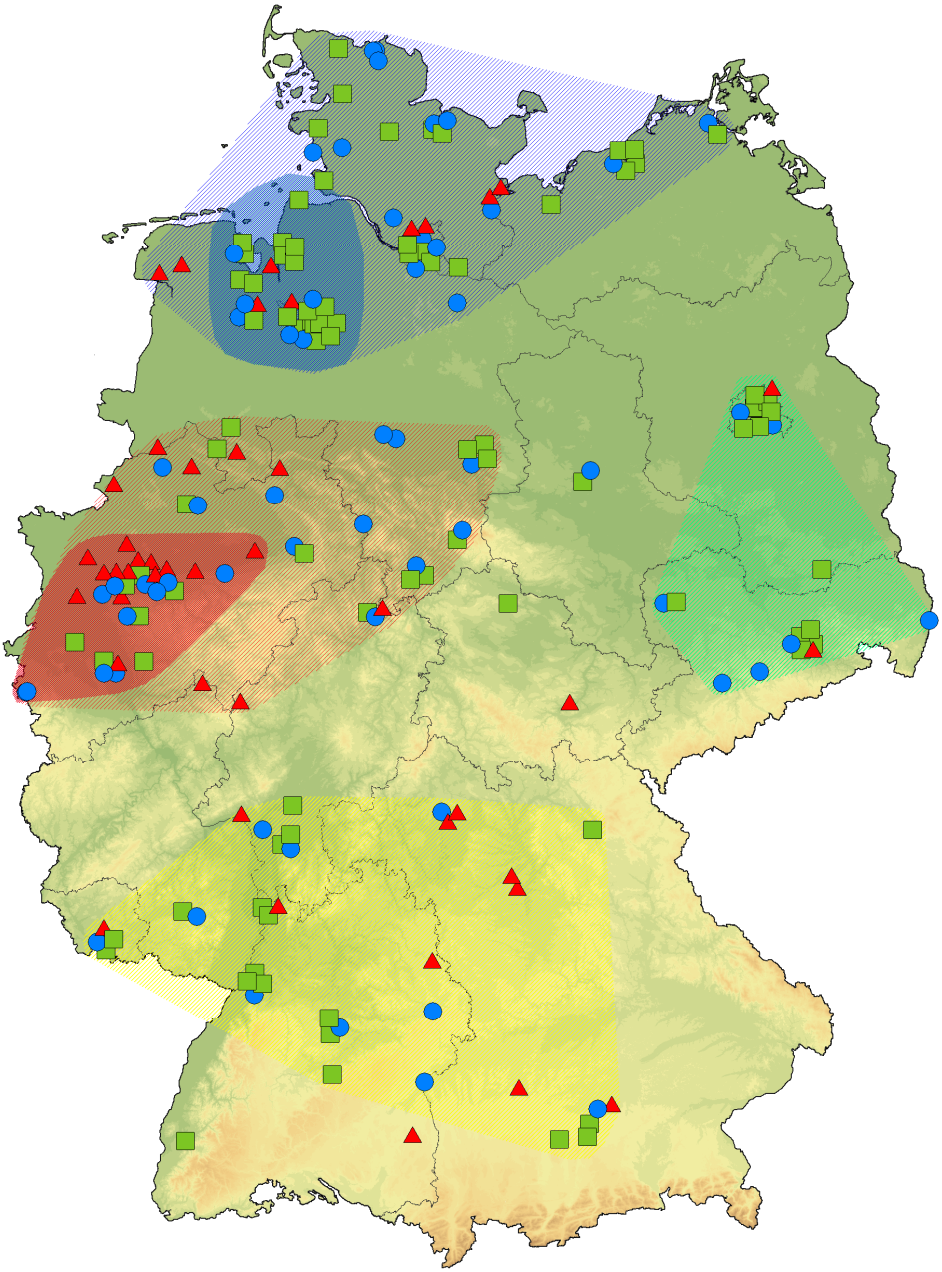


Zur Struktur der Windenergieforschung in Deutschland

Studie im Auftrag des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

IWR
Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien
Dr. Norbert Allnoch
Ralf Schlusemann
Olaf Pochert
Bernd Kleinmanns

Münster, im März 2008

Inhalt

1 Ausgangslage und Zielsetzung 1

2 Methodischer Ansatz und Durchführung der Untersuchung 3

2.1 Methodische Bausteine 3
2.1.1 Nationale Forschungsanalyse Windenergie 4
2.1.2 Internationale Forschungsanalyse Windenergie 7
2.1.3 Klassifikation und Modelltypen von Forschungsstrukturen 9
2.1.4 Internationale Rahmenbedingungen, Rahmen- und Trendanalyse..... 10
2.1.5 Handlungsoptionen und Maßnahmenkatalog 10
2.2 Ablaufschema des Studienprojekts 11

3 Windenergieforschung in Deutschland 12

3.1 Zentrales Forschungskataster Windenergie 12
3.2 Hochschulforschung und -ausbildung..... 13
3.2.1 Forschung an den Hochschulen 13
3.2.2 Aus- und Weiterbildungsangebote deutscher Hochschulen im Windenergiesektor..... 14
3.3 Außeruniversitäre Forschung 19
3.3.1 Koordinierung auf Hochschul- und Industrieebene – Forschungsnetzwerke und Kooperationsansätze in der nationalen Windenergieforschung..... 23
3.3.2 Koordinierung der Windenergieforschung auf Verbandsebene 30
3.3.3 Fazit Koordinierung der Windenergieforschung in Deutschland 34
3.4 Inhaltliche Struktur der nationalen Windenergieforschung 35
3.5 Zur regionalen Verteilung der Forschungsstandorte – Forschungskarte Windenergie 40
3.6 Exkurse Aktuelle Forschungstrends und gewerbliche Ausbildung..... 48
3.6.1 Exkurs: Ergebnisse der Evaluierung des 4. EFP Erneuerbare Energien, Bereich Windenergie und zukünftige Herausforderungen 48
3.6.2 Exkurs: Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten auf dem Windenergiesektor in gewerblichen Berufen 51

4 Windenergieforschung auf internationaler Ebene 52

4.1 Analyse ausgewählter Windenergie-Institute in verschiedenen Ländern..... 52
4.1.1 Allgemeiner Überblick und Institutskategorien 54
4.1.2 Überblick – Vergleich von Strukturen und Merkmalen ausgewählter Zentralinstitute 56
4.1.3 Dänemark 60
4.1.4 Griechenland 64
4.1.5 Niederlande 66
4.1.6 Norwegen 70
4.1.7 Portugal 74
4.1.8 Spanien 78
4.1.9 USA 84
4.1.10 Schweden..... 87
4.1.11 Großbritannien..... 88

4.2 Ausgewählte internationale (Forschungs-)Netzwerke, strategische Plattformen und Projektverbünde ... 90
4.2.1 Internationale Energie-Agentur (IEA) – IEA Wind ... 90
4.2.2 European Academy of Wind Energy (EAWE) ... 93
4.2.3 European Wind Energy Technology Platform (TP Wind) ... 96
4.2.4 World Wind Energy Institute (WWEI) ... 99
4.2.5 EU-Großprojekt UpWind ... 100
4.3 Fazit Windenergieforschung international ... 104

5 Klassifizierung nationaler und internationaler Forschungsstrukturen ... 106
5.1 Struktur-Modelltypen von Forschungseinrichtungen im Windenergiesektor ... 106
5.2 Auswertung nach Ländern ... 107

6 Trends und Rahmenbedingungen ... 109
6.1 Zur internationalen Entwicklung des Windenergiemarktes ... 109
6.1.1 Marktentwicklung nach Kontinenten und Ländern (1990 – 2007) ... 109
6.1.2 Aspekte der weltweiten Entwicklung der Windenergienutzung (1990 – 2007) im Überblick ... 111
6.1.3 Entwicklung des nationalen Windenergiemarktes ... 113
6.1.4 Entwicklung des Windenergiemarktes in Dänemark und Deutschland im Vergleich ... 114
6.1.5 Technische Entwicklung ... 115
6.1.6 Szenarien zur weltweiten Entwicklung der Windenergie ... 117
6.1.7 Auswirkungen des globalen Windenergiemarktes auf die Windenergieforschung ... 122
6.1.8 Fazit zur internationalen Marktentwicklung ... 122
6.2 Rahmenbedingungen auf europäischer Ebene ... 123
6.3 Entwicklungen im Bereich Normung und Richtlinien ... 125
6.4 Szenarien: Mögliche Auswirkungen der sich ändernden Rahmenbedingungen auf die Windenergieforschung ... 127

