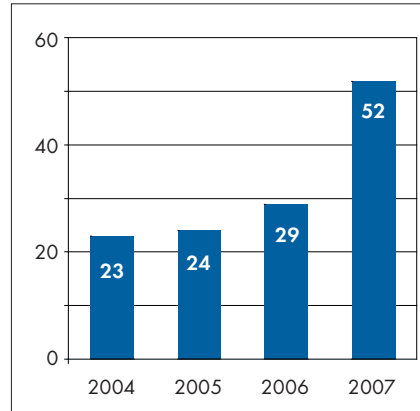


4. Windenergie

In den letzten Jahren konnte durch das Bundesumweltministerium die Forschungsförderung des Bundes für die Windenergie wieder auf ein Niveau gesteigert werden, das ihrer Bedeutung unter den erneuerbaren Energien für die Stromerzeugung und ihrem Potenzial für den Klimaschutz entspricht. 2007 wurden rund 39,5 Mrd. kWh Strom durch Windenergieanlagen erzeugt. Der Anteil der Windenergie am deutschen Bruttostromverbrauch betrug damit 6,4 %. Während im Jahr 2000 nur drei Vorhaben zur Windenergieforschung bewilligt wurden, waren es im Jahr 2007 52 neue Vorhaben. Das Neubewilligungsvolumen stieg von einem Durchschnitt der Jahre 2004 bis 2006 in Höhe von 16,8 Mio. Euro jährlich auf 34,7 Mio. Euro im Jahr 2007. Das entspricht einem Anteil von 34 % am Neubewilligungsvolumen für die gesamte Forschung zu erneuerbaren Energien.

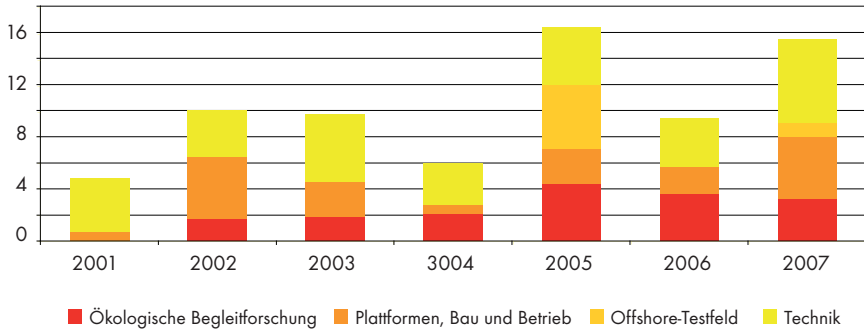


Entwicklung der Zahl jährlich neu bewilligter Forschungsvorhaben 2004 bis 2007

Inhaltlich traten in den letzten Jahren immer mehr Forschungsthemen zur Windenergienutzung auf See in den Vordergrund. Zunächst seit 2002 mit der ökologischen Begleitforschung zur Offshore Windenergienutzung, danach die BMU-Forschungsplattformen (FINO) und zunehmend auch Themen der Anlagentechnik, der Gründungen, Logistik und zur praktischen Erprobung von Windenergieanlagen (WEA) auf See.

Die Forschungsplattformen in Nord und Ostsee, FINO 1-3 bieten im internationalen Maßstab einmalige Möglichkeiten die Nutzungsbedingungen für WEA unter Hochseebedingungen systematisch zu untersuchen.

Eine neue Qualität der Windenergieforschung in Deutschland wird mit der BMU Forschungsinitiative RAVE (**R**esearch at **alpha ventus**) im deutschen Offshore Testfeld alpha ventus erreicht, das von einer Gesellschaft (DOTI GmbH) der Energieversorger EWE, Vattenfall und E.ON in unmittelbarer Nachbarschaft zur Forschungsplattform



Verteilung der durch die jeweils laufenden Forschungsprojekte jährlich verbrauchten Fördermittel auf Themengebiete, Quelle: BMU.

FINO 1 errichtet wird. Das BMU sieht für die technische Forschung im Rahmen von RAVE 45 Mio. Euro über einen Zeitraum von fünf Jahren vor. Für die ökologische Begleitforschung im Testfeld wurden weitere 5 Mio. Euro eingeplant. Bereits im Jahr 2005 wurde der Erwerb der

Rechte an dem Windtestfeld vom BMU mit 5 Mio. Euro gefördert, was den starken Anstieg des Mitteleinsatzes in 2005 ausmacht. Bis Ende 2007 wurde der wesentliche Teil der Forschungsaktivitäten im Testfeld bewilligt bzw. zur Bewilligung vorbereitet. Dabei waren mehr als in der übrigen Forschungsförderung komplexe inhaltliche und organisatorische Abstimmungen zwischen den Akteuren aus Industrie, Forschungseinrichtungen und Behörden notwendig und durch PtJ zu begleiten.

Die technische Forschung griff u.a. Themen zur Verbesserung der Multi-Megawatt WEA, der Verbesserung der Prognosegüte der Windstromspeisung ins Netz, der optimierten Wartung und Instandhaltung sowie der lastreduzierenden Regelung von WEA auf. Ziele sind die Kostensenkung und Steigerung der Zuverlässigkeit und damit die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Windindustrie, die 2007 einen Branchenumsatz von 11,7 Mrd. Euro verzeichnen konnte.

