

# Kurz & bündig: Praktische Ergebnisse aus RAVE

Stand der Ergebnisabfrage 11.2012

## RAVE – Messtechnik

RAVE – Messserviceprojekt (0325026A).....2

## RAVE – Gründungs- und Tragstrukturen

RAVE – Gründungen ( 0327618A).....4

RAVE – GIGAWIND alpha ventus (0325032; 0325032A).....5

RAVE – Überwachungsverfahren (0325249) .....9

## RAVE – Anlagentechnik und Monitoring

RAVE – Optimierung der AREVA Wind M5000 ( 327670).....10

RAVE – REpower Komponenten (0327647) .....12

RAVE – REpower Rotorblatt (0327646) .....14

RAVE – LIDAR I (0327642) .....15

RAVE – LIDAR I (0327642B) .....17

RAVE – LIDAR II (0325216A) .....18

RAVE – LIDAR II (0325216B) .....19

RAVE – OWEA (0327696A u. 0327696C) .....20

RAVE – OWEA (0327696B) .....22

RAVE – OWEA (0327696D) .....23

RAVE – OWEA (0325060) .....25

RAVE – Offshore-WMEP (0327695).....27

## RAVE – Netzintegration

RAVE – Netzintegration (0325002) .....28

## RAVE – Ökologie und Sicherheit

RAVE – Betriebsschall (0327687) .....29

RAVE – Ökologie (0327689A) .....30

RAVE – Sonartransponder (0325104) .....32

RAVE – Hydroschall (0325122A; 0325122B) .....33

RAVE – Akzeptanz (0325137) .....34

RAVE – TUFFO (0325304) .....35

RAVE – UFO (0325255A) .....36



Die Projekte sind inhaltlich in fünf Themenbereiche untergliedert. In Klammern stehen die Förderkennzeichen (FKZ).

## RAVE – Messserviceprojekt II

### RAVE-Messserviceprojekt II: Zentrale Durchführung der Messungen im Rahmen der RAVE-Forschungsprojekte und ozeanographische und geologische Untersuchungen (0325026A)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Messserviceprojekt: Kai Herklotz, Anja Schreehorst, Jens Fischer      Geologie: Dr. Manfred Zeiler, Bettina Kühn

Projektkoordinator: BSH - Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?	Bemerkungen
Kolk- und Sedimentdynamik im Offshore-Testfeld	<p>Überprüfung der prognostizierten Auswirkungen von Offshore-Gründungen für WEA auf das Schutzgut Boden aus der Umweltverträglichkeitsprüfung Insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantifizierung des räumlichen Umgriffs</li> <li>• Erfassung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung von Kolken an Mehrbein-Fundamenten vor Ort (Maßstab 1:1)</li> <li>• Änderung der Sedimentbeschaffenheit und -mobilität im Umfeld von Mehr-bein-Fundamenten für Offshore-WEA</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Ergebnisse werden für künftige Umweltverträglichkeitsprüfungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren herangezogen.</li> <li>2. Die Ergebnisse gehen in die jeweiligen Entwurfsgrundlagen (Design Basis) ein, die gemäß Standard Konstruktion dem BSH zur 1. Freigabe vorzulegen sind.</li> <li>3. Auf Grundlage der bisherigen Ergebnisse an der Forschungsanlage AV 7 (Tripod) hat der Entwickler konstruktive Weiterentwicklungen vorgenommen, um die Kolkbildung zu reduzieren.</li> </ol>	<p>Nach unserem Kenntnisstand werden derart umfangreiche Messungen zur Kolkbildung mit an den beiden Gründungstypen fest installierten Echoloten erstmalig durchgeführt. Die gewählten Sensoren (einfache Echolot-Schwinger) und die Messkonfiguration haben sich bewährt. Nicht alle Echolotschwinger liefern Daten; mittlerweile wurden diese ausgetauscht.</p>
Logistik Messservice	<p>Transport, Betrieb, Wartung, Inspektion, etc.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordination Messservice: regelmäßige Treffen mit den Projektpartnern erleichtern die schnelle und effiziente Umsetzung von Vorhaben</li> </ul>	<p>Die Ergebnisse können bei der Planung zukünftiger Offshore Windparks hilfreich sein. Die Zusammenarbeit mit allen beteiligten Partnern/Firmen ist unumgänglich.</p>	<p>Die optimale Ausnutzung der kurzen Zeitfenster mit gutem Wetter und flacher See, sowie eine interessenübergreifende Zusammenarbeit aller Beteiligten sind ausschlaggebend. Flexibilität und ein permanenter Austausch</p>

- Wartung der Sensorik wird erschwert durch die Wetterbedingungen
- Sensorik wird durch Korrosion und Seegang stark beansprucht

zwischen den Partnern sind Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung der Bauvorhaben.

## RAVE – Gründungen

### Entwicklung eines anwendungsorientierten Bemessungs- und Überwachungsmodells für Offshore Gründungskonstruktionen unter zyklischer Belastung (0327618A)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Prof. Dr. Werner Rücker, Dr. Matthias Baeßler

Projektkoordinator: BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Axiales Pfahltragverhalten bei zyklischer Belastung	Es wurde ein Berechnungsverfahren entwickelt, mit dem die mögliche Tragfähigkeitsreduktion bei axialer zyklischer Belastung prognostiziert und die bleibenden Verschiebungen abgeschätzt werden können.	Die Erkenntnisse und das spezielle Rechenverfahren sind regelungstechnisch in die Anwendungshinweise des BSH und in die EA Pfähle eingegangen. Die Anwendung erfolgt direkt in den Offshore-Projekten.
Laterales Pfahltragverhalten bei zyklischer Belastung	Modellversuche haben einen wesentlichen Beitrag zur Einschätzung des lateralen Tragverhaltens und den zugrundeliegenden Mechanismen geliefert. Es wurde Berechnungsmodelle zur Abschätzung der bleibenden lateralen Pfahlverschiebungen entwickelt.	Auf Basis der Versuche ist es möglich abzuschätzen, welche Tragmechanismen zu betrachten sind. Mit dem Prognosemodell können die bleibenden Verschiebungen abgeschätzt werden. Das Verfahren wurde in einzelnen Projekten bereits angewendet.
Porenwasserdrücke	Zur Bewertung der Entstehung von Porenwasserdruckanstiegen an der belasteten Gründung stehen bisher keine geeigneten Prognosemodelle zur Verfügung.	Noch Grundlagenforschung, aber derzeit Entwicklung von Bemessungshilfen zur Bewertung und Abschätzung von Porenwasserdruckentwicklungen.
Strukturmessungen an Anlagen innerhalb von alpha ventus	Messdaten für Neigungen, Beschleunigungen, Frequenzen und Dehnungen an Hotspots zur Bewertung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Lebensdauer.	Daten fließen in neue Richtlinien ein. Aufnahme neuer Forschungsgebiete zur Entwicklung von Überwachungsverfahren zur besseren Ermittlung und Prognose der Lebensdauer, zur Schadensfrüherkennung und Strukturbewertung.

**RAVE – GIGAWIND alpha ventus**

**Ganzheitliches Dimensionierungskonzept für OWEA-Tragstrukturen hinsichtlich Lasten, Langlebigkeit, Gründung und Gesamtstrukturmodellen (0325032; 0325032A)**

Ansprechpartner bei Nachfragen: Moritz Häckell  
Projektkoordinator: LUH – Leibniz Universität Hannover

Untersuchungs-gegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?	Bemerkungen
Wellenlasten durch brechende Wellen	Druckschlagbelastungen durch brechende Wellen weisen deutliche veränderte Magnituden gegenüber nicht-brechenden Wellen auf. Verlauf der Belastung konnte mittels Labormodellen und numerischer Simulation zeitlich und räumlich betrachtet werden.	Anpassung von Einwirkungsgrößen auf OWEA. Nachfolgeprojekt GW life.	Teilprojekt 1: Lastmodelle für Wellen und deren Korrelation mit Windbelastung
Imperfektionsmessungen	Fertigungsbegleitende Messungen zeigen, dass die Achsabweichungen in der Serienproduktion deutlich innerhalb der normativen Grenzwerte liegen.	Herstellung in Schablonen hat sich in der Serienproduktion bewährt.	Teilprojekt 2: Einfluss fertigungstechnischer Aspekte auf die Lebensdaueranalyse bei Großserienfertigung
Imperfektionseinfluss am Jacket X-Knoten	Verschiebungen der X-Knoten in und aus der Strebenebene haben nur geringen Einfluss auf die Spannungskonzentrationsfaktoren (SCF) und damit auf die Lebensdauerprognose.		Teilprojekt 2: Einfluss fertigungstechnischer Aspekte auf die Lebensdaueranalyse bei Großserienfertigung