7 Zur Weiterentwicklung der nationalen Windenergieforschung – Grundlagen und Handlungsoptionen ... 129
7.1 Identifizierung wichtiger Handlungsfelder ... 129
7.1.1 Forschung und Lehre an den Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen ... 129
7.1.2 Technische Kompetenzen und Infrastruktur ... 130
7.1.3 Normungs- und Gremienarbeit ... 130
7.1.4 Strukturelle Handlungsoptionen: Modelltyp Koordinierungsstelle versus Basisinstitut ... 131
7.1.5 Regionale Entwicklung und Kerncluster ... 137
7.1.6 Internationale Außendarstellung ... 137
7.2 Zielkatalog und Anforderungen ... 138

8 Empfehlungen und Maßnahmen zur Weiterentwicklung der nationalen Windenergieforschung ... 139
8.1 Katalog Handlungsempfehlungen ... 139
8.1.1 Strukturoptionen (Institutsfrage) ... 139
8.1.2 Weiterentwicklung des Wissenskreislaufs ... 141
8.1.3 Windenergie-Studiengänge (Lehre und Forschung) ... 142
8.1.4 Technik-Portfolio (Prüf- und Testeinrichtungen) ... 142
8.1.5 Abstimmung unter den Akteuren ... 146
8.1.6 Normungs- und Gremienarbeit ... 146

8.1.7 Regionalentwicklung und Kerncluster 147
8.1.8 Strategiegespräche und Statusseminare 147
8.1.9 Der „Albert-Betz-Forschungspreis“ 148
8.1.10 Außendarstellung 149
8.2 Handlungsempfehlungen: Kurz- und mittelfristige Maßnahmen 150

9 Fazit und Ausblick 151

10 Literaturverzeichnis 155

11 Abkürzungsverzeichnis 157

12 IWR-Zerlegungskataster Regenerative Anlagentechniken und Dienstleistungen – Teilbereich Windenergie 161

1 Ausgangslage und Zielsetzung

In Deutschland hat sich in den vergangenen Jahren aufgrund der frühen nationalen Marktentwicklung eine leistungsstarke, vorwiegend dezentrale Windenergieforschung entwickelt. Mit der weltweiten Verbreitung der Windenergietechnik geht eine zwar langsame, aber stetig zunehmende Internationalisierung der Windenergieforschung einher. Ausgehend von der Betrachtung der technisch starken klassischen Windenergie-Kernländer wie Dänemark, Deutschland und Spanien und der sich abzeichnenden Zukunftsmärkte ist es künftig nicht auszuschließen, dass die Windforschung mit den sich wandelnden Anforderungen den neuen Märkten folgt. Ob die bisherige dezentrale Forschungsstruktur vor dem Hintergrund internationaler Marktänderungen und einer Zunahme des Bedarfs an entwicklungstechnischen Systemlösungen den neuen Anforderungen gerecht wird bzw. noch zukunftsfähig ist, kann derzeit nicht abschließend beantwortet werden. Im Rahmen der Evaluation des 4. Energieforschungsprogramms wurde u.a. in diesem Zusammenhang vorgeschlagen, zur Verbesserung der Strukturen der Forschungslandschaft im Bereich Windenergie ein zentrales Windenergieforschungsinstitut zu gründen bzw. die verschiedenen Akteure besser miteinander zu vernetzen [1].

Der Vorschlag, die Forschungsstruktur im Windbereich zu verbessern, basiert auch auf der Tatsache, dass in allen Bereichen der erneuerbaren Energien, wie auch in vielen Forschungsbereichen außerhalb der Energieforschung, entsprechende national und international ausgerichtete Forschungsinstitute bestehen. Beispiele dafür sind

- das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE), das Forschungszentrum Jülich (FZ Jülich), das Hahn-Meitner-Institut (HMI), das Institut für Solarenergieforschung in Hameln/Emmerthal (ISFH) und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) im Bereich Photovoltaik,
- das Fraunhofer ISE, das Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) an der Universität Stuttgart und das ISFH im Bereich Niedertemperatur-Solarthermie,
- das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) im Bereich Solarthermische Kraftwerke,
- das Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ) und das Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA-Institut) für den Bereich Geothermie,
- das Forschungszentrum Karlsruhe, das Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V. (ISET) und das in Gründung befindliche Deutsche Biomasseforschungszentrum im Bereich Biomasse und
- das ISET im Bereich Systemtechnik/Netzintegration.

Im Unterschied zu den anderen regenerativen Technologiefeldern ist die nationale Forschungslandschaft im Bereich Windenergie wesentlich heterogener. Ein Forschungszentrum oder -institut mit hoher nationaler Bündelungs- und internationaler Ausstrahlungskraft konnte sich bisher nicht herausbilden.

Das zentrale Ziel dieses Gutachtens ist es, die aktuellen Strukturen der Windenergieforschung in Deutschland vor dem Hintergrund der zu erwartenden internationalen Entwicklung zu analysieren, eine aktuelle Positionsbestimmung vorzunehmen sowie Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die Vorschläge mit dem Ziel einer strukturellen Verbesserung der Forschungslandschaft erfolgen unter Berücksichtigung der unbestreitbaren Erfolge der deutschen Forschung im Bereich der Windenergie [2]. Kernpunkt ist die Prüfung, ob die mit den derzeitigen Forschungsstrukturen erreichte Technologieführerschaft gehalten bzw. ausgebaut und somit die Zukunftsfähigkeit auch unter den sich ändernden Randbedingungen gewährleistet werden kann.

2 Methodischer Ansatz und Durchführung der Untersuchung

2.1 Methodische Bausteine

Die Erstellung der Studie zur Untersuchung der nationalen Windforschung im internationalen Vergleich basiert auf den in Abbildung 2.1 dargestellten vier Hauptanalyse- bzw. Strukturbausteinen:

- nationale Forschungsanalyse Windenergie,
- internationale Forschungsanalyse Windenergie,
- Rahmen- und Trendanalyse und
- Handlungsoptionen und Maßnahmen.

Die Grundlage der nationalen Forschungsanalyse bildet das erweiterte Standortkataster der Windforschung sowie das IWR-Analyseraster für regenerative Energietechniken zur inhaltlichen Einordnung und Systematisierung der Forschungsaktivitäten. In die internationale Analyse werden neun Länder hinsichtlich wichtiger Einrichtungen und Institute einbezogen.

Die Analyse aktueller Rahmenbedingungen und möglicher Auswirkungen auf die Forschungslandschaft ist Gegenstand des dritten Moduls. Abschließend werden im vierten Modul die möglichen Handlungsoptionen und Maßnahmen zur Stärkung der nationalen Windforschung vorgestellt.

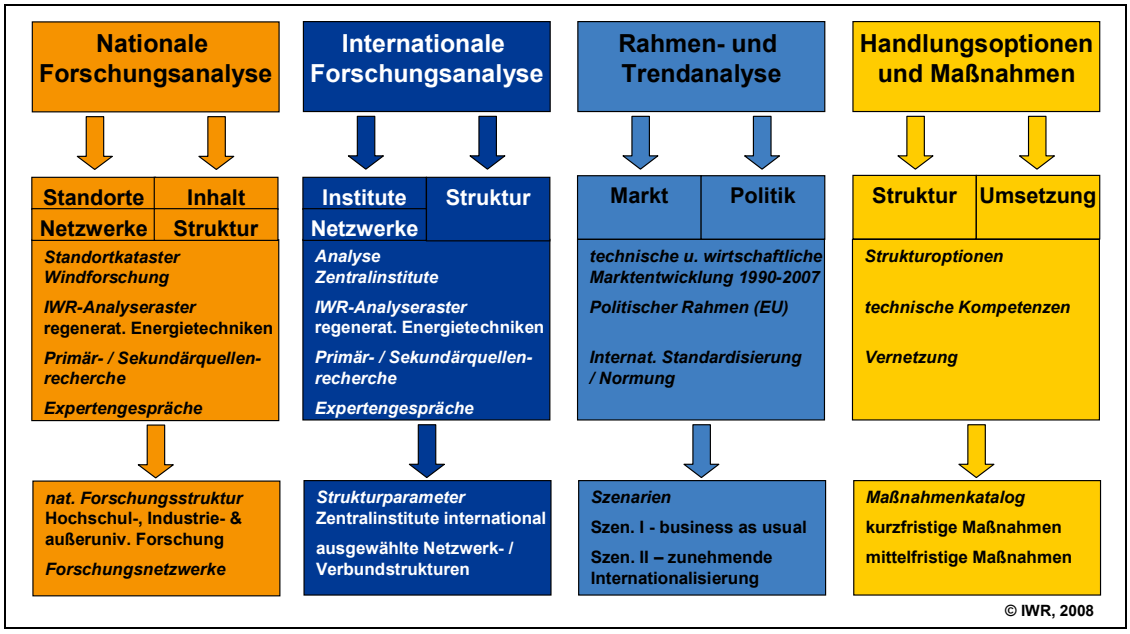


Abbildung 2.1: Methodische Bausteine der Studie (Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

2.1.1 Nationale Forschungsanalyse Windenergie

Die Basis der nationalen Forschungsanalyse Windenergie ist die Erweiterung des zentralen IWR-Forschungskatasters Windenergie. Die Forschungseinrichtungen sind nach den Kriterien

- Hochschulforschung,
- Industrieforschung sowie
- außeruniversitäre Forschung

unterteilt und mit den jeweiligen Forschungsaktivitäten erfasst. Zusätzlich werden die in die Datenbank aufgenommenen Studiengänge (Lehre) mit Bezug zur Windenergie und die Ausbildungsaktivitäten gewerblicher Einrichtungen erweitert, aktualisiert und ausgewertet. Einen weiteren Baustein des zentralen Windenergieforschungskatasters bilden die bestehenden Netzwerkaktivitäten von Forschungseinrichtungen.