Hinsichtlich der Netzintegration waren 2007 u.a. die Speicherung von Windstrom und die Erforschung optimierter Stromübertragungstechniken wichtige Forschungsthemen.

Im Offshore-Bereich traten Themen der Logistik und der Gründungen in den Vordergrund der Forschung außerhalb des Testfeldes. Dabei besteht ein enger Zusammenhang zwischen der konstruktiven Optimierung von Gründungen, ihrer Transport- und Montagefreundlichkeit an Land und auf See sowie der Entwicklung von angepasstem und leistungsfähigem Transport- und Montagegerät für die erwartete Installation von ca. 500 Gründungen und WEA pro Jahr in der Mitte des nächsten Jahrzehnts in den nordeuropäischen Seegebieten.

Immer höhere Leistungen der WEA im Multi-Megawatt Bereich bringen immer größere Rotordurchmesser und dadurch höhere Anforderungen an Materialien, Montagetechnik und die Aerodynamik mit sich. Deshalb ist auch das Rotorblatt ein aktueller Schwerpunkt der Förderung. Neben der Forschung zur Automatisierung von Herstellungsprozessen war der Bau eines akustisch optimierten Windkanals ein wichtiges Ergebnis im Jahr 2007. Die Entwicklung neuer Prüfmethodiken und Prüfstände für Rotorblätter und deren Komponenten als wesentlicher Teil des im Aufbau befindlichen Kompetenzzentrums Rotorblatt der Fraunhofer-Gesellschaft in Bremerhaven wird auch für die nächsten Jahre einen Schwerpunkt der Windenergieforschung bilden.

Die ökologische Begleitforschung dient dem umwelt- und naturverträglichen Ausbau der Windenergienutzung. Sie vereint die Ziele des Klimaschutzes und die des Naturschutzes und ist seit sechs Jahren Bestandteil der Windenergieforschung. Sie konnte 2007 auf hohem Niveau und in angemessenem Verhältnis zu den technischen Schwerpunkten der Windenergieforschung fortgesetzt werden.

Das Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) hat 2007 im Auftrag des BMU die Studie „Zur Windenergieforschung in Deutschland“ erstellt. Die Windenergieforschung in Deutschland ist durch viele dezentrale Einrichtungen gekennzeichnet. Die Autoren empfehlen, in Deutschland international sichtbare und schlagkräftige Akteure in der Windforschung schaffen. Dazu solle man an regionale Schwerpunkte anknüpfen und diese gezielt ausbauen. Das BMU strebt nun im Ergebnis der Studie an, im Dialog mit den betroffenen Akteuren und Bundesländern geeignete Handlungsoptionen zur Stärkung der Windenergieforschung in Deutschland zu entwickeln.

Im internationalen Maßstab beteiligen sich deutsche Institute rege an der EU-Technologieplattform Windenergie. Das BMU hat im Dezember 2007 mit den entsprechend



zuständigen Ministerien in Dänemark und Schweden eine Erklärung über die Zusammenarbeit in der Offshore-Windenergieforschung geschlossen. Im Rahmen des Agreements zur Windenergieforschung der Internationalen Energieagentur, IEA, arbeiten deutsche Institute an gemeinsamen Aufgaben der Teilnehmerstaaten zu Querschnittsfragen, zu Fragen der Windenergie in kalten Klimazonen, zur Offshore-Windenergienutzung und zur Netzintegration mit. Die internationalen Aktivitäten sind eng mit Fördervorhaben des BMU verzahnt.

Im Jahr 2008 ist eine Fortsetzung der Windenergieforschung auf dem Niveau des Vorjahres zu erwarten. Höhepunkte bilden u.a. die Errichtung von FINO 3, die Inbetriebnahme des Offshore-Tesfeldes sowie die Aufnahme des Messbetriebes durch die begleitenden Forschungsvorhaben.

Die Forschungsplattform FINO 1 zeichnet seit 2003 Daten auf,
Quelle: BMU

4.1 Weiterentwicklung der Anlagentechnik

Zentrales Ziel der technischen Forschungsförderung ist es, die Kosten der Windenergieerzeugung weiter zu senken und so die Ausgangsbedingungen für den weiteren Ausbau Windenergie an Land (Onshore) und insbesondere auch auf See (Offshore) zu verbessern. Im Jahr 2007 entfielen ca. zwei Drittel der neu bewilligten Windenergie-Forschungsprojekte auf den Offshore-Bereich.

Die bis heute in Deutschland vorherrschende Technik der Windenergieanlagen ist bislang durch den vornehmlichen Landeinsatz (Onshore) geprägt. Die Technologieentwicklung war in letzter Zeit mit einem sprunghaften Wachstum der Rotordurchmesser (bis zu 120 m) sowie größeren Nabenhöhen (bis zu 160 m) und damit einer enormen Leistungssteigerung bis in den Multimegawattbereich (5 MW) verbunden. Die durchschnittliche Nennleistung neuer WEA stieg im Jahr 2007 auf über 1.800 kW, was mehr als eine Verzehnfachung im Vergleich zum Jahr 1990 bedeutet.

