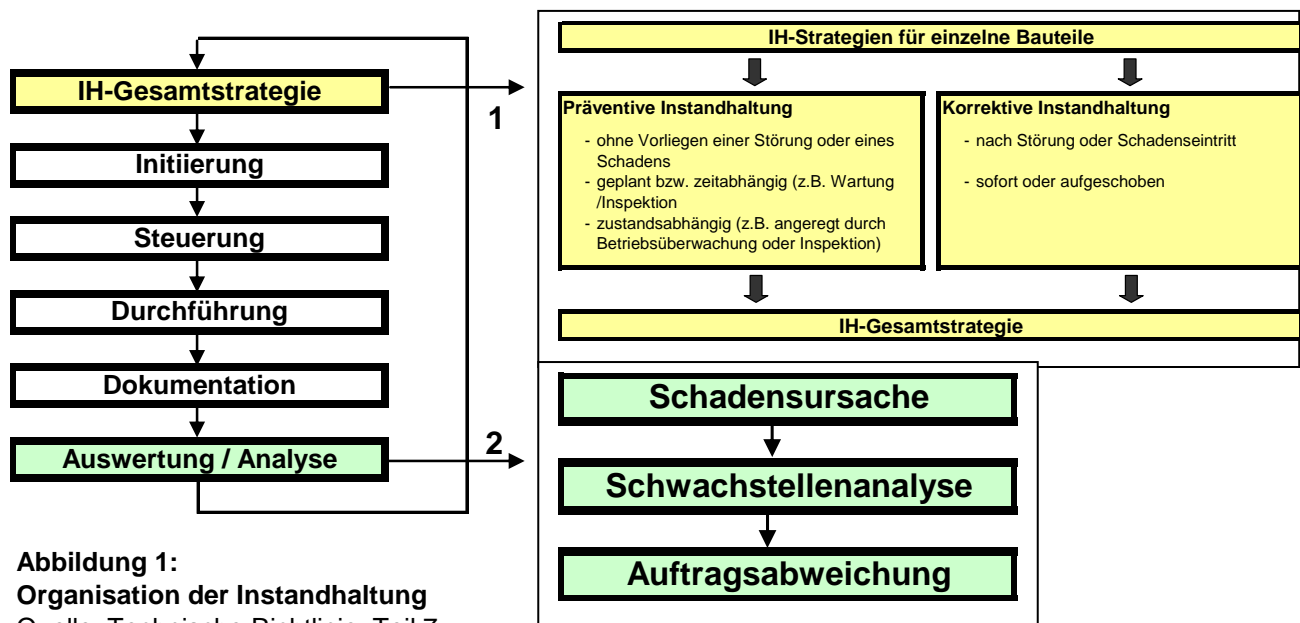
Email info@wind-fgw.de - Internet www.wind-fgw.de

3 Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen (EVW)

Die jährlichen Kosten für Instandhaltung (IH) von sämtlichen Windenergieanlagen (WEA) in Deutschland liegen bei rund 220 Mio. Euro (Installierte Windleistung Ende 2007 in Deutschland: 22.000 MW gemäß DEWI-Magazin und spezifische WEA-Instandhaltungskosten von etwa 10 Euro/kW gemäß Windenergie Report Deutschland 2006, ISET). Die Experten aus dem EVW-Verbundprojekt vermuten, dass hier eine Rentabilitätsreserve für WEA schlummert (Kostenreduzierung von 5 bis 10%), die durch zuverlässigkeitsbezogene Betriebs- und Instandhaltungskonzepte aktiviert werden kann. Dabei soll eine optimale Mischung aus unterschiedlichen IH-Strategien eine Erhöhung von Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit bei gleichzeitiger Verringerung der Kosten erreichen.