Forschungskataster Windenergie

Grundlage für die Erweiterung bzw. Aktualisierung des bestehenden nationalen Windenergieforschungskatasters des IWR ist eine bundesweite Recherche. In die Auswertung einbezogen werden beispielsweise verschiedene Branchenverzeichnisse im Internet, Hochschulprofile oder die Forschungslandkarte Windenergie, in der bisher die Forschungsaktivitäten norddeutscher Bundesländer sukzessive erfasst werden. Diese Quellen werden im Hinblick auf die tatsächlichen Schwerpunktaktivitäten geprüft und die relevanten Standorte und Einrichtungen in das Kataster aufgenommen. Erweitert wird die Datenbank um Akteure, die im Rahmen der Forschungsförderung des BMU im Bereich Windenergie aktuelle Projekte durchführen bzw. durchgeführt haben.

Datenbank Lehrangebot Windenergie

Zur Analyse des nationalen Hochschullehrangebotes im Bereich Windenergie wird unabhängig vom Forschungskataster zusätzlich eine Datenbank aufgebaut, die den Stand der Hochschulforschung im Bereich Windenergie abbildet. Grundlage für diese Datenbank bilden Verzeichnisse über Studiengänge im Bereich Erneuerbare Energien sowie direkte Gespräche mit Vertretern ausgewählter Hochschulen.

Peer Review

Die Recherche wird durch Peer Review-Gespräche ergänzt, die im Rahmen der Studie mit ausgewählten Branchen- und Forschungsexperten geführt wurden. Ziel ist es, die bereits über die Sekundärquellenrecherche ermittelten Erkenntnisse über den inhaltlichen Status quo zu vervollständigen. Ergänzend wurden im Rahmen der Peer Review auch die Perspektiven der nationalen Windenergieforschung im internationalen Vergleich sowie Ansätze zur Verbesserung der beste-

henden Forschungsstruktur erörtert. Bei der Auswahl der Peer Review-Partner stand deren hohe Sachkompetenz in Bezug auf die nationale und internationale Windenergieforschung im Vordergrund. Neben Experten aus dem Hochschulumfeld wurden auch Vertreter einbezogen, die sich zum Thema Status quo und Perspektiven der Industrieforschung sowie der Verbändeforschung äußern konnten.

Systematisierung der Forschungsgebiete – Das IWR-Analyseraster für regenerative Energietechniken

Die Analyse der nationalen Windforschung erfordert neben der Erfassung der verschiedenen Forschungsstandorte mit den sehr unterschiedlichen Forschungsfeldern auch deren inhaltliche Klassifizierung. Im Rahmen dieser Studie erfolgt die inhaltliche Strukturierung der Forschungsaktivitäten auf der Grundlage des IWR-Analyserasters für regenerative Energietechniken. Das Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) hat in der Studie „Zur Lage der Regenerativen Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen 2005 bzw. 2006“ die erste Grundlagen-Clusterstudie für erneuerbare Energietechniken erstellt [3], [4].

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Wertschöpfungskette regenerativer Anlagentechniken systematisch zu analysieren. Für regenerative Techniken wie beispielsweise Windkraftanlagen sowie deren Einzelkomponenten und Dienstleistungen ist damit die gezielte Erstellung eines Stärke-Schwächeprofils für die Bereiche Forschung und Industrieproduktion innerhalb einer beliebigen Wirtschaftsregion (Staat, Bundesland) möglich. Dabei wird die zu analysierende regenerative Anlagentechnik systematisch zerlegt. Abbildung 2.2 zeigt am Beispiel einer Windenergieanlage den IWR-Klassifizierungs- und Zerlegungsansatz. Auf dieser Grundlage lassen sich die windenergiespezifischen Produktions- und Forschungsaktivitäten systematisch zuordnen und analysieren.

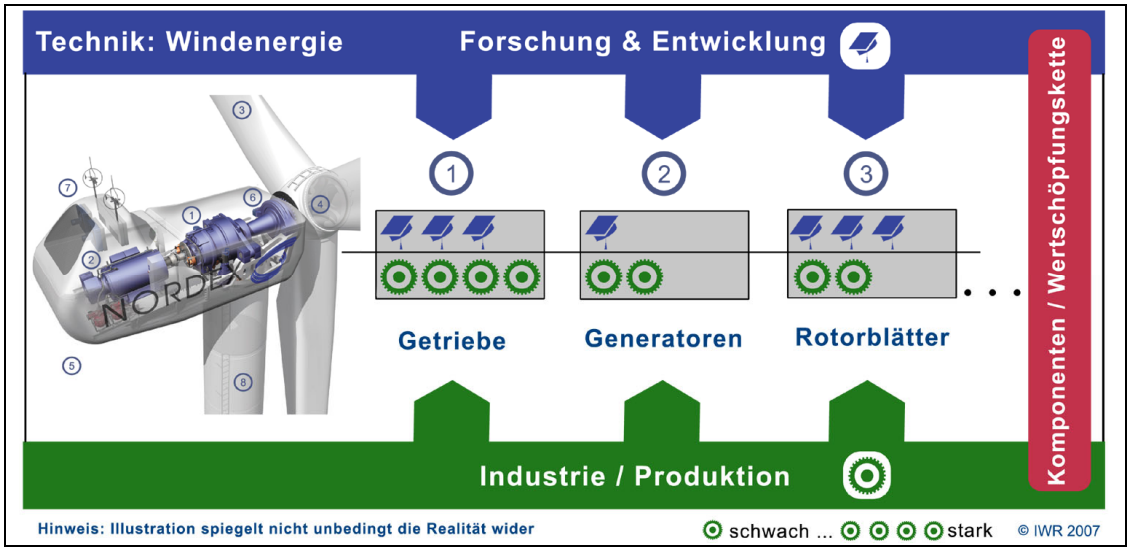


Abbildung 2.2: IWR-Klassifizierungs- und Zerlegungsansatz für regenerative Anlagentechniken am Beispiel einer Windkraftanlage (Kategorie I = Komplettanlagen und Komponenten)
(Quelle: IWR, 2007, eigene Darstellung, Anlagenbild: Nordex) [4]

Die Klassifizierung erfolgt auf der Grundlage der drei Hauptsäulen (Abbildung 2.3):

- Komplettanlagen, Komponenten und Produktion (Kategorie I)
- Energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen und Hardware (Kategorie II)
- Begleitprojekte und Studien (Kategorie III)

Das IWR-Analyseraster umfasst neben den Hauptkategorien I bis III für jede Teilbranche (Windenergie, Solarenergie etc.) auch eine tiefer gehende Klassifizierung jeder einzelnen Hauptkategorie. So werden im Bereich Windenergie in der Kategorie I (Komplettanlagen, Komponenten und Produktion) z.B. neben der Windkraftanlage selbst die Einzelkomponenten und der Bereich Herstellungsprozess und -optimierung bzw. Grundstoff- und Materialforschung erfasst (vgl. Kap. 12).