<p>Imperfektionseinfluss am Jacket K-Knoten</p>	<p>Verschiebungen der Abgänge der Jacket-Doppel-K-Knoten aus der Verbandsebene hinaus haben einen größeren Einfluss auf die rechnerische Lebensdauer. Wichtige Erkenntnisse über die Größenordnung dieser Ungenauigkeiten im Fertigungsprozess konnten gewonnen werden.</p>		<p>Teilprojekt 2: Einfluss fertigungstechnischer Aspekte auf die Lebensdaueranalyse bei Großserienfertigung</p>
<p>Imperfektionsmodellierung</p>	<p>Ein Tool ermöglicht die Modellierung realer Oberflächen auf Grundlage sehr großer Punktwolken aus Laserscannermessungen.</p>	<p>Zusammenarbeit mit Anlagen und Turmherstellern zur Bewertung der Auswirkungen von Beulen.</p>	<p>Teilprojekt 2: Einfluss fertigungstechnischer Aspekte auf die Lebensdaueranalyse bei Großserienfertigung</p>
<p>Relativverschiebungen am Grouted Joint</p>	<p>Die horizontalen Relativverschiebungen einer Groutverbindung im Testfeld alpha ventus konnten mithilfe des entwickelten Messsystems aufgezeichnet werden. Schwachstellen und Verbesserungsansätze am Pilotmesssystem konnten identifiziert werden.</p>	<p>Die gewonnenen Erkenntnisse sollen bei der geplanten Weiterentwicklung des Messsystems in GIGAWINDlife einfließen.</p>	<p>Teilprojekt 2: Einfluss fertigungstechnischer Aspekte auf die Lebensdaueranalyse bei Großserienfertigung</p>
<p>Korrosionsarten</p>	<p>Der Bericht gibt einen Überblick über die verschiedenen Korrosionsmechanismen, einschließlich der Wechselwirkungen zwischen Strukturbelastung, kathodischem Korrosionsschutz und Korrosionserscheinungen an OWEA.</p>		<p>Teilprojekt 3: Korrosionsschutz für Stahlstrukturen im Offshore-Bereich</p>
<p>Mineralischer Korrosionsschutz</p>	<p>Das mineralische Korrosionsschutzsystem erreicht in durchgeführten Laborprüfungen und Auslagerungsversuchen eine hohe Dauerhaftigkeiten. Der Einsatz von hydraulischem Bindemittel lässt eine</p>	<p>Die Beschreibung der Materialdegradation des mineralischen Korrosionsschutzsystems soll in GWlife erfolgen. Erst dann ist die Anwendung des mineralischen Systems in einem Pilotprojekt denkbar.</p>	<p>Teilprojekt 3: Korrosionsschutz für Stahlstrukturen im Offshore-Bereich</p>

	einfachere Instandsetzbarkeit des mineralischen Systems gegenüber den herkömmlichen Beschichtungssystemen erwarten.		
Strukturüberwachung	Abschätzungen zu optimalen Sensorpositionen konnten aus der Vielzahl an Messstellen der Forschungsturbine abgeleitet werden.	Die Erkenntnisse dienen als Basis für zukünftige Forschungsprojekte bezüglich der Realisierung eines Monitoringsystems	Teilprojekt 4: Zuverlässige Beanspruchungsüberwachung an globalen und lokalen Tragelementen
Strukturüberwachung	Durch die Betrachtung der Betriebs- und Umgebungsbedingungen der Forschungsanlage und die Zuordnung zu Ermüdungsaufkommen in Querschnitten der Gründungsstruktur, ist es möglich die Ermüdung für einzelne Querschnitte für zukünftige Zeiträume abzuschätzen.	Verwendung in zukünftigen Forschungsprojekten und Monitoringsystemen	Teilprojekt 4: Zuverlässige Beanspruchungsüberwachung an globalen und lokalen Tragelementen
Strukturüberwachung	Berechnung von Zustandsparametern unter Berücksichtigung der Betriebs- und Umgebungsbedingungen für eine Abschätzung des aktuellen Zustands der Anlage.	Verwendung in zukünftigen Forschungsprojekten und Monitoringsystemen	Teilprojekt 4: Zuverlässige Beanspruchungsüberwachung an globalen und lokalen Tragelementen
Strukturüberwachung	Algorithmen zur automatisierten Extraktion von Modalen Größen können für unterschiedlichste Strukturen verwendet werden. Besonders die Sensitivitäten der nötigen Parameter helfen der zukünftigen Datenverarbeitung.	Anwendung in Messkampagnen für Industrie und Forschung und in zukünftigen Forschungsprojekten.	Teilprojekt 4: Zuverlässige Beanspruchungsüberwachung an globalen und lokalen Tragelementen
Kolkbildung	Kolkbildung an Tripod-Strukturen ist sehr komplex und nicht mit Standard-	Erfahrungen bei der Modellierung komplexer Kolkvorgänge wurden für die Bemessungen an	Teilprojekt 5: Entwicklung innovativer Kolkenschutzsysteme und



	Bemessungsformeln berechenbar. Laborversuche können Natur qualitativ nachbilden.	Schwergewichtsgründungen eingesetzt; Nachfolgeprojekte (GW life, Albatros I)	lokales Kolkmonitoring
Gründungspfähle von Jackets und Tripods	Einflussgrößen und Unsicherheiten in den bestehenden Berechnungsansätzen für die axiale Tragfähigkeit konnten identifiziert werden.		Teilprojekt 6: Modellierung des Tragverhaltens für Offshore-Rammpfähle
Tragverhalten von Gründungs-pfählen unter Horizontal-belastung	Ein auf speziellen zyklischen Laborversuchen aufbauender Berechnungsansatz konnte zur Praxisreife fortentwickelt werden.	Das Verfahren wurde und wird bei verschiedenen Offshore-Windparkprojekten bereits in der praktischen Bemessung eingesetzt.	Teilprojekt 6: Modellierung des Tragverhaltens für Offshore-Rammpfähle
Pfähle unter kombinierter Belastung	Die Bedeutung der – in der praktischen Bemessung bislang nicht berücksichtigten – Interaktion von lateralen und axialen Lasten konnte geklärt werden.		Teilprojekt 6: Modellierung des Tragverhaltens für Offshore-Rammpfähle
Automatisierte Validierung von Strukturmodellen	Validierungsoberfläche ValiTool zur automatisierten Validierung parametrisierter Finite-Elemente-Modell lieferte Erkenntnisse zu Sensitivitäten möglicher Validierungsparameter und dem Verhalten verschiedener Validierungsalgorithmen.	Übertragbar auf Modelle unterschiedlichster Strukturen; Weiterentwicklung und Ergänzung in Folgeprojekten (u.a. GIGAWIND life).	Teilprojekt 7: Automatisierte Validierung von Gesamtstrukturmodellen
Gesamtsimulation von OWEA	Simulations- und Bemessungsumgebung DeSiO, das u.a. die Forschungsergebnisse aus den GIGAWIND av Teilprojekten in der Gesamtsimulation verknüpft.	Weiterverwendung und -entwicklung soll in Folgeprojekten (u.a. GIGAWIND life) erfolgen.	Teilprojekt 8: Ganzheitliches Dimensionierungskonzept für OWEA-Tragstrukturen



## Überwachungsverfahren

### Überwachungsverfahren und Bewertungsmodell für die Gründung von Offshore Windkraftanlagen (0325249)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Prof. Dr. Werner Rücker, Dr. Matthias Baeßler  
Projektkoordinator: BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Verfahren zur Ermittlung der aktuellen Tragfähigkeit von Offshore Pfahlgründungen	Bewertung von Pfahltragfähigkeiten aus der fortlaufenden Messung von Betriebszuständen: theoretische und programmtechnische Umsetzung.	Einsatz als Prototyp an einer Forschungsanlage der Firma BARD.
	Entwicklung eines Berechnungsverfahrens zur Ermittlung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit auf der Basis von Messdaten.	Teilmodell für zu entwickelndes Überwachungsverfahren.
	Überprüfung der Berechnungsansätze von axial und lateral statisch und zyklisch belasteten Pfählen.	Neue verbesserte, sichere und wirtschaftlichere Bemessungsansätze.