Die gesamte Bandbreite der technischen Forschung im Bereich der Windenergie erstreckt sich über die Entwicklung von kleinen Hybrid-WEA mit einer Nennleistung von etwa 5 kW, über Anlagen aus dem mittleren Leistungsbereich bis hin zu Offshore tauglichen Multi-Megawatt-WEA mit 5 MW Anlagennennleistung.

Insbesondere letztere stellen aufgrund Ihrer enormen Rotorblattgröße von ca. 60 m und deren aerodynamischer Auslegung immer höhere Anforderungen an Materialien, Montagetechnik und Aerodynamik.

Daher bildet die Rotorblattoptimierung neben den Forschungen zur Automatisierung von Herstellungsprozessen einen Schwerpunktbereich in der technologischen Windenergieforschung. Das Bundesumweltministerium förderte 2007 sowohl den Bau des „Kompetenzzentrums Rotorblatt“ der Fraunhofer-Gesellschaft in Bremerhaven (CWMT) als auch den des Windkanals der Deutschen WindGuard GmbH. Der akustisch optimierte Windkanal bietet gute Rahmenbedingungen für die aerodynamische und aeroakustische Optimierung verschiedenster WEA-Bauteile. Durch die Länge der Messstrecke von bis zu 14 Metern sind Untersuchungen an relativ großen Modellen und Originalsegmenten



Rotorblattmontage,
Quelle: Multibrud GmbH

von WEA möglich. Demgegenüber steht beim „Kompetenzzentrum Rotorblatt“ des CWMT die Entwicklung neuer Prüfmethodiken und Prüfstände für Rotorblätter und deren Komponenten im Vordergrund. Die Rotorblattforschung wird auch für die nächsten Jahre einen Schwerpunkt der technologischen Windenergieforschung bilden.

Um das übergeordnete Ziel der Kostensenkung und Ertragssteigerung zu erreichen, wurden im Jahr 2007 u.a. Themen zur Verbesserung der Multimegawatt WEA (Multibrid und REpower), der optimierten Wartung und Instandhaltung (EVW-Verbund) sowie der lastreduzierenden Regelung von WEA (ISET und LTI) im Rahmen der technischen Forschung aufgegriffen. Bei der Firma Multibrid hatte das Bundesumweltministerium bereits die Entwicklung des ersten Prototyps der M5000 im Rahmen der Forschungsförderung unterstützt. Die Übergänge zwischen den Bereichen der reinen WEA-Technik und der Offshore-Forschung im Rahmen von alpha ventus (s. Abschnitt 4.5) sind dabei als fließend anzusehen.

Die Gewichtsoptimierungen und die Systemoptimierung im Rahmen innovativer WEA Designansätze steht sowohl bei der Firma Vensys (Entwicklung einer getriebelosen 2,5 MW Windturbine mit permanentmagneterregtem Hochleistungs-generator), als auch bei der Firma Voith (Entwicklung eines hydrodynamischen Hochleistungsantriebes für Multimegawatt-WEA) im Mittelpunkt der Forschung und Entwicklung.

Technisch ist es in der Vergangenheit gelungen, die Entwicklung der WEA in Richtung Multimegawatt WEA bis 5 MW erfolgreich im Rahmen der Forschungsförderung voran zu treiben. In Bezug auf die Weiterentwicklung der Multimegawatt-WEA ist derzeit noch nicht abzusehen, bei welcher Anlagengröße das technische und wirtschaftliche Optimum erreicht sein wird. Daher ist für die nahe Zukunft die Entwicklung noch größerer WEA für den primären Offshore-Einsatz wahrscheinlich.

Die technische Forschungsförderung konnte bislang erfolgreich dazu beigetragen, dass die Unternehmen der deutschen Windindustrie auch im internationalen Vergleich einen Spitzenplatz besetzen. In der Weiterentwicklung des Systems Windenergieanlage liegt auch zukünftig ein bedeutendes Potenzial im Hinblick auf die Einzelkomponenten und die Optimierung des Zusammenspiels dieser Komponenten zur Erreichung der Ziele, die Windenergie kostengünstig und zuverlässig auszubauen.

4.2 Netzintegration der Windenergie und Optimierung der Energiesysteme

Der Netzintegration der erneuerbaren Energien wird innerhalb der Forschungsförderung in den letzten Jahren eine steigende Priorität zugewiesen, da sowohl die stark wachsende Photovoltaik wie auch die bereits gut etablierte Windenergie fluktuierende Netzeinspeiser darstellen. In Summe betrug der Anteil der Einspeisung aus PV und Wind 2007 knapp 50 % aller erneuerbaren Energien, wodurch an einen stabilen Netzbetrieb deutlich höhere technische Anforderungen gestellt werden. Gegenwärtig sind die Stromnetze den Ausbauzielen von 25 bis 30 % erneuerbaren Energien im Stromsektor bis 2020 noch nicht gewachsen, zumal sich durch den künftigen Offshore-Ausbau eine hohe lokale Konzentration und eine hohe Erzeugung in Norddeutschland abzeichnet. Im Jahr 2007 hat das BMU acht neue Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von 2,8 Mio. Euro bewilligt und laufende Projekte mit 1,3 Mio. Euro Zuwendung kofinanziert.