In Abb. 1 ist die Organisation der Instandhaltung als Kreisprozess dargestellt. Die IH-Gesamtstrategie kann dabei als Summe der IH-Strategien für die einzelnen Bauteile aufgefasst werden (siehe Pfeil 1). IH-Strategien sind Regeln, die angeben, zu welchen Zeitpunkten welche Aktionen an welchen Aggregaten bzw. Bauteilen vorgenommen werden sollen. Welche IH-Strategien für die einzelnen Bauteile letztendlich gewählt werden, hängt allerdings von vielen Einzelfaktoren ab:

1. Korrektive IH: Nicht kritische Bauteile für Sicherheit, Umwelt und Auslastung; Kosten, um Störungen zu entdecken oder zu verhindern, sind höher als die Ausfallkosten
2. Präventive IH (zeitgesteuert): Die Komponente hat ein gut dokumentiertes Ausfallverhalten; Zustand der Komponente ist nicht oder nur schwer erkennbar
3. Präventive IH (zustandsorientiert): Die Komponente fällt zu nicht vorhersehbaren Zeitpunkten aus; es besteht aber eine Möglichkeit, den Zustand zu erfassen.



Um die richtigen IH-Strategien für die einzelnen Bauteile zu finden, bedarf es aber einer professionellen Auswertung und Analyse der entsprechenden Schadensfälle (siehe Pfeil 2). Die dafür benötigten Verfahren existieren bereits für andere Branchen und werden dort erfolgreich eingesetzt:

- Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)
- Fehlerbaumanalyse (FTA)
- RAMS-/LCC-Technologie mit den Teilmethoden Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, Erneuerungsanalysen, Instandhaltungsmodelle
- Permanente Schwachstellenanalyse, Reliability Centered Maintenance (RCM).
- Szenario-Technologien zur Simulation von Prozessen nach dem Prinzip „Was wäre wenn“.

Ziel des Verbundprojektes ist es nun, diese Verfahren auch für die Windenergie nutzbar zu machen.

Umfangreiche Informationen zum EVW-Verbundprojekt (z.B. Beteiligte, Pressemitteilungen und Veröffentlichungen) finden Sie unter: www.eww-wind.de.

4 Entwicklung von LIDAR-Windmessung für das Offshore-Testfeld

Heute schon werden WEA errichtet, die eine Nabenhöhe von rund 150 m (Kölner Dom) und eine Rotorkreisfläche von etwa 11.000 m² (großes Fußballfeld) aufweisen. Des Weiteren wird zukünftig ein Großteil der WEA an Standorten geplant und gebaut, die nicht mehr ohne Weiteres zugänglich sind (z.B. Offshore). Gleichzeitig steigt der Aufwand für klassische Windmessungen mit Schalensternanemometern exponentiell mit der Nabenhöhe und die punktförmigen Messungen liefern kaum noch brauchbare Aussagen über das Windfeld vor und hinter dem Rotor. Vor diesem Hintergrund ist es absolut notwendig, Alternativen zu den klassischen Windmessverfahren zu entwickeln und diese für die gängigen Messkampagnen (Vermessung der Leistungskurve, Belastungsmessungen, etc.) praxistauglich zu machen.

Ziel des Verbundforschungsvorhabens ist es nun, den Einsatz von LIDAR-Technologie bei Windgeschwindigkeits- und Windfeldmessungen für das Offshore-Testfeld „alpha ventus“ zu entwickeln und vorzubereiten. Das Testfeld liegt rund 45 km nördlich von Borkum in unmittelbarer Nähe zur Forschungsplattform FINO 1, wobei die ersten sechs WEA mit jeweils einer Leistung von 5 MW von der Fa. Multibrid Ende 2008 erricht sein sollen. Sechs weitere WEA von der Fa. REpower folgen dann im Jahre 2009. Als Messsystem kommt ein Gerät der Fa. Leoshere aus Frankreich zur Anwendung mit dem Namen WINDCUBE. Herzstück des Gerätes ist ein Laser, der energiereiche Lichtpulse mit einer Wellenlänge von etwa 1,5 µm versendet. Die Ausmaße des etwa kubusförmigen Gerätes belaufen sich auf rund 250 Liter (0,8*0,55*0,55 m³) mit einem Gewicht von etwa 40 kg.

Bei der o.g. LIDAR-Technologie macht man sich die folgenden Eigenschaft von Laserlicht zu nutze:

1. Angestrahlte Partikel (z.B. Aerosole in der Atmosphäre) streuen das Licht in Abhängigkeit von Wellenlänge und Partikelgröße zurück
2. Sich bewegende Teilchen bewirken beim zurückgestreuten Licht eine Dopplerverschiebung in der Frequenz in Abhängigkeit von der Teilchengeschwindigkeit in Streurichtung (Radialkomponente).
3. Die Messhöhe wird über die Laufzeit des ausgesendeten Lichtpulses einjustiert. Laufzeit und Messhöhe sind über die Lichtgeschwindigkeit miteinander gekoppelt.