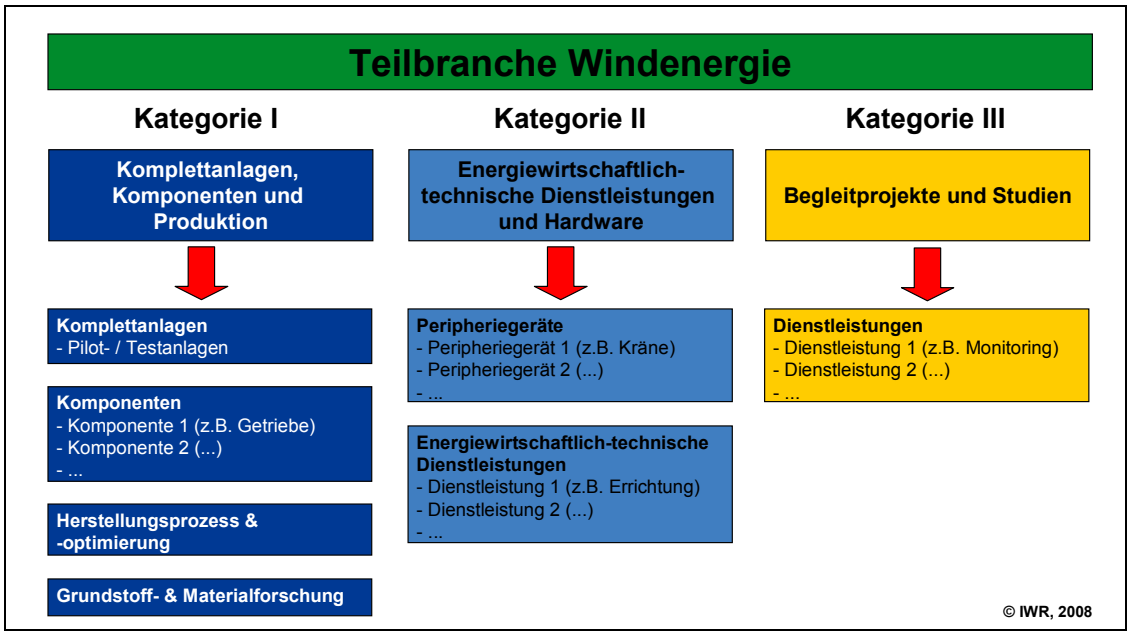


Abbildung 2.3: IWR-Analyseraster für regenerative Anlagentechniken und Dienstleistungen (Quelle: IWR, 2007, eigene Darstellung) [4]

Forschungstrends in der nationalen Windenergieforschung

Da im Rahmen der vorliegenden Studie zwar eine Überprüfung der generellen Forschungsaktivitäten, aber keine tief greifende Bewertung der Intensität auf den einzelnen Forschungsgebieten an den unterschiedlichen Standorten durchgeführt werden kann, werden hilfsweise neben den verschiedenen Expertengesprächen auch die Ergebnisse aus der Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms Erneuerbare Energien (EFP) für den Betrachtungszeitraum 1996 bis 2005 – Teilbereich Windenergie – einbezogen [1].

2.1.2 Internationale Forschungsanalyse Windenergie

Ziel der internationalen Forschungsanalyse ist es, einen Überblick über den Stand der Aktivitäten und die strukturelle Ausrichtung ausgewählter internationaler Forschungseinrichtungen in verschiedenen Ländern zu erstellen. Dadurch wird ein Vergleich mit den Aktivitäten und der Forschungsstruktur in Deutschland möglich. In die internationale Analyse werden u.a. die nachfolgenden Aspekte einbezogen:

- Größe des Instituts und Mitarbeiterzahl,
- Kategorie der Einrichtung,
- Ursprung und Gründungsjahr,
- thematische Ausrichtung und Forschungsspektrum Windenergie,
- Finanzierungsstruktur und Budgets/Umsätze,
- technische Ausstattung sowie
- Patent- und Veröffentlichungsaktivitäten.

Dabei wird auf die inhaltliche Ausrichtung und die Größe des Instituts (Anzahl der Mitarbeiter, Finanzvolumen etc.) sowie auf den Erfolg der Institute gemessen an der späteren praktischen Anwendung der Ergebnisse (z.B. Patentanmeldungen, Beteiligung an EU-Projekten) soweit eingegangen, wie die Daten öffentlich zugänglich sind. Darüber hinaus werden in der internationalen Analyse ausgewählte Netzwerke und Kooperationsstrukturen erfasst und vor dem Hintergrund der Bedeutung für die Windenergieforschung in Deutschland analysiert.

Strukturanalyse durch Sekundär- und Primärquellenrecherche

Die Erhebung der Basisdaten der Zentralinstitute in den relevanten Ländern erfolgt zunächst auf der Grundlage einer umfangreichen Internet- und Literaturrecherche. Zusätzlich wird eine Überprüfung bzw. ein Abgleich der ermittelten Informationen im Rahmen eines direkten Interviews mit den einzelnen Instituten vorgenommen. Ergänzend werden ausgewählte internationale Forschungsnetzwerke, EU-Gemeinschafts-Projekte und strategische Kooperationen in die Analyse mit einbezogen.

Patentrecherche

Patente können eine Indikatorgröße für das Maß innovativer Forschungsaktivitäten sein. Daher bildet eine Patentrecherche einen weiteren Baustein der internationalen Analyse. Da nicht bekannt ist, welche Einzelpersonen und damit auch potenziellen Patentanmelder bei den einzelnen Zentralinstituten beschäftigt sind, wurde die Patentrecherche auf der Grundlage des Institutsnamens durchgeführt, d.h. instituts- und nicht personengebunden.[1]

Die Recherche basiert auf internationalen Patentdatenbanken, in der die Datensätze sog. enge Patentfamilien umfassen. Dabei handelt es sich um Gruppen von Patentanmeldungen, die über eine gleiche Priorität miteinander verbunden sind und somit auf eine gemeinsame Ursprungsanmeldung zurückgehen. Eine Patentfamilie kann somit zwar mehrere Patente umfassen, es handelt sich dabei jedoch quasi um „eine Erfindung".

Regenerative und rationelle Anlagentechniken werden im Rahmen der weltweit allgemein verwendeten internationalen Patentklassen (IPC) bislang nur teilweise über eigene Klassifizierungskategorien abgebildet. Für den Bereich Windenergie gibt es allerdings mit der IPC FO3D eine eigene Patentklasse „Windkraftanlagen". In anderen Bereichen wie z.B. Photovoltaik oder Bioenergie ist die Klassifikation dagegen weniger eindeutig. Zur Durchführung der Patentrecherche wurde gleichwohl neben der Patentklasse zusätzlich eine Kontrollrecherche nur für den Begriff „Wind" durchgeführt.

[1] *Für die Rechercheergebnisse ist daher die Möglichkeit zu berücksichtigen, dass aufgrund der institutsbezogenen Vorgehensweise nicht alle angemeldeten Patente identifiziert werden können. Die Ergebnisse stellen daher die „Mindestanzahl" an recherchierbaren Patentfamilien dar.*

2.1.3 Klassifikation und Modelltypen von Forschungsstrukturen

Die Forschungsstrukturen in den verschiedenen Ländern sind sehr unterschiedlich. Diese reichen von ausgeprägten dezentralen Strukturen bis hin zu Ländern mit starken Zentralinstituten. In Deutschland hat sich beispielsweise eine leistungsstarke, dezentrale Forschungsstruktur mit einem im internationalen Vergleich niedrigen Koordinierungsgrad entwickelt. Dem stehen z.T. zentrale internationale Institute wie in Dänemark oder den Niederlanden gegenüber, in denen eine sehr viel stärkere Bündelung der Forschungsaktivitäten erfolgt.

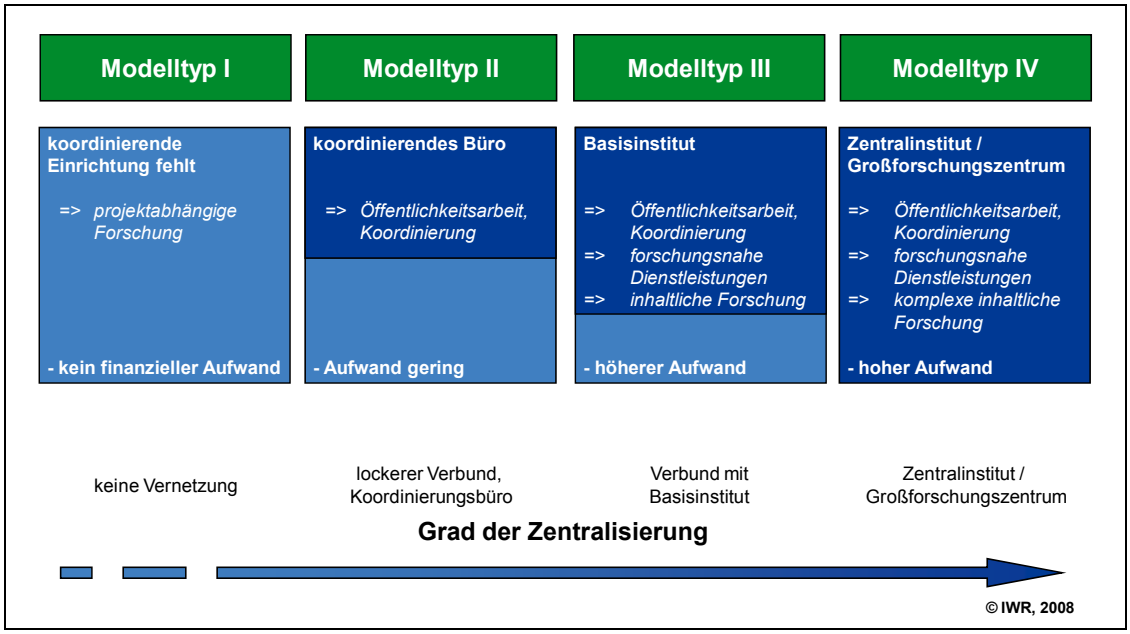


Abbildung 2.4: Klassifikation und Modelltypen von Forschungsstrukturen im Windenergiesektor (Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

Um eine systematische und vergleichende Betrachtung der Forschungsstrukturen vornehmen zu können, werden unter methodischen Gesichtspunkten insgesamt vier Struktur-Modelltypen mit einem zunehmenden Zentralitätsgrad definiert (Abbildung 2.4).