Auf nationaler Ebene wird eine Reihe von Konzepten erprobt, die alle am Ziel einer einfachen Integration großer Stromanteile aus erneuerbaren Energiequellen orientiert sind. Neben dem Ausbau der Stromnetze können die bestehenden Freileitungen bei entsprechender Überwachung (Temperaturmonitoring) zumindest in Starkwindzeiten auch stärker belastet werden. Durch Variation von Spannung und Frequenz, den Übergang von Wechselstrom auf Hochspannungsgleichstromübertragung und durch verbesserte Kabeltechnologien sind noch Optimierungspotenziale vorhanden. An diesen Punkten setzen mehrere Vorhaben an, um diese Potenziale zu nutzen. Weitere Ansätze orientieren sich an der Produktions- und Nachfrageseite. So sollen bspw. Kunden über Preissignale dazu bewegt werden, ihren Strombedarf an der Verfügbarkeit regenerativer Energiequellen zu orientieren. Konkret bedeutet dies, Haushaltsaktivitäten in Zeiten hohen Wind- und oder Sonnenangebots zu verschieben. Ebenso ließen sich Verstetigungseffekte erzielen, wenn regelbare Erzeuger wie Wasserkraft oder Biomasse im Verbund mit fluktuierenden und konventionellen Erzeugern an einem bedarfsorientierten Erzeugungsmanagement teilnahmen (virtuelles Kraftwerk). Eine bedeutende Rolle in virtuellen Kraftwerken spielen auch alle Formen von Energiespeichern, die von Batterien bei kleineren Insellösungen bis hin zu sehr großen Pumpspeicherkraftwerken reichen können.

Bei den Stromnetzen sind die Übertragungsnetzbetreiber über die Netzsparte der Versorger Vattenfall, E.On, EnBW und RWE wichtige Partner, die durch Unternehmen wie die EWE Oldenburg oder MVV Mannheim ergänzt werden. Entscheidende Impulse zur Steuerung der Nachfrage wie auch zur Verknüpfung verschiedener Erzeuger zu virtuellen Kraftwerken gehen von der Forschung am Institut für Solare Energietechnik, ISET, in Kassel aus.

Wichtige Meilensteine auf dem Weg zu einer Versorgung mit hohen Anteilen EE-Strom waren in den letzten Jahren die Entwicklung eines bidirektionalen Strommanagers (BEMI), mit dessen Hilfe Lasten beim Verbraucher automatisch verschoben werden können wie auch das von den Unternehmen Schmack Biogas, Enercon und der Deutschen Solar entwickelte virtuelle Kraftwerk, welches im Maßstab 1 zu 10.000 eine Vollversorgung Deutschlands mit erneuerbaren Energien präsentiert hat. Eine Kombination aus Stromnachfrage und -angebot, die über eine gemeinsame IKT-basierte Schnittstelle verfügt, wird künftig in sechs E-Energy-Forschungsverbänden untersucht. Die Vorhaben werden dabei sowohl vom BMWi wie auch vom BMU gefördert (s. a. www.e-energie.info).

In einem Verbund von acht Partnern wird seit Mitte 2008 in einem Flottenversuch mit Hybridfahrzeugen untersucht, inwieweit die prognostizierte Nutzung von (teil-)elektrisch betriebenen Fahrzeugen dazu beitragen können, die Effizienz der Einbindung regenerativen Stroms zu erleichtern wie auch die künftigen Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen und dabei gleichzeitig unabhängiger von teuren und ggf. unsicheren Importen von fossilen Energieträgern zu werden.

4.3 Offshore-Gründungen und Logistik

Die beiden Themen Offshore-Gründungen und Logistik auf See hängen eng zusammen und werden deshalb in einem Abschnitt dargestellt. Neue Schwerpunkte der Gründungsforschung lagen 2007 bei der Optimierung aufgelöster Gründungsstrukturen im Forschungsverbund OGOWIN und der theoretischen und experimentellen Untersuchung des Einbettungsverhaltens von Gründungspfählen im Forschungsverbund „Boden-Pfahl Wechselwirkungen“.



Ziel des Verbundes OGOWIN ist es u.a. Voraussetzungen für die Serienproduktion von aufgelösten Gründungsstrukturen zu schaffen. Bei den mehrere hundert Tonnen schweren Stahlkonstruktionen kann durch moderne Berechnungsmethoden und die Verbesserung der Verbindungsstücke in großem Umfang Material eingespart werden und die Montagefreundlichkeit erhöht werden. Dazu sollen Verbindungsstücke aus Guss eingesetzt werden, die es gestatten, Gründungen aus Fertigteilen baukastenähnlich zusammensetzen. Dabei muss sichergestellt werden, dass die Konstruktionen über mindestens 20 Jahre Wind und Wellen standhalten. Gleichzeitig werden Aspekte der Logistik für den Bauprozess auf See bei der Auslegung der Gründungen berücksichtigt. Der Forschungsverbund wird von der Weser-Wind GmbH koordiniert. Der Windenergieanlagen-Hersteller REpower Systems AG, die Offshore-Baufirma HOCHTIEF Construction AG und der Großröhren-Hersteller EUROPIPE GmbH sollen die Voraussetzungen für eine kostengünstige und zeitsparende Serienfertigung schaffen. Flankiert wird das Projekt durch theoretische und praktische Unterstützung verschiedener Forschungseinrichtungen, wie dem Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT), dem Institut für Statik und Dynamik der Leibniz Universität Hannover (ISD) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin. Im Februar 2007 wurde das Vorhaben in einem öffentlichen Workshop in Berlin präsentiert. Erste Ergebnisse flossen in den Bau der im Frühjahr in Bremerhaven errichteten onshore Jacket-Testgründung mit einer REpower 5M Anlage ein.