## RAVE - Optimierung der AREVA Wind M5000

### Innovative Weiterentwicklung, Konstruktion und Test der Offshore Windenergieanlage AREVA Wind M5000 unter erschwerten Offshore Bedingungen im Offshore Testfeld Borkum West (0327670)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Dr. Annette Hofmann, Constance Oberdieck

Projektkoordinator: AREVA Wind GmbH

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Entwicklung eines Einzelblattmontagegestells	Es wurde ein neuartiges Tool zur Installation von Rotorblättern entwickelt, das es ermöglicht, eine Einzelblattmontage in nahezu frei wählbaren Positionen und Pitchwinkeln durchzuführen. Wichtige Erfahrungen konnten bereits bei Onshore und Offshore Tests gesammelt werden, die zur Weiterentwicklung der hohen Sicherheitsstandards beitragen.	Die Ergebnisse finden direkt Anwendung in laufenden Projekten und werden auch in Folgeprojekten eingesetzt werden.
Weiterentwicklung von Umrichter / Transformator	Die Umrichter wurden in Bezug auf Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit weiterentwickelt, z.B. durch vereinfachte Zwischenkreisaufladung, integrierten Generatorschalter, verbesserte Halbleiter mit höheren Sperrschichttemperaturen. Die Transformator Ein- und Ausbavorrichtung wurde entwickelt, die Kühlerkapazität konnte reduziert werden und das Überdruckschutzgerät wurde verbessert. Der Teststand wurde realisiert. Hierdurch können einmalig alle Anlagen komplett mit Vollast und mit allen Funktionen vorgetestet werden. Die Windenergieanlagen konnten durch umfangreiche Tests für alle Anforderungen für ein Einheitszertifikat entwickelt und getestet werden.	Alle Erkenntnisse werden direkt in Folgeprojekte eingesetzt.
Weiterentwicklung innovative Kühlsysteme	Das Kühlsystem wurde durch Luftansaugung unterhalb der Gondel optimiert. Die Transformator Kühlung ist für Innen und Außen umschaltbar. Hierdurch kann das Turminnenklima stabilisiert werden.	Alle Erkenntnisse werden direkt in Folgeprojekte eingesetzt.

Erstellen von Inbetriebnahme, Wartungs- und Monitoringkonzepten	Es wurden viele Erkenntnisse im operativen Alltag in Bezug auf neue technische Lösungen gewonnen. Ebenfalls konnten neue Schiffstypen getestet und bewertet werden. Des Weiteren konnten die Wartungsprozesse und die Sicherheit optimiert werden.	Die Ergebnisse fließen direkt in den operativen Einsatz ein.
Neuentwicklung Datenaustauschschnittstelle zu SCADA System	Durch die Entwicklung der IEC61400-25 Schnittstelle ist eine Bedienung der AREVA Wind M5000 Windkraftanlage, unabhängig vom hauseigenem SCADA System, möglich. Die Schnittstelle bietet dazu eine gemeinsame Teilmenge an Daten, die Herstellerunabhängig ist. Im Rahmen des Pilotprojekts alpha ventus wurde die Schnittstelle erfolgreich getestet und validiert. Zudem konnte die Stabilität und Sicherheit überprüft und gesteigert werden.	Die Schnittstelle wird in den zukünftigen Parks, z.B. BWII, genutzt. Somit ist der Einsatz verschiedener Windenergieanlagen im Park möglich. Der Mehraufwand bei der Entwicklung von SCADA Systemen wird so minimiert. Die Ergebnisse und Erfahrungen werden bei der Weiterentwicklung der IEC 61400-25 Schnittstelle einfließen und in der Edition 2 berücksichtigt.
Entwicklung der Helikopterabsetzplattform	Erfahrungen: 1) Anwendung von Normen und Richtlinien nach internationalen Regularien: <ul style="list-style-type: none"> <li>• BL 3-5, Helidecks on offshore installations, 4 edition</li> <li>• CAP437</li> </ul> 2) Anwendung von Normen und Richtlinien nach Nationalen Regularien: Grundsätze des Bundes und der Länder über Windenbetriebsflächen auf Windenergieanlagen	Die Ergebnisse wurden für die Weiterentwicklung des Helihoist für das Projekt "optimized Nacelle" verwendet. Es erfolgte eine Patentanmeldung in dem Bereich.
Langzeittest des Triebstrangs der M5000	Nach fünfjährigem Einsatz wurde der Triebstrang der M5000 intensiv untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen deutlich, dass das eingesetzte Triebstrang-Konzept in vollem Umfang aufgeht. Darüber hinaus ist es durch die gewonnen Erkenntnisse möglich, noch gezielter die Entwicklung zukünftiger Systeme steuern zu können. Dies kann zu höherer Verfügbarkeit und niedrigerem Wartungsaufwand führen.	Die Ergebnisse werden bei der Entwicklung neuer Projekte eingesetzt.

## RAVE – REpower Komponenten

### Weiterentwicklung von Offshore-WEA-Komponenten in Bezug auf Kosten, Langlebigkeit und Servicefreundlichkeit (0327647)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Jan Kruse  
Projektkoordinator: REpower Systems SE

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente).
Zustandsüberwachung (CMS) im Hauptgetriebe	Einführung innovativer Condition Monitoring Methoden zur besseren Zustandsüberwachung von Getriebe und Triebstrang durch Verwendung von neuartiger Öl- und Fettüberwachungssensorik sowie verbesserter Körperschallüberwachung.	Einsatz der CMS-Methoden am neuen 6M-Getriebe und damit in den Turbinen aller neuer Offshore-Windparks
MKS-Modellierung des WEA-Triebstrangs	Aufbau detaillierter Berechnungsmodelle zur Simulation von Mehrkörpersystemen zur verbesserten virtuellen Dynamikanalyse, insbesondere im Frequenzbereich > 10 Hz, der durch die bisherigen Lastberechnungswerkzeuge nicht so detailliert abgebildet wurde.	Grundlage für Verbesserungen und Einsparungen bei möglichen Komponentenrevisionen, Einfluss auf die Schadensfrüherkennung.
Netzintegration von Offshore-WEA	Qualifizierung der REpower 6M gemäß aktuell relevanten Grid Codes REpower hat für die REpower 6M wesentliche Systemdienstleistungsfunktionen entwickelt und im Feld validiert. Bei den Tests im Labor und Feld sowie deren Abbildung in Simulationsmodellen wurden umfassende Erfahrungen gesammelt, die Grundlage für über das Projekt hinausgehende Entwicklungsaktivitäten sind. Zudem hat REpower die gesammelten Erkenntnisse durch aktive Gremienarbeit in internationale technische Richtlinien einbringen können.	Die entwickelten und validierten Systemdienstleistungsfunktionen können für die REpower 6M in Offshore-Windkraftwerken eingesetzt werden. Dies ist eine unverzichtbare Voraussetzung um Netzbetreiberanforderungen erfüllen zu können. Darüber hinaus können die Systemdienstleistungsfunktionen vollständig oder teilweise auch in weiteren REpower Baureihen implementiert und somit in einem noch größeren Umfang nutzbringend verwendet werden.
Kommunikation	Aktive Gestaltung internationaler Standards und Schnittstellendefinitionen für die Kommunikation von Windparkkomponenten zur Leitebene und untereinander, Offshore-bedingte Redundanzanfordernisse	Produktiveinsatz der entwickelten IEC61400-25 Schnittstelle in den Offshore-Windparks Ormonde und Thorton Bank, aber auch zahlreicher Onshore-Windparks. Die entwickelte IEC61850 Schnittstelle befindet sich im Feldtest zur

		<p>Kommunikation mit Condition Monitoring Systemen</p> <p>Das neue Netzwerkkonzept für große Windpark ist umgesetzt und wird produktiv genutzt in großen Onshore-Windparks und ist fest eingeplant für den Offshore-Windpark Nordsee-Ost.</p>
Erweiterte Regelkonzepte	Erweiterung des Reglers um einen longitudinalen und einen lateralen Turmschwingungsdämpfer. Entwicklung einer Automatischen Code-Generierungssoftware zur Ableitung von Regler-Quellcode in der SPS-Programmiersprache ST aus Simulink-Modellen.	<p>Mit der aktiven Turmschwingungsdämpfung steht nun ein Produkt zur Verfügung, das es erlaubt, Anlagen mit höheren Türmen aufzustellen, vorhandene Türme in Gebieten mit einer höheren Windklasse zu errichten, und die Verfügbarkeit zu erhöhen.</p> <p>Die Einführung der automatischen Code-Generierung wird die Regler-Entwicklung nachhaltig vereinfachen und die Entwicklungszyklen und damit die „time to market“ drastisch verkürzen. Jede weitere neue Funktionalität kann somit in Zukunft schneller zum fertigen Produkt entwickelt werden.</p>
Getriebespezifische Qualitätspläne	Konsequente Einführung und Umsetzung von FMEA im Entwicklungsprozess, sowie Entwicklung und Anwendung getriebetypspezifischer Qualitätspläne.	Grundlage für noch zuverlässigere und wartungsfreundlichere Getriebe für Offshore WEAs. Praktischer Nutzen in allen neuen Offshore Windparks mit REpower 6M-Anlagen
DOROTE Getriebetest	Einführung eines 500h dauernden „Dynamic Operation ROBustness TEst“ (DOROTE) zur besseren Abbildung tatsächlich im Feld vorliegender dynamischer Belastungssituationen durch Prüfstände.	Grundlage für noch zuverlässigere und wartungsfreundlichere Getriebe für Offshore WEAs. Praktischer Nutzen in allen neuen Offshore Windparks mit REpower 6M-Anlagen