- Modelltyp I: keine Vernetzung der einzelnen Forschungseinrichtungen
- Modelltyp II: lockere Vernetzung mit koordinierendem Büro,
- Modelltyp III: Verbundstruktur mit zentralem Basisinstitut,
- Modelltyp IV: Zentralinstitut/Großforschungszentrum.

Mit zunehmender Organisationsstufe nimmt dabei von Modelltyp I bis Modelltyp IV neben dem Zentralitätsgrad der Umfang der organisatorischen bzw. inhaltlichen Kompetenzen der Einrichtung sowie der finanzielle Aufwand für den Betrieb der Einrichtung sukzessive zu.

2.1.4 Internationale Rahmenbedingungen, Rahmen- und Trendanalyse

Analyse der Marktentwicklung und allgemeine Trends

Mit der zunehmenden Internationalisierung des Windmarktes stellen sich die Unternehmen immer häufiger global auf. Die Entstehung neuer Märkte kann neben der Produktionsverlagerung auch zur Errichtung neuer Forschungszentren in deren räumlicher Nähe führen. Im Rahmen dieser Studie werden die weltweite Entwicklung der Windenergiemärkte in den verschiedenen Regionen der Welt für den Zeitraum von 1990 bis 2007 dargestellt und mögliche Folgen der Globalisierung aufgezeigt.

Neben der weltweiten Marktentwicklung werden in diesem methodischen Baustein darüber hinaus die derzeitigen Aktivitäten und Entwicklungen auf EU-Ebene sowie die möglichen Auswirkungen auf die nationalen Forschungsaktivitäten dargestellt.

Ein weiteres Teilmodul befasst sich mit der Untersuchung zu erwartender Forschungstrends vor dem Hintergrund der zunehmenden Internationalisierung sowie der damit verbundenen zukünftigen Bedeutung der internationalen Normungs- und Richtlinienarbeit.

Szenarien zur künftigen Marktentwicklung

Da die nationale Windenergieforschung bisher auch eng mit der nationalen Marktentwicklung verknüpft ist, lassen sich aus Trends der Marktentwicklung auch Auswirkungen auf die Forschung abschätzen. Ziel eines weiteren Bausteins ist es, ausgehend von internationalen Szenarien und Prognosen zur Entwicklung der Windenergiemärkte mögliche Entwicklungsbandbreiten aufzuzeigen. Unter Berücksichtigung der zuvor skizzierten Randbedingungen sollen anschließend im Rahmen von zwei IWR-Szenarien mögliche Entwicklungsrichtungen unter veränderten markt- und forschungsrelevanten Rahmenbedingungen aufgezeigt werden.

2.1.5 Handlungsoptionen und Maßnahmenkatalog

Ausgehend von den beiden IWR-Szenarien werden Optionen für eine Stärkung von Kompetenzfeldern in der Windforschung abgeleitet, damit auch im Falle des Auseinanderdriftens von Absatzmarkt und Forschungsstandort die Zukunftsfähigkeit des Standortes Deutschland bestehen und dazu beitragen kann, die vorhandenen Produktionskapazitäten in Deutschland zu sichern. Dazu wird ein Zielkatalog entwickelt, der aufzeigt, in welchen Bereichen sich Ansatzpunkte für eine Verbesserung der nationalen Windenergieforschung anbieten.

Letztendlich werden Handlungsoptionen und Maßnahmen abgeleitet, die die Windenergieforschung unter strukturellen Gesichtspunkten stärken. Kurzfristige Maßnahmen können ohne größeren Aufwand relativ schnell umgesetzt werden, während die Umsetzung mittelfristiger Maßnahmen mit einem höheren Personal- und Finanzaufwand verbunden ist.

Zudem sind grundsätzliche Entscheidungen erforderlich, die u.U. einen vorgeschalteten Einigungsprozess mit den Akteuren in der Windbranche erfordern.

2.2 Ablaufschema des Studienprojekts

Ausgehend von der Zielsetzung der Studie ist in Abbildung 2.5 die methodische Ablaufstruktur dargestellt. Die Ausgangsbasis bilden die Analyse der nationalen Forschungsstruktur unter inhaltlichen und strukturellen Gesichtspunkten sowie eine Analyse ausgewählter internationaler Zentralinstitute im Bereich der Windenergieforschung. Auf dieser Grundlage werden anschließend die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Forschungsstrukturen dargestellt und strukturelle Modelltypen abgeleitet, nach denen Forschungsstrukturen klassifiziert werden können.

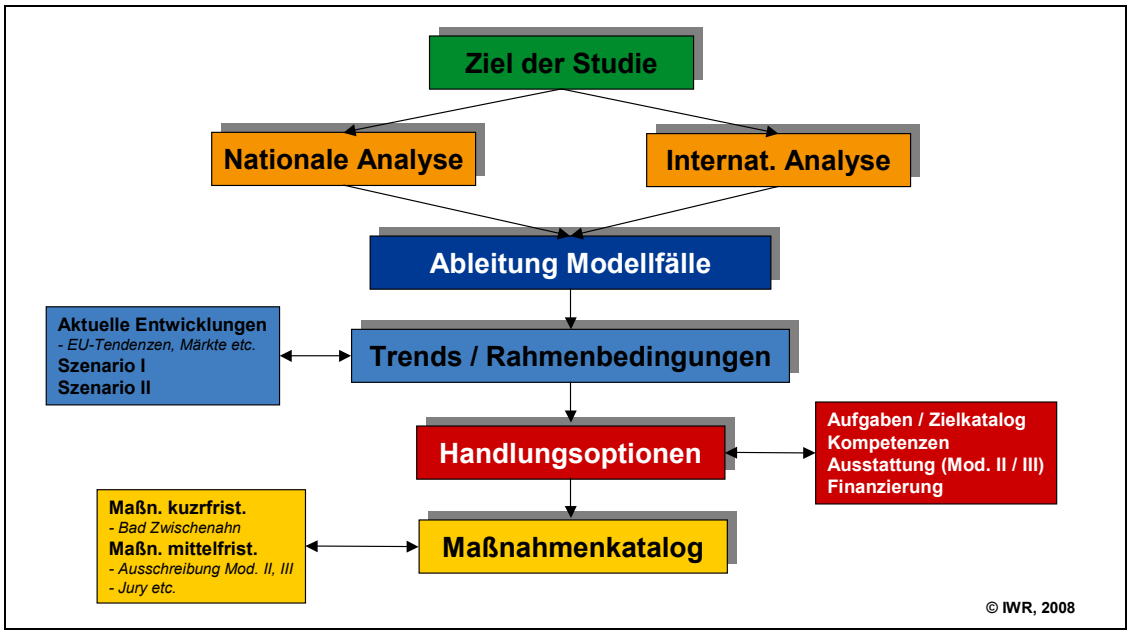


Abbildung 2.5: Methodisches Ablaufschema des Studienprojekts
(Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

Unter Berücksichtigung erkennbarer bzw. möglicher internationaler Entwicklungstrends in den Bereichen

- Internationaler Windenergiemarkt,
- politische Rahmenbedingungen sowie
- Richtlinien und Normen

werden in einem weiteren Schritt mögliche strukturelle Handlungsoptionen für die Weiterentwicklung der nationalen Forschungsstruktur dargestellt. Aufbauend auf dem Zielkatalog und den strukturellen Handlungsoptionen werden anschließend kurz- und mittelfristige Maßnahmen vorgestellt, die künftig zu einer Verbesserung der nationalen Forschungsstrukturen im Bereich Windenergie beitragen können.

3 Windenergieforschung in Deutschland

3.1 Zentrales Forschungskataster Windenergie

Nach Abschluss der Recherchen sind im aktuellen Windforschungskataster über 300 Einrichtungen, Unternehmen und Institutionen mit den Standortdaten erfasst, die die Basis für die inhaltliche und regionale Analyse der Forschung und der Lehre bilden. Im Bereich der Forschung wird zwischen der Hochschul- und Industrieforschung sowie der außeruniversitären Forschung unterschieden. Im Unterschied zum Statistischen Bundesamt werden im Rahmen dieser Studie unter außeruniversitären Forschungseinrichtungen auch private Unternehmen außerhalb des produzierenden Gewerbes subsumiert (Tabelle 3.1). Im Bereich der Ausbildung und Lehre wurden Studiengänge mit Bezug zu regenerativen Energien bzw. zur Windenergie untersucht.