Seetransport der Fundamente für den
Windpark alpha ventus;
Quelle: Stiftung Offshore
Windenergie / Multibrid 2008



5 MW-Anlage M 5000 auf
einem Tripod-Testfundament,
Quelle: Multibrid GmbH

Im Forschungsverbund „Boden-Pfahl Wechselwirkungen“ arbeiten unter Koordinierung der Universität Karlsruhe die TU Berlin, die BAM und der Germansiche Lloyd zusammen, um die bisher rein empirisch begründeten Bemessungsmethoden von Gründungspfählen auf eine wissenschaftliche Grundlage zustellen. Dazu werden theoretische Modelle der Einbettung der Gründungsrohre in den Meeresboden entwickelt und getestet, Belastungsversuche an Meeresböden im Labor durchgeführt und später Daten des realen Verhaltens von Gründungspfählen aus dem Offshore Testfeld alpha ventus einbezogen. Ziel ist es auch hier, zu einer Optimierung im wechselseitigen Zusammenhang zwischen Materialeinsatz und Standsicherheit zu kommen und die Erkenntnisse in neue Zertifizierungsrichtlinien einfließen zu lassen.

Das Forschungsvorhaben GIGAWIND der Universität Hannover ist eines der ersten von der Bundesregierung geförderten Forschungsvorhaben im Bereich der Offshore-Windenergie. Es wurde im Jahr 2000 begonnen und im April 2007 mit dem 5. GIGAWIND Symposium in Hannover erfolgreich abgeschlossen. Dort wurden die Ergebnisse vor 150 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Industrie, Verwaltung und

Wissenschaft vorgestellt und diskutiert. Die GIGAWIND-Symposien haben sich seit 2001 zu einem wichtigen Treffpunkt für Windenergieforscher entwickelt. Ziel des Projekts war es, die theoretischen Grundlagen für die bautechnische Bemessung von Offshore-Windenergie-Anlagen und deren Gründungen zu verbessern. Darüber hinaus sollten umweltrelevante Fragen untersucht werden. Die Wissenschaftler entwickelten zunächst theoretische Modelle, anhand derer sie die Auswirkungen von Wind- und Wellenlasten auf die Anlagen berechneten.

Im zweiten Schritt überprüften und korrigierten sie ihre Ergebnisse anhand von empirischen Daten, die auf der BMU-Forschungsplattform „FINO 1“ und auf dem

vom Energieversorger E.on errichteten Messmast „Amrumbank“ in der Nordsee erhoben worden waren. Auf dieser Grundlage wurde eine Software entwickelt, die ermitteln kann, welchen Lasten die Anlagen im Meer standhalten müssen. Aus den Berechnungen wurden Empfehlungen abgeleitet, welche Art von Gründungstypus (Jacket, Tripod, Monopile) unter bestimmten Bedingungen, wie Wassertiefe oder Strömung sinnvoll sein kann. Außerdem wurden intensive theoretische Untersuchungen zur Haltbarkeit der Materialien durchgeführt. So kann die Lebensdauer von Offshore-Gründungen besser vorhergesagt werden.

Die Wissenschaftler der GIGAWIND-Gruppe haben Standards für Baugrunduntersuchungen von Windparks im Meer geschaffen, die weiter vorangetrieben werden. Einige der jungen Wissenschaftler sind heute bei Windanlagenherstellern tätig. Damit hat das Vorhaben auch zur Qualifizierung von Ingenieuren für die Offshore-Windenergiebranche beigetragen. Die Forschungen im Offshore-Testfeld knüpfen mit dem Verbund GIGAWIN alpha ventus an die bisherigen Ergebnisse an.

Eine neuartige Hubinsel, 100 Meter lang, 40 Meter breit und bis zu 45 Meter Wassertiefe nutzbar, wird mit Unterstützung des BMU von der F+Z Baugesellschaft mbH technisch konzipiert. Die wenigen bislang verfügbaren Offshore- Installationsgeräte lassen sich nur bei günstigem Wetter von April bis Oktober einsetzen. Das konzipierte Installationsgerät ist speziell auf die Belange der Offshore-Windenergie zugeschnitten.

Ein weiteres Vorhaben im Bereich der Logistik ist eine Studie der Deutschen Windguard GmbH über die Nutzbarkeit, Einsatzbedingungen und den konstruktiven Anpassungsbedarf von SWATH-Schiffen für den Transport von Servicepersonal und Technik in Windparks auf hoher See.