## RAVE – REpower Rotorblatt

### Verbundprojekt: Entwicklung eines innovativen, ertragsoptimierten und kostengünstigen Rotorblatts für Offshore – Windkraftanlagen (0327646)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Jan Kruse  
Projektkoordinator: REpower Systems SE

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Aerodynamik großer Offshore-Rotorblätter	Blattprofil kann Grenzschichtzäune verzichtbar machen, Spoiler sind durch flache Hinterkante ersetzbar.	Finale Geometrie des Rotorblatts RE61.5, kommerzieller Einsatz an REpower 6M. Das Rotorblatt RE61.5 wird sowohl in Onshore als auch in offshore Windparks in Europa eingesetzt. Onshore sogar schon an drei Standorten im Einsatz.
Auslegung und Bau von Blattformen	Kleinteilung der Blattschale bringt mehr Nachteile als Vorteile, separate Fertigung von Gurten und Stegen ist dagegen prozesstechnisch sinnvoll.	Erstellte Blattformen ermöglichen die wirtschaftliche Herstellung von Rotorblättern.
Verklebeprozesse	Vorteilhafte Parameterkombinationen in der Verklebung von Blattbauteilen (Viskositäten, Topzeiten, Applikationswege etc.) wurden identifiziert.	Einsatz der entwickelten Prozesse in der Serienfertigung RE61.5.
Validierung und Erprobung	Die zugrunde liegenden mechanischen und aerodynamischen Modelle konnten bestätigt werden.	Nutzung und Weiterentwicklung der Modelle für die zukünftige Entwicklung weiter verbesserter und evtl. noch längerer Rotorblätter.

## RAVE – LIDAR I

### Entwicklung von LIDAR-Windmessung für das Offshore Testfeld (0327642)

Ansprechpartner bei Nachfragen:      Andreas Rettenmeier

Projektkoordinator:                      Universität Stuttgart

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Onshore Lidar Messungen (bodenbasiert), Bestimmung der Leistungskurve	Vergleiche mit einem konventionellen Messmast haben aufgezeigt, dass die Lidar Technologie als Alternative zu bisherigen Standardsensoren (Anemometer, Windfahne) eingesetzt werden kann. Die verwendete, gepulste Lidar Technologie erlaubt jedoch aufgrund der Messtechnologie keine Turbulenzmessung mit konventionellem VAD-Scan (Velocity Azimuth Display). Es konnte die Leistungskurve der Anlage bestimmt und mit der Leistungskurve nach geltender Norm (IEC 61400-12-1) verglichen werden. Das Lidar Gerät erlaubt die Erfassung der Windfeldparameter über die gesamte Rotorfläche.	Die Erkenntnisse zeigen sich im neuen „Annex L“ der geltenden Norm IEC 61400-12-1 ed.2 zur Leistungskurvenmessung. Nun sind erstmals Lidar Messungen zusammen mit einem Referenzmast möglich. D.h. es müssen für kommende Generationen von großen Multi-MW WEA nicht zwangsweise große und teure Masten bis zur Nabenhöhe errichtet werden. Die erzielten Ergebnisse flossen in die Sitzungen des Fachausschusses „Leistungskurve“ (FALK) der Fördergesellschaft Windenergie e.V.. Des Weiteren werden die Ergebnisse im Arbeitspakt „Procedures for turbine assessment“ des IEA Task 32 „Wind lidar systems for wind energy deployment“ weiterverwertet.
Offshore Lidar Messungen auf FINO I (bodenbasiert)	Auch offshore zeigt sich eine sehr gute Korrelation zwischen Messmast und dem Lidar Gerät. Des Weiteren zeigt sich, dass eine hohe Verfügbarkeit von Lidar-Daten über sämtliche Höhe zu erzielen war, was wohl auf eine höhere Konzentration von Aerosolen, in diesem Fall Salzkristallen in der Luft, zurückzuführen ist.	Für das offshore „site assessment“ sind ebenfalls Lidar Geräte geeignet. Dies wird zu weiteren Entwicklungen wie zum Beispiel Lidar Bojen, führen, welche energieautark und ohne stationäre und massive Bodengründung Windpotentialmessungen auf See ermöglichen.
Entwicklung eines Lidar Scanner für gondelbasierte Lidarmessungen	Durch die Entwicklung des Scanners ist es erstmals möglich 3D Windfeldmessungen von der Gondel aus durchzuführen. Der Scanner ermöglicht, den Laserstrahl in gewünschte, vordefinierte Positionen umzulenken und dort an 5 Punkten entlang des Stahls die sogenannte line-of-sight Geschwindigkeit zu bestimmen.	Die Entwicklung des Scanners ermöglicht den Einsatz des Lidars von der Gondel für folgende Anwendungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung der Leistungskurve</li> <li>• Lastmessungen</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prädiktive Regelungsverfahren</li> <li>• Validierung von Nachlaufmodellen</li> </ul> <p>Teil der Anwendungen wurden in Vorstudien in diesem Projekt begonnen und in LIDAR II fortgeführt.</p>
Windfelduntersuchungen des einströmenden Windfelds mittels gondelbasiertem Lidar	Es wurden verschiedene Scantrajektorien entwickelt um das Windfeld möglichst genau und schnell abzuscannen. Des Weiteren erfolgte eine Untersuchung der Trajektorien hinsichtlich der möglichen Anwendungen.	Die Ergebnisse werden im Arbeitspakt „Procedures for turbine assessment“ des IEA Task 32 „Wind lidar systems for wind energy deployment“ weiterverwertet.
Bestimmung der Leistungskurve mittels gondelbasiertem Lidar	Es konnte aufgezeigt werden, dass es möglich ist, die Leistungskurve einer WEA mittels eines gondelbasierten Lidar-Systems zu bestimmen. Die im Raum verteilten Messpunkte erfassen die gesamte Rotorfläche und liefern eine neutrale Aussage des einströmenden Windfelds. Diese Art erlaubt die Bestimmung von Leistungskurven sowohl onshore als auch offshore.	Die Ergebnisse fließen in die Sitzungen des Fachausschusses „Leistungskurve“ (FALK) der Fördergesellschaft Windenergie e.V.. Des Weiteren werden die Ergebnisse im Arbeitspakt „Procedures for turbine assessment“ des IEA Task 32 „Wind lidar systems for wind energy deployment“ weiterverwertet.
Gondelbasierte Lidarregelung	In Vorstudien wurden vielversprechende Regelungsalgorithmen auf der Simulationsseite entwickelt. Die Ergebnisse messen der prädiktiven Regelung von WEA mithilfe eines gondelbasierten Lidarsystems sehr großes Entwicklungspotential bei.	Im Zuge des Folgeprojekts Lidar II wird die vielversprechende Lidarregelung weiter entwickelt und offshore in „alpha ventus“ zur Anwendung gebracht werden.
Onshore Nachlaufmessungen mit Lidar Scanner (gondelbasiert)	Mit Hilfe der Nachlaufmessungen war es möglich, das Windfeld nahe der Anlage zu vermessen und die Bewegung des Nachlaufs zu erfassen.	Die gewonnenen Erkenntnisse dienen der Validierung von vorhandenen numerischen Strömungsmodellen, welche zur Simulation des Nachlaufs von Windenergieanlagen herangezogen werden.
Onshore Nachlaufmessungen mit long-range Lidar des DLR (bodenbasiert)	Mit Hilfe der long-range Messungen war es möglich, das Windfeld vor und weit hinter der WEA zu vermessen und die Umströmung sowie den Nachlauf zu erfassen. Aufgrund der fixen Installation am Boden ist diese Art von Messung von der vorherrschenden Windrichtung.	Die Ergebnisse flossen in den Forschungsbericht 2011-16, des DLR; „Doppler-Windlidar-Messungen der Umströmung einer Windenergieanlage“, Dissertation von Dr. rer. nat. Yvonne Käslar.