Eckdaten des zentralen Windforschungskatasters (Stand: März 2008)	
Forschungseinrichtungen	
Hochschulen	62
davon Universitäten/Hochschulen	*rd. 74 %*
davon Fachhochschulen	*rd. 26 %*
Industrieforschung *(Forschung der Industrie, produzierendes Gewerbe)*	46
Außeruniversitäre Forschung *(privatwirtschaftliche (Dienstleistungs)-Unternehmen sowie Einrichtungen von Bund, Ländern und Gemeinden oder öffentlich geförderte, private Einrichtungen ohne Erwerbszweck)*	96
Gesamt (Standorte)	**204**
Institute innerhalb der Hochschulen	166
davon Universitäten/Hochschulen	*rd. 84 %*
davon Fachhochschulen	*rd. 16 %*
Gesamt (Einrichtungen/Institute)	**317**
Hochschulbildung	
Studiengänge, die sich mit Windenergie befassen	116
davon mit spezieller Ausrichtung auf die Windenergie (vorhanden/geplant)	*4/1*

Tabelle 3.1: Eckdaten des zentralen IWR-Windforschungskatasters (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Windforschungskataster)

3.2 Hochschulforschung und -ausbildung

Als ein Ergebnis der Untersuchung können aktuell 62 deutsche Hochschulen mit insgesamt 166 Hochschulinstituten nachgewiesen werden (Stand: März 2008), die in den Bereichen Windforschung und Ausbildung aktiv sind. Zentrale Fachdisziplinen für die Forschung und Lehre im Bereich der Windenergie sind u.a. der Maschinenbau, die Elektrotechnik (Maschine bzw. Netzanbindung), die Luft- und Raumfahrttechnik (Aerodynamik), das Bauingenieurwesen, die Windphysik sowie die Energiewirtschaft (Abbildung 3.1).

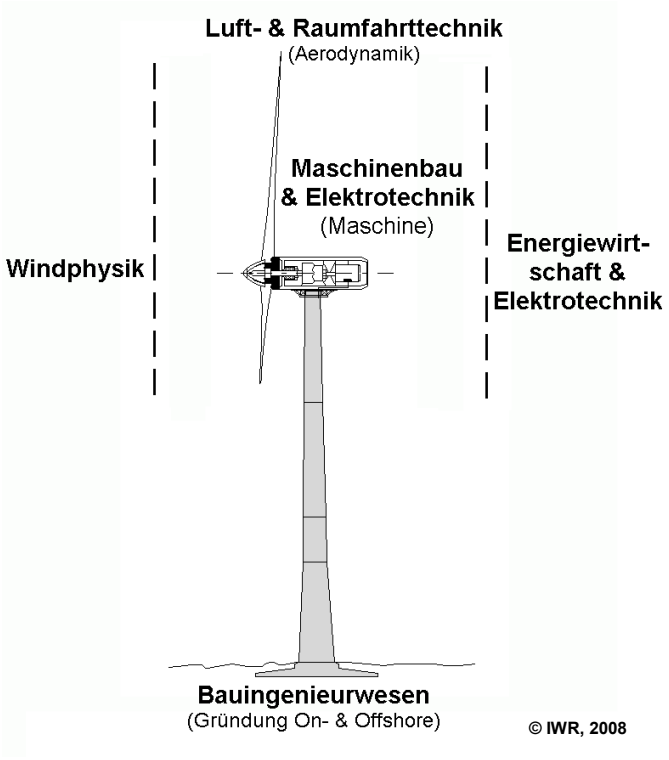


Abbildung 3.1: Die sechs wichtigsten Fachdisziplinen der Windenergieforschung (Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

3.2.1 Forschung an den Hochschulen

Der erkennbar hohe Grad der Interdisziplinarität sowie die fehlende Abdeckung des Gesamtbereichs Windenergieanlage bzw. zumindest größerer Teilbereiche an einer der deutschen Hochschulen dürfte ein entscheidender Grund dafür sein, dass sich bisher kein Standort als zentrales Windforschungszentrum etablieren konnte. Betrachtet man die regionale Verteilung der Hochschulen nach ihrer Fachausrichtung, so konzentrieren sich die Hochschulen im Bereich Maschinenbau und Elektrotechnik historisch bedingt auf West- und Süddeutschland (West-

deutschland: Bergbau und Montanindustrie, Energiewirtschaft; Süddeutschland: Automobilindustrie).

In der Region West liegt der Fokus der für die Windenergie relevanten Hochschulforschung beispielsweise auf Komponenten wie Getriebe, Lager und Generatoren.

Die Industrieregion West mit zahlreichen Unternehmen aus dem Bereich Getriebebau deckt vorrangig die Bereiche Maschinenbau und Elektrotechnik ab, während die Forschungsschwerpunkte in den norddeutschen Windländern häufig außerhalb der eigentlichen Maschine liegen. Fragen der Windphysik, der Aerodynamik, der Offshore-Windenergie oder der Gründung stehen hier im Vordergrund.

Die Entwicklung zu größeren Windkraftanlagen und zu immer komplexeren Forschungsprojekten hat einen Trend zur Bildung von Forschungsnetzwerken ausgelöst. Durch Netzwerke und Kooperationen wird versucht, die Stärken der verschiedenen beteiligten Fachinstitute vor dem Hintergrund des interdisziplinären Gesamtsystems Windkraftanlage zu bündeln. Beispiele hierfür sind die Forschungsnetzwerke CEwind und ForWind (vgl. Kap. 3.3.1). Darüber hinaus agieren verschiedene Hochschulen in themenspezifischen Projekten zum Thema Windenergie miteinander.

3.2.2 Aus- und Weiterbildungsangebote deutscher Hochschulen im Windenergiesektor

Der weltweite Boom der Windenergienutzung führt zu einem erhöhten Bedarf an qualifizierten Fachkräften, vor allem an Ingenieuren. Ein zentrales Element für die zielorientierte Entwicklung des akademischen Bildungsangebots im Bereich Windenergie ist der regelmäßige Kontakt und Austausch zwischen den Vertretern der Windindustrie einerseits und den Hochschulen als Bildungseinrichtungen andererseits.

In der Vergangenheit sind die speziellen Branchenanforderungen nur in eingeschränktem Maße durch spezifische Hochschul-Bildungsangebote und Studiengänge berücksichtigt worden. Zwar sind aktuell über 110 Hochschulbildungsangebote bekannt, in denen die Windenergie eine zumindest untergeordnete Rolle spielt, allerdings richten sich nur wenige Ausbildungsangebote ganz gezielt an Studierende, die speziell für die Windenergie-Industrie ausgebildet werden. Der weitaus größere Teil der Studienangebote beinhaltet windenergiespezifische Themen nicht als zentrales Ausbildungsziel, sondern tangiert die Windenergie in unterschiedlichem Umfang als untergeordnetes Fachthema.

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die vorhandenen und geplanten Hochschulausbildungs-Angebote im Bereich Windenergie sowie in kompakter Form die speziell auf Windenergiethemen ausgerichteten Angebote. Basis der Auswertung der Hochschulausbildungs-Angebote ist eine Recherche über Studienangebote für Erneuerbare Energien. Als Quelle wurde u.a. das Verzeichnis „Studienangebote für Erneuerbare Energien“ des Wissenschaftsladens Bonn (Stand: September 2007) herangezogen [5].

Von dem Datenpool wurden lediglich solche Studiengänge in die weitere Betrachtung genommen, die zum Zeitpunkt der Untersuchung auch von Studienanfängern tatsächlich gewählt werden können. Diplomstudiengänge, die zwar von den derzeit Studierenden noch zum Abschluss gebracht werden können, aber nicht mehr für Studienanfänger zur Auswahl stehen, werden nicht in die Auswertung einbezogen.

Auch sind solche Studiengänge, die sich ausdrücklich auf andere regenerative Energietechniken als die Windenergie beziehen, nicht Gegenstand der Betrachtung. Darüber hinaus werden diejenigen Angebote betrachtet, die aufgrund der Umschreibung entweder einen generellen Bezug zu erneuerbaren Energien herstellen oder explizit Themenbereiche der Windenergie beinhalten. Nicht auszuschließen ist im Einzelfall, dass ein Studiengang, der aufgrund der Beschreibung einen generellen Bezug zu erneuerbaren Energien herstellt, nur wenige bis gar keine Windenergiethemen beinhaltet. Eine Einzelüberprüfung der Studiengänge auf tatsächliche Windenergieinhalte wurde stichprobenartig durchgeführt.