4.4 Forschung im Offshore Testfeld



Im Sommer 2008 beginnt 45 Kilometer nördlich der Nordseeinsel Borkum der Bau des ersten deutschen Offshore-Windparks „alpha ventus“ (www.alpha-ventus.de). Insgesamt werden dort 12 Offshore-Windenergieanlagen mit einer installierten Leistung von 60 Megawatt errichtet. Die Energieversorgungsunternehmen E.ON, EWE und Vattenfall werden den Windpark betreiben. Als Test- und Demonstrationsprojekt wird „alpha ventus“ die Initialzündung für die Nutzung der Windenergie in der Nord- und Ostsee sein. Das Bundesumweltministerium fördert im Rahmen der Forschungsinitiative „RAVE – Research at alpha ventus“ umfassende Forschungsaktivitäten im Testfeld. Ziel ist es, den Ausbau der Offshore-Windenergie zügig voranzubringen und aus dem Betrieb der ersten Anlagen der 5 MW-Klasse auf hoher See Erfahrungen für künftige Windparks und die weitere Entwicklung der Offshore Windanlagen zu gewinnen.

Das BMU hat dazu die Forschungsinitiative RAVE gestartet (Research at alpha ventus, www.rave-offshore.de) und setzt für die begleitende technische und ökologische Forschung im Testfeld 50 Mio. Euro innerhalb von 5 Jahren ein. 2007 konnten Forschungsverbünde und Einzelprojekte gestartet werden, die die wichtigsten Aspekte des Betriebs eines Offshore Windparks forschungsseitig abdecken. Bisher wurden im Rahmen von RAVE 18 Forschungsvorhaben bewilligt, die größtenteils in Verbänden zusammenarbeiten. Inhaltliche Schwerpunkte sind die

- Gesamtkoordinierung der Forschung und Messkonzepterstellung,
- die praktische Ausführung der Messungen und Betreuung der Messtechnik auf See,
- die Weiterentwicklung von Offshore-Windanlagen,
- Forschung zu den Gründungen,
- Aerodynamik im Windpark und Erprobung neuer Windmesstechniken,
- Lasten an den Anlagen aus Wind und Wellen,
- die Konzipierung eines Evaluierungsprogrammes nach dem Vorbild des onshore WMEP,
- Aspekte der Netzintegration und des Netzverhaltens und die
- ökologische Begleitforschung.

Mit RAVE erreicht die deutsche Windenergieforschung eine neue Qualität hinsichtlich der Vernetzung ihrer Akteure. Direkt oder über Forschungs- und Entwicklungsaufträge indirekt eingebunden sind mehr als 20 Forschungseinrichtungen und Technologiefirmen. Die Gesamtkoordinierung hat das Institut für Solare Energieversorgungstechnik, ISET übernommen. Das zentrale Messkonzept wird vom Deutschen Windenergieinsti-

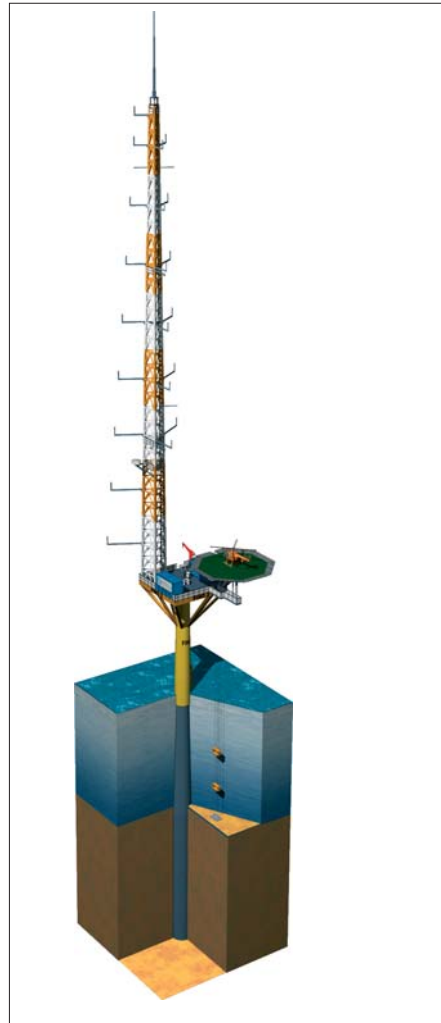
tut, DEWI erstellt und mit dem Betreiber DOTI GmbH und den Anlagenherstellern abgestimmt. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie koordiniert die ökologische Begleitforschung und die technische Ausführung der Messungen. Als Verbundkoordinatoren agieren auch die Universitäten Stuttgart und Hannover. Um eine effektive Gesamtkoordinierung zu gewährleisten, mussten vom BMU und von PtJ andere Strukturen gewählt werden, als in Verbundforschungsvorhaben sonst üblich. Im RAVE-Koordinierungsgremium, das eine auf die komplexen Belange des Testfeldes abgestimmte Vereinbarung ausgearbeitet hat, sind die Koordinatoren der thematischen Forschungsverbände, DOTI und die Anlagenhersteller, die Offshore-Stiftung und wichtige Einzelprojekte vertreten. Die Mitglieder des Koordinierungsgremiums sichern, dass die im Rahmen der RAVE-Kooperationsvereinbarung getroffenen Festlegungen auch für ihre übrigen Partner und Auftragnehmer bindend sind.