## RAVE – LIDAR I

### Entwicklung von LiDAR-Windmessung für das Offshore-Testfeld (0327642B)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Dr. Matthias Wächter  
Projektkoordinator: ForWind – Uni Oldenburg

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Voruntersuchungen für ein gondel- oder spinner-gestütztes LiDAR-System	Ein Konzept für ein kostenoptimiertes, robustes Wind-LiDAR zur Integration in die Gondel oder den Spinner von WEA konnte entwickelt werden. Die Entwicklung eines Gerätes auf dieser Basis ist Erfolg versprechend.	Die Entwicklung eines kostenoptimierten, robusten Wind-LiDAR zur Integration in die Gondel oder den Spinner von WEA wird im Folgeprojekt "LIDAR II" umgesetzt.
Instationäre Vermessung der Leistungskurve (bodenbasiert)	Neben der Leistungskurve nach IEC 61400-12-1 kann auch die instationäre Leistungscharakteristik mit sehr gutem Erfolg auf der Basis von LiDAR-Windmessungen ermittelt werden. Dass dieses Messprinzip sich konventionellen Anemometern grundsätzlich unterscheidet, ist dabei kein Hindernis.	Die Ergebnisse werden durch Veröffentlichungen der Öffentlichkeit sowie der Windenergiebranche zugänglich gemacht. Sie fließen zusätzlich in die Richtlinienarbeit der Fördergesellschaft Windenergie (FGW) ein.
Gondelbasierte Vermessung der instationären Leistungskurve	Mit Hilfe gondelbasierter Lidar-Windmessungen kann die instationäre Leistungscharakteristik (ebenso wie die Leistungskurve nach IEC 61400-12-1) deutlich schneller und mit höherer Genauigkeit gemessen werden als bei bodenbasierter Windmessung. Der gondelbasierten Lidar-Windmessung kommt daher ein besonders hohes Anwendungspotenzial zu.	Die Ergebnisse werden durch Veröffentlichungen der Öffentlichkeit sowie der Windenergiebranche zugänglich gemacht. Sie fließen zusätzlich in die Richtlinienarbeit der Fördergesellschaft Windenergie (FGW) ein.

## RAVE – LIDAR II

### Entwicklung gondelbasierter LiDAR-Technologien für die Messung des Leistungsverhaltens und die Regelung von Windenergieanlagen (0325216A)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Prof. Dr. Martin Kühn  
Projektkoordinator: ForWind – Uni Oldenburg

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Entwicklung eines robusten und kostenoptimierten Wind-Lidar zur Integration in Windenergieanlagen	Die Fertigstellung des ersten Prototypens steht noch in 2012 bevor. Erste Messungen übertreffen die Erwartungen. Das Lidar ist für die Integration in den Spinner von WEA vorgesehen, kann aber bei Bedarf auch in der Nabe oder auf dem Maschinenhaus aufgebaut werden. Durch die Verwendung moderner und sehr zuverlässiger Komponenten ist es für einen ganzjährigen wartungsarmen und automatisierten Betrieb geeignet.	Im weiteren Verlauf des Projekts LIDAR II wird das Gerät stufenweise qualifiziert und erprobt, u.a. in alpha ventus. Eine Industrialisierung ist nach Abschluss des Projekts geplant.
Instationäres Leistungs- und Ertragsverhalten mit gondelbasiertem LiDAR	Die Methode der Langevin-Leistungskurve (LPC) ist geeignet, um das Leistungsverhalten von Windenergieanlagen kontinuierlich zu überwachen und Abweichungen zu erkennen. Insbesondere gondelbasierte Lidar-Windmessungen korrelieren hervorragend mit der elektrischen Leistungsabgabe, auch auf sehr kurzen Zeitskalen um 1 s. Zusätzlich wurden Algorithmen zur Ermittlung der LPC mithilfe von Gondelanemometer-Windmessungen entwickelt.	Die Ergebnisse werden durch Veröffentlichungen der Öffentlichkeit sowie der Windenergiebranche zugänglich gemacht. Sie fließen zusätzlich in die Richtlinienarbeit der Fördergesellschaft Windenergie (FGW) ein.

## RAVE – LIDAR II

### Entwicklung gondelbasierter LiDAR-Technologien für die Messung des Leistungsverhaltens und die Regelung von Windenergieanlagen (0325216B)

Ansprechpartner bei Nachfragen: David Schlipf  
Projektkoordinator: Universität Stuttgart

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Gondelbasierte Lidarregelung	Eine prädiktive Regelung einer Windenergieanlage mithilfe eines gondelbasierten Lidarsystems kann den Energieertrag erhöhen und sowohl die Extrem- als auch die Ermüdungslasten signifikant reduzieren.	Im Zuge des Projekts sollen im Jahr 2013 die entwickelten und erprobten Regelungsstrategien experimentell validiert werden. Hierfür wird der am SWE entwickelte Lidar-Scanner auf der Gondel der AREVA M5000 offshore installiert und der Regler optimiert.
Stationäres Leistungs- und Ertragsverhalten mit gondelbasiertem LiDAR	Es wurden Algorithmen entwickelt, mit welchen das einströmende Windfeld an verschiedenen Punkten abgetastet und die Windvektoren bestimmt werden können. Eine daraus bestimmbare rotoeffektive Windgeschwindigkeit korreliert sehr gut mit der von der Windenergieanlage erzeugten elektrischen Leistung.	Die Ergebnisse fließen in die Sitzungen des Fachausschusses „Leistungskurve“ (FALK) der Fördergesellschaft Windenergie e.V.. Des Weiteren werden die Ergebnisse im Arbeitspakt „Procedures for turbine assessment“ des IEA Task 32 „Wind lidar systems for wind energy deployment“ weiterverwertet werden.

RAVE – OWEA

**Verifikation von Offshore Windenergieanlagen (0327696A u. 0327696C)**

Ansprechpartner bei Nachfragen: Ursula Smolka, Jan Dubois

Projektkoordinator: Universität Stuttgart

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?	Bemerkungen
Atmosphärische Zuströmung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse des Turbulenztransportes in maritimen Grenzschichten bis zur WEA</li> <li>Atmosphärische Turbulenz beeinflusst WEA Lasten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verwendung zur Analyse von Lasten und Lastwechsel</li> </ul>	
Lasten und Lastwechsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hochaufgelöste Simulationen haben die Identifizierung der Ursache dominanter Lasten/Frequenzen von Offshore WEA ermöglicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bewertung und Verbesserung effizienter Ingenieurmodelle zur Lastberechnung</li> <li>Vorhersage von Peak Lasten und Bewertung von Maßnahmen zur Lastreduktion</li> </ul>	
WEA-Nachlaufströmungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verbessertes Verständnis der Wechselwirkung von WEA Nachläufen mit maritimen Grenzschichten</li> <li>Der Nachlauf direkt hinter der WEA beginnt zu fluktuieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Numerisches Modell für WEA Simulationen unter spezifischen Zuströmbedingungen für weitere RAVE Projekte verfügbar</li> <li>Weitergabe der nahen Nachlaufdaten an Projektpartner zur Bestimmung des fernen Nachlaufs bis hin zur nächsten Anlage</li> </ul>	
Dehnungs- und Lastmessungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Praxis bei der Temperaturkompensation von Dehnmessstreifen in Halbbrückenschaltung führt unter gewissen Umständen zu unerwarteten temperaturinduzierten Dehnungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umsetzung der Empfehlung zur Kompensation der fehlerbehafteten Lastmessungen wird weiter verfolgt. Neue (optische) Messsysteme werden als möglicher Ersatz zurzeit erprobt</li> </ul>	

<p>Datenvalidierung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Validierung großer Teile der verfügbaren Messdaten (Dehnungen + Beschleunigungen an Turm, Tripod, Jacket, Rotor) aus den ersten zwei Jahren der Messkampagne ist weitestgehend abgeschlossen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Für die weitere Forschung (Anschlussvorhaben beantragt) stehen damit Datensätze zur Verfügung, welche unmittelbar zur Analyse herangezogen werden können.</li> <li>Weiterentwicklung der Simulationsmodelle</li> </ul>	<p>Unter Mitarbeit der Leibniz Universität Hannover (0327696C)</p>
<p>Integrierte Simulation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Kopplung der Softwaretools Flex5 und ASAS (NL) / Poseidon [Finite Elemente] konnte erfolgreich umgesetzt werden, so dass integrierte Lastberechnungen (WEA und Gründung) mit gängiger und branchenspezifischer Software ermöglicht werden konnten. Die hierfür erarbeiteten Computermodelle wurden mit Messdaten des Testfeldes verglichen und verifiziert.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatz der Software beim Anlagenhersteller REpower Systems im Rahmen der Lastberechnung für WEAs und Gründungsstrukturen, sowie den Universitäten Stuttgart und Hannover.</li> <li>Die Forschung überwindet in der Praxis kritische Schnittstellen und kann Komponenten weiter optimieren.</li> <li>Relevante Modellierungstechniken für die integrierte Simulation sollen validiert und Empfehlungen für die Anwendungspraxis erarbeitet werden (Anschlussvorhaben beantragt).</li> </ul>	<p>Unter Mitarbeit der Leibniz Universität Hannover (0327696C)</p>
<p>Lastmonitoring mittels Standard-Betriebsdaten</p>	<p>Der kontinuierliche und vergleichsweise lange Messzeitraum der Messkampagne in alpha ventus ermöglicht die Validierung des Verfahrens für die Lebensdauer der WEA über 20 Jahre.</p>	<p>Das entwickelte Verfahren soll zukünftig zur Optimierung von Wartungszyklen und der möglichen Restlebensdauer herangezogen werden (Folgeprojekt beantragt).</p>	