Andererseits existieren für Studierende verschiedener Fachrichtungen auch Angebote zu den Themen regenerative Energien oder Windenergie, die von dieser Erhebung nicht erfasst werden können. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Namensgebung des Studiengangs oder des Vertiefungsfachs eine Verknüpfung mit diesen Themen nicht vermuten lässt. Beispielsweise bietet die RWTH Aachen innerhalb der Studiengänge Maschinenbau und Elektrotechnik (z.B. Institut für Maschinenelemente und Maschinengestaltung, Prof. Gold; Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, Prof. De Doncker) Inhalte zu regenerativen Energiesystemen oder Windenergie an.

Da jedoch seitens der Hochschulen zunächst eine allgemeine Wissensvermittlung für die jeweiligen Oberthemen angestrebt wird, werden diese Spezialthemen innerhalb der Studienvertiefungsfächer nicht explizit in den Vertiefungsbezeichnungen genannt. Solche Studiengänge werden in der folgenden Untersuchung nicht betrachtet.

Studiengänge mit Windenergieinhalten als untergeordnetem Fachgebiet

Im Rahmen der Analyse des Lehrangebots der Hochschulen im Bereich Windenergie wurden insgesamt 170 Hochschulbildungsangebote untersucht. Aufgrund der thematischen Ausrichtung wurden 110 Lehrangebote an rd. 50 Hochschulen identifiziert, an denen Windenergie als untergeordnetes Fachthema behandelt werden kann. Diese Angebote wurden für den Aufbau der speziellen Datenbank „Lehrangebote Windenergie“ verwendet. Einen Überblick, welche übergeordneten Fachthemen dabei eine Rolle spielen, sowie einige exemplarische Studiengänge zeigt Tabelle 3.2.

Haupt-Fachrichtungen des Bildungsangebotes	Anteil [%]	Beispiele
Energie- und/oder Umwelttechnik	rd. 33 %	- Bachelor-Studium (6 Semester) Energie- und Umwelttechnik mit Modulen zu Regenerativen Energien (HTWK Leipzig) - dreijähriges Diplomstudium (Berufsakademie), Studienrichtung Versorgungs- und Umwelttechnik mit Studienschwerpunkt alternative Energieanlagen (Berufsakademie Sachsen) - Umwelt-Engineering, Ausbau der Vertiefung aus dem Bachelor-Studium (TU Bergakademie Freiberg)
Elektrotechnik	rd. 16 %	- Elektrotechnik und Informationstechnik, Vertiefungsrichtung Regenerative Energietechnik (Uni Hagen) - Elektrotechnik, Studienrichtung Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung (BTU Cottbus)
Maschinenbau, Fachrichtung Regenerative Energien	rd. 14 %	- Maschinenbau, Studienschwerpunkt Zukunftsenergien, Bachelor-Studium (TFH Bochum) - Masterstudium Maschinenbau – Konstruktionstechnik und Erneuerbare Energien (MKM) (TFH Berlin) - Maschinenbau, Studienschwerpunkt Energie- und Umwelttechnologie (FH Brandenburg)
Energiewirtschaft	rd. 4 %	- Energiewirtschaft (Uni Münster, FH Aachen)
Sonstige	rd. 33 %	- Verfahrenstechnik VT, Schwerpunkt Energietechnik (FH Offenburg) - Physik, mögliche Vertiefungsrichtung: Physik erneuerbarer Energien (Uni Oldenburg) - Master-Studium (4 Semester) Regenerative Energiesysteme (RESY) (FHTW Berlin) - Master-Studium (3 Semester) Zukunftsfähige Energiesysteme (Hochschule Bremen)

Tabelle 3.2: Windenergie als untergeordnetes Fachthema innerhalb der ermittelten Lehrangebote (n = 110 Lehrangebote) (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche)

Studiengänge mit Bezeichnungen wie Energietechnik, Umwelttechnik oder der Kombinationsform Energie- und Umwelttechnik sowie Studiengänge, die eine der erstgenannten Bezeichnungen in Kombination mit einer weiteren Fachrichtung (z.B. Versorgungs- und Umwelttechnik, vgl. Tabelle 3.2) verbinden, stellen mit rd. 33 Prozent die weitaus stärkste Gruppe dar, die Windenergie-Themen beinhalten kann. Mit 16 und 14 Prozent folgen die Studiengänge aus den Bereichen Elektrotechnik bzw. Maschinenbau. Einen kleinen Teil von etwa vier Prozent nehmen Studiengänge ein, die sich wirtschaftlichen Fachrichtungen zuordnen lassen und hier mit dem Sammelbegriff Energiewirtschaft bezeichnet werden. Zu den sonstigen Fachrichtungen zählen u.a. Studiengänge wie Physik, Verfahrenstechnik, Zukunftsfähige Energiesysteme etc.

Spezielle Hochschul-Bildungsangebote Windenenergie

Lediglich fünf der über 170 untersuchten Hochschulausbildungsangebote, die sich auf die Bereiche Erneuerbare Energien und Umwelttechnologien beziehen, sind speziell auf das Thema Windenergie ausgerichtet. Dazu zählen ein Diplom-Studiengang, zwei geplante Masterstudiengänge, ein Bachelorstudiengang sowie ein weiterbildendes Aufbaustudium (Tabelle 3.3).

Hochschule	Beschreibung
Universität Stuttgart, Stiftungslehrstuhl Windenergie (Prof. Kühn)	Diplom-Studium (9 Semester) Luft- und Raumfahrttechnik mit Schwerpunkt Windenergie, Lehrangebot in allen Studienphasen durch den Stiftungslehrstuhl Windenergie
Uni Kiel/Uni Flensburg/FH Kiel/FH Flensburg/FH Westküste Heide	geplant ab 2008 hochschulübergreifendes Master-Studium „Wind Engineering“
Uni Hannover	Masterstudiengang "Windenergieingenieur" (in Planung) Grundlage sollen die klassischen Ingenieurwissenschaften Maschinenbau, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen bilden
Hochschule Bremerhaven (Prof. Henry Seifert)	Bachelor-Studium (6 Semester) Maritime Technologien (MAR), Schwerpunkt Mess- u. Anlagentechnik (Offshore-Windkraftanlagen)
Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg und Hannover	Weiterbildendes Studium (1 Jahr) Windenergietechnik und -management (Abschluss: Zertifikat)

Tabelle 3.3: Spezielle Hochschul-Bildungsangebote zur Windenergie (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche)

Der Stiftungslehrstuhl Windenergie an der Universität Stuttgart bietet den Studierenden des Diplom-Studiengangs Luft- und Raumfahrttechnologie die Möglichkeit der Studienvertiefung im Bereich Windenergie mit vielfältigen Vorlesungs- und Seminarangeboten.

Innerhalb des ingenieurwissenschaftlichen Studiengangs „Maritime Technologien“ an der Hochschule Bremerhaven haben die Studierenden die Option, im Schwerpunktfach „Mess- und Anlagentechnik“ neben weiteren Spezialisierungen auch das Thema Offshore-Windenergie zu vertiefen.

Der dreisemestrige Studiengang zum Master of Science (M.Sc.) in „Wind Engineering“ an den Universitäten Flensburg und Kiel, den Fachhochschulen Flensburg, Kiel und Westküste sowie der Nordakademie wird in englischer Sprache angeboten und richtet sich an Absolventen eines ingenieurwissenschaftlichen Bachelorstudiums bzw. an Personen mit mehrjähriger Erfahrung in der Windenergieindustrie.

Das Angebot „Windenergietechnik und -management“ des Zentrums für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg und Hannover ForWind ist als Weiterbildungsstudium gestaltet. Eine einjährige praxisnahe Ausbildung für Berufstätige wird mit einem Zertifikat abgeschlossen.

Der Studiengang „Windenergieingenieur“ ist an der Universität Hannover geplant und wird aus den klassischen Ingenieurwissenschaften Maschinenbau, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen heraus konzipiert.

Fazit

Die Kernaufgaben der Hochschulen sind Forschung und Lehre. Die Interdisziplinarität sowie die bisher fehlende Gesamtabdeckung wichtiger windspezifischer Teildisziplinen an einem Hochschulstandort dürfte ein entscheidender Grund dafür sein, dass sich bisher kein größeres Windforschungszentrum etablieren konnte. In den für die Windenergie wichtigen traditionellen Fachdisziplinen Maschinenbau und Elektrotechnik ist in der Lehre das Thema Windkraftanlage derzeit weitgehend von untergeordneter Bedeutung bzw. wird lediglich punktuell behandelt. Allerdings plant die Universität Hannover erstmals, einen Studiengang “Windenergieingenieur“ mit den Basisdisziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen einzurichten.