Die Forschungsplattform FINO 1 erlangt mit der RAVE-Forschung eine neue Bedeutung. Von vorn herein wurde sie 2003 am Standort eines Pilotwindparks erreicht. Ihre Daten sind nun eine wichtige Grundlage für die Forschung im Testfeld.

4.5 Forschungsplattformen

Die Forschungsplattformen FINO 1, FINO 2 und FINO 3 haben die Aufgaben, Daten und grundlegende meteorologische, ozeanographische und ökologische Erkenntnisse für die Windenergienutzung auf hoher See zu gewinnen und für Forschung und Industrie zur Verfügung zu stellen. FINO steht dabei für „Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee“.

FINO 1 (www.fino-offshore.de) erfasst seit Sommer 2003 ca. 45 km nördlich von Borkum ein umfangreiches Datenspektrum in der Nordsee. Erstmals konnten Winddaten von einer stabilen Plattform aus und damit in hoher Qualität bis in die für die Windanlagen erforderliche Höhe von 100 m zur Verfügung gestellt werden. FINO 1 wird vom Germanischen Lloyd im Auftrag des BMU betrieben. Umfangreiche Erkenntnisse liegen nun schon über einige Jahre zum Vogelzug, Vogelschlagereignisse und über das Benthos an der Gründung und am umgebenden Meeresboden vor. Die Wind- und Wellendaten können online beim BSH abgerufen werden (www.fino.bsh.de). Über einhundert direkte Datennutzungen aus Forschung und Industrie wurden bisher erfasst. Belastungsmessungen an der Gründung dienen der Verifikation von numerischen Modellen für die technische Auslegung von Gründungskonstruktionen. Im Zusammenhang mit dem Offshore-Testfeld alpha ventus und der RAVE-Forschungsinitiative wird FINO 1 auch künftig wichtige Datengrundlagen liefern. Praktische Erfahrungen mit den Kräften aus hohen Wellen mussten im Zusammenhang mit dem Sturmtief Katharina im Herbst 2006 gemacht werden. Während die an Deck befindlichen wichtigsten funktionalen Einrichtungen der Plattform den sicheren Betrieb gewährleisteten, wurden



Modell der FINO 3 Forschungsplattform, Quelle: F +E Zentrum Fachhochschule Kiel GmbH

Mess- und Infrastruktureinrichtungen unter dem Deck bis in eine Höhe von 15 m über dem normalen Meeresspiegel von den Wellen zerstört. Allein hieraus lassen sich wichtige Schlüsse für die Ausstattung der Offshore-Windenergieanlagen ziehen.

FINO 2 (www.fino2.de) hat im Sommer 2007 ca. 40 km nördlich der Insel Rügen in der Ostsee seinen Dienst aufgenommen. Neben Windmessungen nach dem messtechnischen Regime von FINO 1 stehen Untersuchungen zum Vogelzug und des Benthos sowie Seeverkehrserfassungen im Vordergrund. Am Standort im Seegebiet Kriegers Flak sind auf deutscher und auf schwedischer Seite in den nächsten Jahren zwei große Windparks geplant.

FINO 3 (www.fino3.de, Prinzipdarstellung in der Abb.), die zweite Forschungsplattform in der Nordsee, ca. 75 km westlich von Sylt, orientiert sich in ihrem meteorologischen und ozeanographischen Messprogramm ebenfalls an FINO 1. So ist gewährleistet, dass die Daten der FINO-Plattformen auf einer einheitlichen Methodik beruhen und untereinander vergleichbar sind. Die wissenschaftliche Spezifik von FINO 3 machen u.a. physikalische Untersuchungen der Blitzeinschläge auf Seeanlagen und die Erforschung der Langzeit-Standfestigkeit der Monopile-Gründung der Plattform aus. 2007 wurde der Bau der Plattform technisch detailliert geplant. Die Inbetriebnahme ist für den Herbst 2008 vorgesehen.

4.6 Ökologische Begleitforschung und technischer Umweltschutz

Der Ausbau der Windenergie soll umwelt- und naturverträglich erfolgen. Um mögliche Interessenkonflikte zwischen Klimaschutz und Naturschutz zu vermeiden, wird daher der ökologischen Begleitforschung zur Windenergie im Rahmen der Forschungsaktivitäten unter dem Dach des 5. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung ein entsprechender Stellenwert eingeräumt. Ziel ist es, Daten und Erkenntnisse hinsichtlich potenzieller Konflikte zu gewinnen sowie technische Verbesserungen an Windenergieanlagen und geeignete Methoden zur Vermeidung bzw. Minimierung negativer Umweltauswirkungen zu entwickeln. Dies betrifft gleichermaßen die Windenergienutzung an Land und auf See. Im Jahr 2007 wurden für die ökologische Begleitforschung rund 4,2 Mio. Euro neu bewilligt. Dies entspricht einem Anteil von über 12% des für die Windenergieforschung neu bereitgestellten Budgets.