RAVE – OWEA

**Verifikation von Offshore Windenergieanlagen (0327696B)**

Ansprechpartner bei Nachfragen: Prof. Dr. Martin Kühn  
Projektkoordinator: ForWind – Uni Oldenburg

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?	Bemerkungen
Nachlaufbelastungen in Offshore Windparks	Erste Vergleiche von Belastungsmessungen und Simulationen zeigen Übereinstimmung in der großen Ordnung der schädigungsäquivalenten Lasten. Die effektive Turbulenz Modell tendiert zu leicht höheren Abschätzungen als zwei mäandernde Modelle (DWM und DPM).		Diese Ergebnisse sollten mit einer längeren Datenbasis überprüft werden
WEA-Nachlaufströmungsvermessung	Freifeldvermessung von Windgeschwindigkeit und -turbulenzen im nahen Bereich des WEA-Nachlaufs sind heutzutage mit gondelbasierten Lidarscannern möglich.	Die neuartigen Messdaten geben neue Auskunft über das aerodynamische Verhalten des Rotors und des Nachlauf. Diese neuen Kenntnisse werden in der Weiterentwicklung von Nachlaufmodellen benutzt.	
WEA-Nachlaufströmungssimulation	Die Anfangsgeschwindigkeitsprofile der Ingenieursmodelle zur Rechnung von Nachläufen von Offshore-WEA stimmen nicht überein mit der mit Lidar im nahen Nachlauf gemessenen Windfelder	Die gemessenen Anfangsgeschwindigkeits-profile werden zur Entwicklung neuer Parametrierungen der Ingenieursmodelle eingesetzt.	



RAVE – OWEA

**Verifikation von Offshore Windenergieanlagen (0327696D)**

Ansprechpartner bei Nachfragen: Annette Westerhellweg

Projektkoordinator: DEWI GmbH

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Leistungskurven offshore	<p>Offshore gilt, dass die Leistungskurvenvermessung nach IEC 61400-12-1 (Windmessung in Nabenhöhe) im Mittel zu ähnlichen Ergebnissen führt wie die Vermessung unter Berücksichtigung des Windprofils (Verfahren nach dem „equivalent wind speed“ Prinzip).</p> <p>Allerdings gibt es einen deutlichen Stabilitätseinfluss, der bei der Leistungskurvenvermessung berücksichtigt werden muss. Unter stabilen Schichtungsverhältnissen, verbunden mit größerer Windscherung, wird eine deutlich geringere Leistung gemessen.</p>	
Plattform-basiertes LIDAR offshore, vertikal messend im VAD Modus	<p>(Gehört eher zum Lidarprojekt, aber man kann es nicht oft genug sagen): LIDAR-Langzeitmessung über die Dauer von mehr als einem Jahr zeigte eine sehr hohe Verfügbarkeit (98% in 70m) und eine sehr hohe Übereinstimmung mit den Messmastmessungen. Somit sind insbesondere offshore wegen der besonders homogenen Windverhältnisse LIDAR-Messungen besonders gut für Windmessungen geeignet.</p> <p>LIDAR Messung in nur 2D Abstand zu einer WEA zeigte keinen Vorstauereffekt. Bei der Messung in dieser Entfernung sollte man aber die Ausrichtung der Strahlen beachten.</p> <p>LIDAR Daten können für eine Mastkorrektur verwendet werden. Mastkorrektur wurde durch Lidardaten bestätigt. Mastkorrigierte Daten von FINO1 wurden in die RAVE Datenbank eingespeist.</p>	

Verifikation der Strömungsbedingungen in Offshore-Windparks

Das stationäre CFD-RANS Wake Modell aus dem OWID Projekt wurde anhand der Messergebnisse in Alpha Ventus hinsichtlich der Windgeschwindigkeitsreduktion im Nachlauf bestätigt, die Turbulenzerhöhung wurde aber mit dem Modell ( $k\epsilon$ -Turbulenzmodell) stark unterschätzt.

Anhand der Betriebsdaten von alpha ventus wurden der Einsatz von Leistungsmatrizen basierend auf CFD-Rechnungen getestet. Leistungsmatrizen sind potentiell ein gutes Werkzeug, um in Verbindung mit einer Windmessung für Leistungsvorhersagen, Windparkmonitoring oder Leistungsgarantien verwendet werden.

Richtlinien und Technologietransfer

Vorstellung unserer Ergebnisse im FGW Ausschuss Leistungskurven

## RAVE – OWEA

### Verifikation der Turbulenzparametrisierung und der Beschreibung der vertikalen Struktur der maritimen atmosphärischen Grenzschicht in numerischen Simulationsmodellen zur Windanalyse und -vorhersage (0325060), (nachträglich als Arbeitspaket 5 des Verbundes OWEA geführt)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Prof. Dr. Stefan Emeis

Projektkoordinator: KIT - Karlsruher Institut für Technologie

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
<p>Beschreibung der Turbulenz in der marinen Grenzschicht in Windfeldmodellen</p>	<p>Es gibt zwei wichtige Ergebnisse, die die Beschreibung der Turbulenz in der marinen Grenzschicht in numerischen Windfeldmodellen in zwei Aspekten wesentlich verbessern:</p> <p>Aspekt 1: Die untere Randbedingung für die Turbulenz ist die Rauigkeit der Meeresoberfläche, die durch einen Widerstandsbeiwert beschrieben werden kann.</p> <p>Das Vorhaben hat für den Widerstandsbeiwert zwei wichtige Resultate erbracht, die die bisher verfügbaren unterschiedlichen Ansätze auf eine theoretisch korrekte Grundlage stellen, vereinheitlichen und in einen Beschreibungsansatz zusammenfassen:</p> <p>Ergebnis 1a: Wenn keine Daten zur Wellenhöhe und Wellengeschwindigkeit vorliegen, kann der Widerstandsbeiwert empirisch als Funktion der Windgeschwindigkeit beschrieben werden. Die hier gefundene neue Formulierung ist so gewählt, dass der Beiwert für hohe Windgeschwindigkeiten nicht unbeschränkt weiter anwächst. Das bedeutet für hohe Windgeschwindigkeiten niedrigere Widerstandsbeiwerte als bisher, was besser zu den Messungen passt.</p> <p>Ergebnis 1b: Wenn Daten zu den Wellen vorliegen und die Steilheit der Wellen (das ist das Verhältnis Höhe zu Breite) bekannt ist, kann der Widerstandsbeiwert theoretisch korrekt allein als Funktion der Steilheit der Wellen angegeben werden (er hängt vom Quadrat der Steilheit ab).</p> <p>Aspekt 2: Die Turbulenz der Luft muss in numerischen Windfeldmodellen</p>	<p>Die Ergebnisse wurden in einer Doktorarbeit (unter <a href="http://kups.uni-koeln.de/4707/">http://kups.uni-koeln.de/4707/</a> verfügbar), Projektberichten und wissenschaftlichen Publikationen dargestellt. Damit stehen sie der wissenschaftlichen Öffentlichkeit für die weitere Forschung und der Windkraftindustrie für eine effiziente Windkraftnutzung zur Verfügung.</p> <p><u>Publikation zu Ergebnis 1a:</u> Foreman, R., S. Emeis, 2010: Revisiting the Definition of the Drag Coefficient in the Marine Atmospheric Boundary Layer. J. Phys. Oceanogr., <b>40</b>, 2325-2332. DOI: 10.1175/2010JPO4420.1 (Dieser Aufsatz hat mittlerweile international Beachtung gefunden und der gefundene Ansatz ist von anderen Fachkollegen akzeptiert worden)</p> <p><u>Publikation zu Ergebnis 1b:</u> Foreman, R., S. Emeis, 2012: Correlation equation for the marine drag coefficient and wave steepness. Ocean Dynamics, <b>62</b>, 1323-1333. DOI: 10.1007/s10236-012-0565-1</p>

parametrisiert werden, da sie in diesen Modellen nicht direkt berechnet werden kann.

Ergebnis 2: Es wird ein neuer Satz empirischer Konstanten für die in numerischen Windfeldmodellen übliche Turbulenzparametrisierung vorgeschlagen. Ein Vergleich mit FINO-Messungen zeigt, dass dieser neue Satz zu einer besseren und richtigeren Beschreibung der Turbulenzintensität in der marinen Grenzschicht führt. Dies stellt Lastabschätzungen für WEA auf eine bessere Grundlage und stellt bessere Eingabeparameter für WEA- und Windpark-Nachlaufmodelle bereit. Der neue Satz von Konstanten führt sowohl offshore als auch Onshore zu Verbesserungen in der Simulation der Turbulenzintensität.