Mit diesen Eigenschaften ausgestattet lässt sich nun die Windgeschwindigkeit in sehr großen Höhen einfach und komfortabel bestimmen. Die Windgeschwindigkeit (entspricht der Horizontalkomponente der Teilchenbewegung) ist dabei das Ergebnis aus der Vektoraddition von mindestens 3 Radialkomponenten. Um diese zu erhalten, lässt man den Lichtstrahl kegelförmig um eine Senkrecht-achse rotieren und detektiert den zurückgestreuten Strahl aus unterschiedlichen Richtungen.

Schon frühere Untersuchungen mit anderen Fernerkundungsverfahren (SODAR) haben gezeigt, dass es bei den heute gängigen WEA-Dimensionen zu deutlich ausgeprägten Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilungen über die gesamte Rotorkreisfläche kommt. Die verwendeten LIDAR-Messgeräte erlauben die Bestimmung von Windgeschwindigkeiten und -richtungen auf mehreren Ebenen bis zu einer Höhe von maximal 220 m sofern ausreichend Aerosole vorhanden sind. Strömungsverhältnisse bzw. Turbulenzen in der Nachlaufströmung einer WEA in einem Windpark können besser und schneller analysiert werden. Weiterhin sollen eine Minimierung von Betriebslasten und eine Optimierung der Leistungsfähigkeit mithilfe einer LIDAR-basierten Anlagensteuerung untersucht und erprobt werden. Dabei soll das LIDAR-Gerät das Windfeld vor dem Rotor von der Anlagengondel aus bis einige hundert Meter stromaufwärts messen und die Turbulenzen vorausberechnen.

Im vom Stiftungslehrstuhls Windenergie der Universität Stuttgart koordinierten Projekt gewährleistet die FGW den Erfahrungsaustausch mit der Windenergiebranche und eine ggf. erforderliche Überarbeitung der FGW-Richtlinie Teil 2 zur Leistungskurvenbestimmung. Weitere Projektpartner sind die Universität Oldenburg, das DEWI und das DLR.

Weitere Informationen zum o.g. Verbundforschungsvorhaben finden Sie unter <http://rave.iset.uni-kassel.de/rave/pages/raveLidar>. Diese Internetseite wird von der Forschungsinitiative RAVE „Research at Alpha VEntus“, die Koordinationsstelle für sämtliche F&E-Vorhaben, die in Verbindung mit dem Offshore-Testfeld durchgeführt werden, verantwortet.

Anfang Juni 2008 wurde die Interessengemeinschaft LIDAR unter der Regie der FGW gegründet. Für die Teilnehmer der Interessengemeinschaft stehen vor allem die Breitenanwendung der LIDAR-Messgeräte und eine Standardisierung der LIDAR-Messverfahren im Rahmen der IEC-Normung im Vordergrund. Dazu wurde von der Interessengemeinschaft eine entsprechende Projektskizze für ein Breitenfreifeldmessprogramm bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt eingereicht.

5 Verifikation von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA)

Ein weiteres Verbundforschungsprojekt im Offshore Testfeld, an dem die FGW beteiligt ist, befasst sich speziell mit den Offshore-Windenergieanlagen und der Auswertung der umfangreichen Messungen im Testfeld. Unter Leitung des Stiftungslehrstuhls Windenergie der Universität Stuttgart kooperieren die Universitäten Oldenburg und Hannover, das DEWI, die beiden Anlagenhersteller Multibrid und REpower, sowie der Germanische Lloyd, das ISET, das DEWI-OCC und die FGW mit den folgenden Zielen:

- Reduktion von Risiken in der Ertragsprognose für Einzelanlagen sowie Windparks sowie Abstimmung entsprechender Verfahren in nationalen und internationalen Richtlinien.
- Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten der Anlagen durch Verbesserungen in der Prognose der Belastungen und der zu erwartenden Lebensdauer.
- Genauere Beschreibung der aus Wind, Wellen und Parkaufstellung induzierten Lasten sowie deren Interaktion mit der Anlagendynamik und den Standortbedingungen.
- Erhöhung der technischen Sicherheit von Offshore-WEA.
- Entwicklung von neuen Monitoring-Verfahren zur Überwachung des Betriebs- und Belastungsverhaltens, die das klassische Condition Monitoring ergänzen bzw. weiterentwickeln.