In den letzten Jahren lagen die Schwerpunkte der ökologischen Begleitforschung bei der Erhebung von Basisdaten, die für ein besseres Verständnis der biologischen Zusammenhänge notwendig sind. Sie stellen eine essentielle Grundlage für die Bewertung möglicher Einwirkungen auf die Umwelt dar. So wurden bspw. die potenziellen Auswirkungen von Offshore-Windparks auf die verschiedenen biologischen Schutzgüter – Zug- und Seevögel, Meeressäuger und die Tier- und Pflanzenwelt des Meeresbodens (Benthos) – untersucht. Eine zentrale Rolle spielten dabei Langzeitmessungen und -beobachtungen, die von Forschungsplattformen aus erfolgten. Einen weiteren Schwerpunkt bildete die Erforschung kumulativer Wirkungen, die von verschiedenen wirtschaftlichen Nutzungsformen der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nord- und Ostsee auf die Meeresumwelt ausgehen. Hierzu zählen neben der Windenergie z. B. die Schifffahrt, die Fischerei oder die Gewinnung von Bodenschätzen.

Zu den Hauptakteuren im Bereich der ökologischen Begleitforschung zählen Universitäten, Forschungsinstitute, Ämter und Behörden. Als Meilensteine der vergangenen Jahre sind die Verbundvorhaben „Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee“ (MINOS und MINOSplus) zu nennen, an denen die Universität Kiel, das Deutsche Meeresmuseum Stralsund, die Ruhr-Universität Bochum, die Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg und das Nationalparkamt Schleswig-Holstein beteiligt waren. Dabei wurde untersucht, ob und inwieweit Schweinswale, Seehunde und Seevögel durch große Windenergieanlagen in der deutschen Nord- und Ostsee beeinflusst oder gefährdet werden. Die wissenschaftliche Datengrundlage und das Verständnis konnten durch das Projekt entscheidend verbessert werden. Herausragend sind weiterhin das Verbundvorhaben BEOFINO (Alfred-Wegener-Institut; Institut

für Ostseeforschung), in dessen Rahmen die Besiedlung von Unterwasserfundamenten durch Meeresorganismen erforscht und damit der Einfluss von Offshore-Windenergieanlagen auf die umgebende Meeresbodenfauna untersucht wurde, sowie das Vorhaben SCHALL-2, in dem vom Curt-Risch-Institut der Leibniz Universität Hannover ein Standardverfahren zur Ermittlung und Bewertung der Belastung der Meeresumwelt durch Schallimmissionen von Offshore-WEA entwickelt wurde. Im Jahr 2007 wurde zudem der Forschungsverbund RENEBAT gestartet, der die Entwicklung von Methoden zur Untersuchung, Vorhersage und Verringerung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Windenergieanlagen zum Ziel hat. An diesem Projekt sind die Universitäten Hannover und Erlangen, die Enercon GmbH und das Forschungsinstitut für Optronik und Mustererkennung beteiligt.

Die Ergebnisse der ökologischen Begleitforschung wurden und werden u.a. im Rahmen der Genehmigungsverfahren für Windparks durch die beteiligten Akteure aus Industrie, Forschung und Behörden berücksichtigt. Sie tragen damit zur Findung geeigneter Windparkstandorte bei. Darüber hinaus wurden, basierend auf den vorliegenden Ergebnissen, die in der deutschen AWZ liegenden Gebiete „Östliche Deutsche Bucht“ und „Pommersche Bucht“ durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) im Jahr 2005 als Naturschutzgebiete ausgewiesen.

Zukünftig werden sich die Aktivitäten der ökologischen Begleitforschung stärker auf das bau- und betriebsbegleitende Monitoring der Auswirkungen von Offshore-Windparks konzentrieren. Vordringliche Handlungsfelder stellen die Minimierung der Schallemissionen bei der Errichtung von Gründungsstrukturen und die Entwicklung eines Vorhersagesystems für massive Vogelzugereignisse dar. Des Weiteren werden Forschungsthemen im Vordergrund stehen, deren Ergebnisse u.a. für die Entwicklung neuer und die Evaluation bereits entwickelter Standards benötigt werden. Hierzu zählt beispielsweise das Standarduntersuchungskonzept (StUK) des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrografie (BSH), das Antragstellern und Genehmigungsinhabern verbindlich festgelegte Untersuchungen bzgl. der einzelnen marinen Schutzgüter (Meeressäuger, Seevögel, Fische etc.) vorschreibt.

4.7 Studien und Tagungen

Vom BMU wurden Studien zur Windenergie-Forschungslandschaft und zur Akzeptanz von Windenergieanlagen mit vertikalen Achsen der Rotoren (s. Kapitel 8 Querschnittsaktivitäten) gefördert.

Die 2. Wissenschaftstage des Bundesumweltministeriums zur Offshore-Windenergienutzung im Februar 2007 in Berlin gaben einen Überblick über den Stand der Offshore Entwicklung in Europa und zum Stand der Forschung in Deutschland. Unter Berücksichtigung der ersten Veranstaltung zur Präsentation der neu gestarteten Vorhaben der ökologischen Begleitforschung im Mai 2002 in Bremerhaven und den ersten Wissenschaftstagen des Bundesumweltministeriums 2004 in Berlin, war dies die dritte große Tagung, die der Fachwelt einen Überblick zu den vom BMU geförderten Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Windenergienutzung auf See gab.