Publikation zu Ergebnis 2: Foreman, R., S. Emeis, 2012: Method for increasing Turbulent Kinetic Energy in the Mellor-Yamada-Janjić boundary layer parametrization. Bound.-Lay. Meteorol. online first. DOI: 10.1007/s10546-012-9727-4

**RAVE – Offshore~WMEP**

**Offshore-Testfeld (WIFO): Monitoring der Windenergienutzung in Deutschland – Konzipierungsphase, Offshore~WMEP (0327695)**

Ansprechpartner bei Nachfragen: Philipp Lyding (Kontakt unter +49 (0) 561 / 7294 – 355, oder philipp.lyding@iwes.fraunhofer.de)

Projektkoordinator: Fraunhofer IWES

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Offshore-Windenergienutzung	<p>Durch das Technologiemonitoring haben Politik und interessierte Fachöffentlichkeit Zugriff auf unabhängige Informationen zur Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland.</p> <p>Jährlich erscheinender „Windenergie Report Deutschland“</p>	<p>EEG-Erfahrungsbericht</p> <p>Einbindung in die Informationsplattform „Windmonitor“ – <a href="http://www.windmonitor.de">www.windmonitor.de</a></p>
Gemeinsame Wissensdatenbank	<p>Entwicklung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenbankstruktur</li> <li>• Vertraulichkeitskonzept</li> <li>• Datenerfassungs- und -übertragungskonzept</li> <li>• Industrielle Standards</li> </ul>	<p>Die erarbeiteten Konzepte und die gemeinsame Basis mit der Industrie werden im Anschlussprojekt zum konkreten Aufbau eines gemeinsamen Windenergie Informations Datenpool (WInD-Pool) genutzt.</p> <p>Offshore-Windparkbetreiber und Entwickler werden Ihre Erfahrungen aus Betrieb und Instandhaltung gemeinsam zur Kostensenkung nutzen.</p>

## RAVE – Netzintegration

### Netzintegration von Offshore Windparks (0325002)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Arne Wessel (Kontakt unter +49 (0) 561 / 7294 – 251, oder arne.wessel@iwes.fraunhofer.de)

Projektkoordinator: Fraunhofer IWES

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Steuerung von Windparkclustern	Möglichkeiten der Bereitstellung von Blindleistung und Unterstützung der Netzführung durch Windparkcluster.	Einbindung in das Windpark Cluster Management System (WCMS) des IWES.
Offshore-Windleistungsvorhersage	Qualitativ genauere Prognose der Windleistung für Offshore-Windparks in Kombination mit der Prognose der Vorhersageunsicherheit für eine bessere Einbindung von Offshore-Windparks in das elektrische Netz.	Verbesserung des Windpark Cluster Management System (WCMS) des IWES und Einbindung in das MSEPS Vorhersagesystem von WEPROG.
Charakterisierung von Windleistungsfluktuationen und deren Vorhersage	Planungshilfe für die Menge der zur Verfügung zu haltenden Regelenergie zur Kompensation von kurzfristigen Leistungsschwankungen durch Offshore-Windenergie. Dies besonders in Hinblick auf die geplanten Ausbauszenarien in Nord- und Ostsee.	
Simulation von gekoppeltem atmosphärischen NWP und Meeresströmungsmodell	Die Durchführbarkeit und der Nutzen eines gekoppelten Systems wurden unter Echtzeitbedingungen getestet.	Die erfolgreiche Einbindung eines gekoppelten Atmosphärenmodells mit einem Meeresströmungsmodell wurde getestet und kann im operativen Betrieb von WEPROG bereitgestellt werden.
Erstellung von zeitlich hochaufgelösten Prognosen für Variabilitätsstudie	Grundlegende Arbeiten an numerischen Modellen führten dazu, ein bisher nicht verfügbares Produkt für die weitere Arbeit mit starken Leistungsfluktuationen anbieten zu können.	Zeitlich hochaufgelöste Prognosen können für die Bestimmung von Leistungsfluktuationen von WEPROG in Echtzeit bereitgestellt werden, vor allem wenn diese kritisch für den Netzbetrieb werden.
Datenassimilierung mit einem Ensemble Kalman Filter Ansatz (iEnKF)	Weiterführende Erfahrung im Offshorebereich für ein für den Kurzfristbereich entwickeltes Prognoseverfahren.	Das weiterentwickelte Modell (iEnKF) ist bereits im operativen Einsatz von WEPROG.

## RAVE – Betriebsschall

### Messung der Betriebsgeräusche von Offshore-WEA zur Bestimmung des Schalleintrags durch die Schallübertragungsfunktion zwischen Turm und Wasser an Anlagen im Testfeld Offshore (0327687)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Dr. Hermann van Radecke

Projektkoordinator: FH Flensburg

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
<p>Betriebsschall Offshore Windpark</p>	<p>Die Schallemissionen unter Wasser von Offshore Windenergieanlagen sind nicht gefährlich für Meerestiere wie Schweinswale und Seehunde. Die Anlagen emittieren im selben niederfrequenten Frequenzbereich wie Schiffe aber sind leiser als Schiffe. In einem breiten nicht markanten Rauschen wurden einzelne herausragende Töne nachgewiesen und konnten als Quellen in den Windenergieanlagen identifiziert werden. Die Hersteller sind motiviert, durch bauliche Maßnahmen herausragende Geräuschquellen und Töne zu vermeiden und so die Maschinen unter Wasser leiser zu gestalten.</p>	<p>Hersteller von Offshore Windenergieanlagen sind motiviert, ihre Anlagen leise zu gestalten. Ein Schall-Monitoring der Nordsee und biologische Untersuchungen sind zu empfehlen, da die Anlagen einzeln zwar leiser als Schiffe sind aber mit der großen Anzahl von Offshore Anlagen die Summe des Schallpegels nicht unerheblich sein wird.</p>



## RAVE – Ökologie

### Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben „alpha ventus“ zur Evaluation des Standarduntersuchungskonzepts des BSH – StUKplus (0327689A)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Anika Beiersdorf

Projektkoordinator: BSH – Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Benthos	Der Sandboden wird in eine Hartsubstratlandschaft umgewandelt. An den Fundamenten bildet sich innerhalb kurzer Zeit eine vielfältige Riffaunagemeinschaft aus.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wurde ein Datenbanktool zur Modellierung der Verbreitung von Benthosarten in der deutschen AWZ der Nordsee entwickelt. Die Datenbank soll eine Grundlage für die Ermittlung von Dichten und Verteilungsmuster für die zukünftige Bewertung möglicher kumulativer Effekte sein.</li> <li>• Das Standarduntersuchungskonzept (Teil Benthos) wurde methodisch evaluiert und wird 2013 in einer neuen Version (StUK4) erscheinen.</li> </ul>
Fische	Die Artanzahlen im Windpark steigen leicht. Ein definitiver Nachweis zur Erholung der Fischbestände aufgrund des Fischereiverbots im Windpark kann noch nicht erbracht werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wurde ein Schleppnetz-geschütztes hydroakustisches Multifrequenz-Echolotsystem zur Erfassung pelagischer Fische entwickelt.</li> <li>• Das Standarduntersuchungskonzept (Teil Fische) wurde methodisch evaluiert und wird 2013 in einer neuen Version (StUK4) erscheinen.</li> </ul>
Rastvögel	Die Reaktionen auf den Windpark sind artspezifisch, z.B. zeigen Seetaucher eher eine Meidung der WEA-Strukturen; Zwergmöwen suchen das Testfeld dagegen gezielt auf.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wurde eine einheitliche qualitätsgeprüfte Datenbank entwickelt, die Bewertungskriterien für eine Kategorisierung der Erhebungsqualität liefern soll. Die Datenbank soll auch eine Grundlage für die Ermittlung von Dichten und Verteilungsmuster für die zukünftige Bewertung möglicher kumulativer Effekte sein.</li> <li>• Das Standarduntersuchungskonzept (Teil Rastvögel) wurde</li> </ul>

		methodisch evaluiert und wird 2013 in einer neuen Version (StUK4) erscheinen.
Zugvögel	Zugvögel erkennen die Bewegung der Rotorblätter (bei normalen Sichtverhältnissen) und weichen ihnen aus. Es durchfliegen vor allem Möwen und Singvögel den Windpark; Meerestenten und Alkenvögel weichen ihm aus. Bei schlechten Sichtverhältnissen (Regen, Nebel) können Vögel mit Windenergieanlagen kollidieren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wurden neue radar- und kameragestützte Systeme zur Erfassung des Vogelzugs entwickelt.</li> <li>• Das Standarduntersuchungskonzept (Teil Zugvögel) wurde methodisch evaluiert und wird 2013 in einer neuen Version (StUK4) erscheinen.</li> </ul>
Meeressäuger	Schweinswale meiden während der schallintensiven Rammungen den Baustellenbereich bis in 15-20 km Entfernung. Wie schnell die Tiere in das Gebiet zurückkehren, hängt von der Dauer der Rammung ab. Ist die Bauphase abgeschlossen, zeigt der Windpark keinen Effekt auf Meeressäuger.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wurde eine einheitliche qualitätsgeprüfte Datenbank entwickelt, die Bewertungskriterien für eine Kategorisierung der Erhebungsqualität liefern soll. Die Datenbank soll auch eine Grundlage für die Ermittlung von Dichten und Verteilungsmuster für die zukünftige Bewertung möglicher kumulativer Effekte sein.</li> <li>• Die Ergebnisse zeigten die Notwendigkeit eines definierten Schallschutzkonzepts, das bei Einreichung der Unterlagen für eine Windpark-Genehmigung beschrieben sein muss.</li> <li>• Das Standarduntersuchungskonzept (Teil Meeressäuger) wurde methodisch evaluiert und wird 2013 in einer neuen Version (StUK4) erscheinen.</li> </ul>
Unterwasserschall	Die Betriebsgeräusche des Windparks sind bis in max. 100 m Entfernung für Schweinswale hörbar und zeigen eine ähnliche Lautstärke wie der Hintergrundschall im Meer.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wurde eine Messvorschrift zur Messung von Unterwasserschall vor und während des Baus und im Betrieb eines Windparks entwickelt. Die Messergebnisse sind der Genehmigungsbehörde vorzulegen.</li> </ul>