Das Verbundprojekt OWEA setzt sich zusammen aus vier Arbeitspaketen:

- 1) **Offshore-Leistungskurven:** Die Leistungskurve einer WEA stellt den Bezug zwischen technischen und wirtschaftlichen Parametern der Anlage her. Die Vermessung der Leistungskurve an Land ist dabei ein jahrelang erprobtes und durch internationale Standards abgesichertes Verfahren. Dies gilt nicht für die Vermessung von Leistungskurven auf See. Insbesondere die auf See vorherrschenden Windprofile sowie die Turbulenzeigenschaften, die sich wesentlich von denen an Land unterscheiden, sind Gegenstand der Untersuchung. Für Windmessungen bis zu einer Höhe von 100 m kann der Messmast der FINO-1-Plattform genutzt werden. Darüber hinaus muss ein alternatives Messsystem wie z.B. LIDAR zur Anwendung kommen.
- 2) **Verifikation der Strömungsbedingungen und Nachlaufbelastungen in Offshore-Windparks:** Gegenstand der Untersuchung ist das 3-dimensionale Windfeld innerhalb und außerhalb der Windparks. Modelle (auch Industriemodelle), die dieses beschreiben, sollen durch Messungen verifiziert, weiterentwickelt oder neu konzipiert werden. Dabei geht es sowohl um quasi-stationäre Beschreibungen als auch um Modelle mit hochfrequenten Turbulenzanteilen. Weiterhin sollen instationäre CFD-Simulationen der Rotorströmung und des Nahfeld-Nachlaufes Daten liefern, die für die Simulation der eigentlichen Auswirkungen der Nachläufe auf die im Fernfeld befindlichen anderen WEA eingesetzt werden.
- 3) **Verifikation der Anlagendynamik und der Belastungen:** Grundlegend für die Dimensionierung von WEA-Komponenten sind im ersten Schritt Lasten, die in einem Gesamtmodell für die WEA berechnet werden. Die Verifizierung und Weiterentwicklung der bisher verwendeten Gesamtmodelle sind Ziel der Untersuchungen. Dabei werden Messdaten von Onshore-Anlagen der 5-MW-Klasse mit unterschiedlichen Tragstrukturen analysiert sowie Messungen an Offshore-WEA im Testfeld mit Ergebnissen aus Berechnungsmodellen verglichen. Insbesondere die Anpassung der Gesamtmodelle an die aufgelösten Tragstrukturen (im Gegensatz zur Monopile-Lösung) stellt eine nicht unwesentliche Herausforderung dar.
- 4) **Online-Monitoring des Belastungsverhaltens:** Die Kosten für die Instandhaltung von Offshore-WEA werden deutlich höher ausfallen als für Onshore-Anlagen. Deshalb werden hier auch Verfahren zur Umsetzung einer effizienteren Betriebsführung untersucht. Im Mittelpunkt stehen dabei die messtechnische Erfassung von Belastungskollektiven sowie deren theoretische Ableitung aus Standardbetriebsdaten. Die Untersuchung gliedert sich in zwei Phasen, wo zunächst Untersuchungen an Onshore-Anlagen stattfinden. Im zweiten Schritt werden die gewonnenen Erkenntnisse an Offshore-WEA im Testfeld angewendet und weiterentwickelt.

Der Beitrag der FGW bezieht sich vor allem auf den regelmäßigen Erfahrungsaustausch der Projektpartner mit dem Fachausschuss „Leistungskurve“ der FGW, der Einarbeitung von Ergebnissen in eine Revision der entsprechenden Richtlinie und den weiteren nationaler und internationaler Erfahrungsaustausch.

Weitere Informationen zum Verbundforschungsprojekt finden Sie unter <http://rave.iset.uni-kassel.de/rave/pages/raveOWEA>. Diese Internetseite wird von der Forschungsinitiative RAVE „Research at Alpha VEntus“, die Koordinationsstelle für sämtliche F&E-Vorhaben, die in Verbindung mit dem Offshore-Testfeld durchgeführt werden, verantwortet.