## RAVE – Sonartransponder

### Erforschung von Sonartranspondern für Offshore-Windparks und technische Integration in ein Gesamtkonzept (0325104)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Dipl.-Ing. Moritz Fricke  
Projektkoordinator: Leibniz Universität Hannover

<b>Untersuchungsgegenstand</b>	<b>Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?</b>	<b>Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?</b>
Sonartransponder für Offshore-Windparks	Die entwickelten und getesteten Sonartransponder gewährleiten eine biologisch vertretbare akustische Kenntlichmachung von Windenergieanlagen für Unterwasserfahrzeuge auch unter ungünstigen Wetterbedingungen.	Die im Offshore-Testfeld gewonnenen Ergebnisse liefern Anhaltspunkte für die Anordnung von Sonartranspondern in zukünftigen Windparks.

## RAVE – Hydroschall

### Erforschung der Schallminderungsmaßnahme Gestufter Blasenschleier (Little Bubble Curtain) im Testfeld Alpha ventus (0325122A; 0325122B)

Ansprechpartner bei Nachfragen: Tanja Grießmann  
Projektkoordinator: Leibniz Universität Hannover

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?
Rammerschall	<p>Die Wirkung des Blasenschleiers ist stark von der Strömung des umgebenden Wassers abhängig. Beim ersten Wiedereinschalten des Blasenschleiers war der entsprechende Rammpfahl etwa zur Hälfte in den Meeresboden gerammt worden. Die festgestellte Schallminderung betrug etwa 13 dB (<math>\Delta</math>SEL) bzw. 14 dB (<math>\Delta</math>L<sub>peak</sub>) in Strömungsrichtung und 2 dB (<math>\Delta</math>SEL) bzw. 0 dB (<math>\Delta</math>L<sub>peak</sub>) entgegen der Strömungsrichtung. Beim zweiten Wiedereinschalten der Kompressoren hatte der Rammpfahl seine Endtiefe beinahe erreicht. Hier betrug die Schallminderung etwa 10 dB (<math>\overline{\Delta}</math>SEL) bzw. 12 dB (<math>\Delta</math>L<sub>peak</sub>) in Strömungsrichtung und 4 dB (<math>\Delta</math>SEL) bzw. 5 dB (<math>\Delta</math>L<sub>peak</sub>) entgegen der Strömungsrichtung. Der UBA-Vorsorgewert von 160 dB re 1 <math>\mu</math>Pa in einer Entfernung von 750 m konnte nur in Strömungsrichtung eingehalten werden.</p>	<p>Die Erkenntnisse fließen in laufende Forschungsvorhaben ein. Es wurden Erfahrungen über die Auswirkung einer Maßnahme direkt am Rammpfahl auf die Bauabläufe und die Projektplanung erlangt. Insbesondere hat sich gezeigt, dass die Vormontage der Systemkomponenten an Land zu einer Verringerung der kostenintensiven Installationszeiten offshore führt. Daher sind Schallminderungssysteme anzustreben, die den Bauablauf nicht oder möglichst wenig stören.</p>

## RAVE – Akzeptanz

### Akzeptanz der Offshore-Windenergienutzung (0325137)

Ansprechpartner bei Nachfragen: PD Dr. Gundula Hübner  
Projektkoordinator: Universität Halle-Wittenberg

<b>Untersuchungsgegenstand</b>	<b>Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?</b>	<b>Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?</b>
Akzeptanz der Offshore-Windenergienutzung	Akzeptanz für Offshore-Windenergienutzung ist bei Touristen wie Anwohnern relativ stark ausgeprägt – wenn sie in weiter Entfernung zur Küste stehen und die Sicherheit der Seeschifffahrt gewährleistet ist. Die Sicherheit wird unter Anwohnern kritisch beurteilt und Mitsprache im Planungsverfahren gefordert.	Die Ergebnisse werden in einer Informationsbroschüre aufbereitet und in den Befragungsorten verteilt. Zusätzlich wird eine Internetseite eingerichtet, die frei zugänglich ist. Die Ergebnisse wurden bereits der Offshore-Stiftung zur Gestaltung von Ausstellungen übermittelt.

**RAVE – TUFFO**

**Erfassung und Bewertung des Einflusses turbulenter Feuchteflüsse auf die Turbulenz in Offshore Windparks (0325304)**

Ansprechpartner bei Nachfragen: Prof. Dr. Stefan Emeis  
Projektkoordinator: KIT – Karlsruher Institut für Technologie

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?	Bemerkungen
<p>Turbulenz in der marinen Grenzschicht als Funktion des vertikalen Feuchteprofils</p>	<p>Bisher noch keine, da die dafür notwendigen speziellen schnellen Feuchtemessgeräte erst im Frühjahr 2012 installiert wurden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Ergebnisse sind relevant für Lastabschätzungen und Lebensdauerberechnungen für offshore-WEA.</li> <li>• Die Ergebnisse sind relevant für die Berechnung des notwendigen Abstandes zwischen WEA in einem Windpark und von Windparks untereinander. Diese Abstände sind offshore größer als onshore.</li> <li>• Die Ergebnisse tragen darüber hinaus zum prinzipiellen Verständnis der atmosphärischen Grenzschicht über See und damit zum allgemeinen wissenschaftlichen Fortschritt bei.</li> <li>• Die Ergebnisse werden in Projektberichten und wissenschaftlichen Publikationen dargestellt werden.</li> </ul>	<p>Das Projekt läuft noch bis Mitte 2014.</p>

RAVE – UFO

**Umgebungseinflüsse auf Offshore-Windenergieanlagen (0325255A)**

Ansprechpartner bei Nachfragen: Uta Kühne  
Projektkoordinator: fk-wind, Hochschule Bremerhaven

Untersuchungsgegenstand	Welche praktisch verwertbaren und praktisch nutzbringenden Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen wurden gewonnen?	Wie wurden / werden die genannten Ergebnisse weiter verwertet und genutzt (ggf. Patente)?	Bemerkungen
Erfassung von Salzablagerungen	In einer Nearshore-Windenergieanlage konnte sogar 4 km von der Nordseeküste entfernt Salzniederschlag nachgewiesen werden.	Die Laufzeit des Vorhabens beträgt derzeit etwas über ein Jahr, so dass die bisher erzielten Ergebnisse vorerst einen ersten Einblick in die zu untersuchenden Themenfelder darstellen. Eine Verwertung erfolgt derzeit in Form der Qualifizierung von Nachwuchswissenschaftlern, im Rahmen der Lehre an der Hochschule Bremerhaven und durch Veröffentlichungen.	Bisher konnten noch keine wesentlichen Offshore-Ergebnisse erreicht werden, da aufgrund der Wetterlage eine Ausbringung von Materialproben und Datenloggern nicht erfolgen konnte.
Erfassung von Mikroorganismen	Die Nearshore-Anlage wies an verschiedenen Stellen Pilzwachstum auf, insbesondere an der Turminnenwand und auf dem äußeren Maschinenhausdach.		
Einsatz von Lasertechnik und bildgebenden Auswerteverfahren	Nachweis und Visualisierung von Salzablagerungen und Mikroorganismen.		Gemeinsame Bearbeitung mit dem Partner Imare GmbH
Untersuchung von Ölproben (Getriebe und Hydraulik)	Nachweis von Salz oder Mikroorganismen ist sehr schwierig, da die Zusammensetzung der Öle in Windenergieanlagen sehr komplex ist.		

## IMPRESSUM

### Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES  
Königstor 59  
34119 Kassel

Tel.: +49-561-7294-0  
info@iwes.fraunhofer.de

www.iwes.fraunhofer.de  
www.rave-offshore.de  
www.rave2012.de



## PARTNER DER RAVE-INITIATIVE



## PROJEKTTRÄGER UND -FÖRDERER

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## RAVE-KOORDINATION