Um an den Hochschulen eine qualifizierte Erstausbildung gewährleisten zu können, ist neben der Lehre eine praxisnahe Forschung mit entsprechender technischer Infrastruktur sowie eine Kooperation mit der Industrie von Bedeutung.

Aufgrund der i.d.R. unsteten Einzelprojektförderung und -kooperation mit der Industrie ist es für die diversen Fachinstitute jedoch nicht selten sehr schwierig bis unmöglich, neben der Lehrverpflichtung eine kontinuierliche und vorausschauende Windforschung aufzubauen und sich aufgrund der technischen und personellen Anforderungen an den zunehmend größeren Forschungsprojekten zu beteiligen.

Industrieforschung

Anlagen- und Komponentenhersteller betreiben nicht selten Forschung und Entwicklung im eigenen Unternehmen oder in ausgelagerten Tochtergesellschaften. Das Forschungskataster Windenergie weist nach dieser Einordnung aktuell knapp 50 dieser Industriestandorte aus, an denen Forschung und Entwicklung in den Kernbereichen der Kategorie I (Anlagen und Komponenten) nachgewiesen werden konnte. Forschungsaufgaben mit Bezug zu windspezifischen Fragestellungen werden in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern (u.a. Hochschulen) gelöst, wobei personengebundene Faktoren eine sehr starke Rolle spielen. Da jedoch nicht immer klar erkennbar ist, in welchen Kernfeldern die einzelnen Hochschulen bzw. Hochschullehrer ihre Kompetenzen haben, ist die Recherche nach dem „besten“ Kooperationspartner für die Industrie häufig sehr aufwendig.

Im Unterschied zur Hochschulforschung ist die Industrieforschung sehr viel stärker von aktuellen Anlässen getrieben, d.h. die Regel sind rein problem- und anwendungsorientierte, kurzfristige Lösungen („Feuerwehr“-Forschung). Die Entwicklung neuartiger Allgemeinkonzepte mit längeren Forschungs- und Planungszeiträumen spielt eine deutlich untergeordnete Rolle.

3.3 Außeruniversitäre Forschung

Zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Rahmen der vorliegenden Studie gehören privatwirtschaftliche Einrichtungen, die nicht zur Industrieforschung (Produzierendes Gewerbe) gehören sowie Bundes- und Landeseinrichtungen, Forschungsgemeinschaften und -gesellschaften sowie Stiftungen und Vereine wie beispielsweise die Helmholtz-Gemeinschaft, die Fraunhofer-Gesellschaft oder die Max-Planck-Gesellschaft. Die Ausgaben dieser öffentlich geförderten Forschungseinrichtungen stiegen nach Angaben des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2006 um 3,7 Prozent auf insgesamt 8,2 Milliarden Euro.

Die vom Bund geförderten Helmholtz-Zentren gaben demnach 2,6 Milliarden Euro für die Forschung aus, die Institute der Max-Planck-Gesellschaft 1,3 Milliarden Euro, die Fraunhofer-Gesellschaft 1,2 Milliarden Euro und die Leibnitz-Gemeinschaft 900 Millionen Euro [6].

Zu den bedeutendsten Forschungsorganisationen und Forschungsförderern zählen [7]:

- Fraunhofer-Gesellschaft
- Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren
- Leibniz-Gemeinschaft
- Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft e.V.
- Alexander von Humboldt-Stiftung
- Deutsche Forschungsgemeinschaft

Die Forschungsorganisationen und Forschungsförderer sind in den unterschiedlichsten Forschungsbereichen aktiv; deren Ausrichtung auf Grundlagen- bzw. Anwendungsforschung ist unterschiedlich stark ausgeprägt. In Abbildung 3.2 sind die einzelnen Forschungsorganisationen und Forschungsförderer noch einmal graphisch entsprechend ihrer schwerpunktmäßigen Ausrichtung dargestellt.

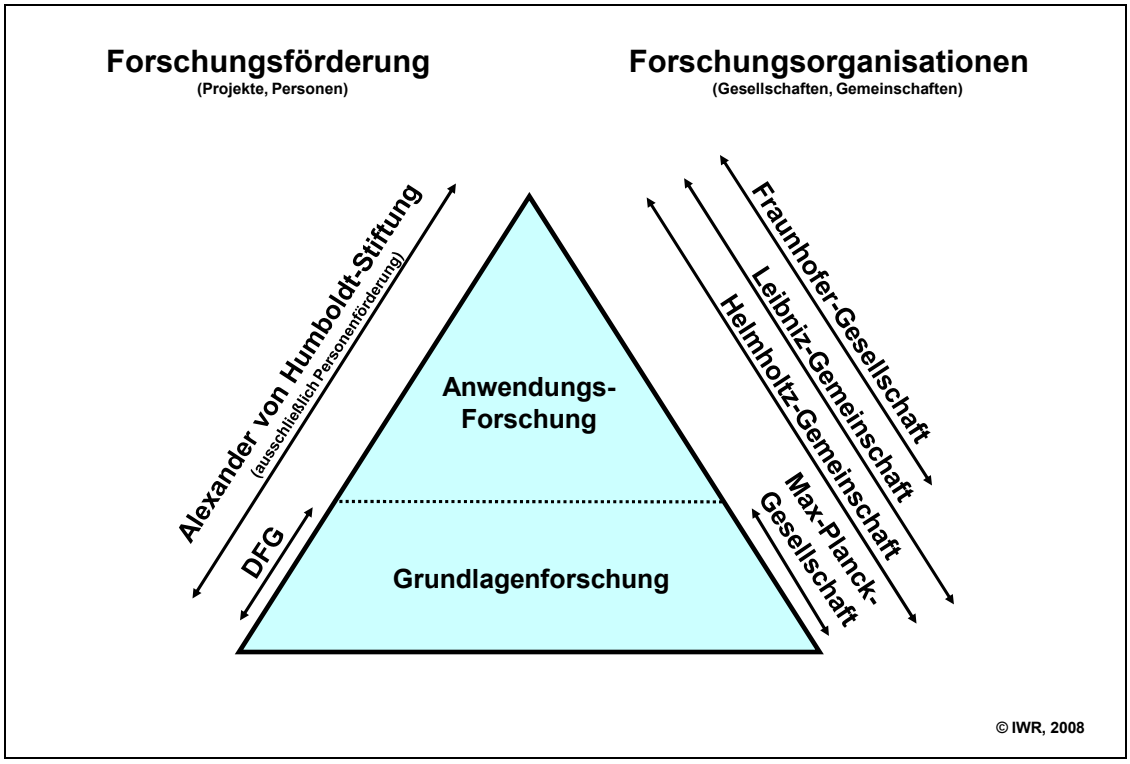


Abbildung 3.2: Schwerpunkte der Forschungsorganisationen und Forschungsförderer in Bezug auf die Grundlagen- bzw. Anwendungsforschung (Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft wurde im Jahr 1949 gegründet und ist schwerpunktmäßig im Bereich der anwendungsnahen Forschung aktiv. Zu den Auftraggebern zählen sowohl Industrie- und Dienstleistungsunternehmen als auch die öffentliche Hand. Über 12.000 Mitarbeiter, überwiegend aus dem natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereich, forschen in über 80 Einrichtungen an mehr als 40 Standorten.

Das gesamte Forschungsvolumen beträgt über eine Milliarde Euro, 900 Millionen Euro entfallen dabei auf die Vertragsforschung. Zwei Drittel der Vertragsforschung betreffen Aufträge aus der Industrie und öffentlich finanzierte Forschungsprojekte. Ein Drittel wird von Bund und Ländern beigesteuert, um Forschung auch für den längerfristigen Bedarf zu unterstützen.

Mit den Universitäten als Einrichtungen für die wissenschaftliche Basisausbildung findet ein Wissenstransfer statt. Darüber hinaus sind viele Institutsleiter der Fraunhofer-Gesellschaft auch Lehrstuhlinhaber an den Universitäten.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist im Bereich regenerativer Energien bereits stark engagiert und mit dem Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (Fraunhofer CWMT) in Bremerhaven auch im Windenergiesektor aktiv.

Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

Die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren wurde ursprünglich 1970 gegründet und 1995 in Helmholtz umbenannt. 2001 fand die Umstrukturierung in einen Verein statt. An insgesamt 15 eigenständigen Mitgliedszentren werden durch rd. 24.000 Mitarbeiter Forschungsprogramme aus sechs unterschiedlichen Forschungsbereichen entwickelt. Das Gesamtbudget beträgt rd. 2,2 Milliarden Euro, der Großteil davon stammt von der öffentlichen Hand (90 Prozent Bund, 10 Prozent Länder) und 30 Prozent aus Drittmitteln.

Die von der Helmholtz-Gemeinschaft durchgeführte Spitzenforschung trägt zur Lösung wissenschaftlicher Herausforderungen in den Bereichen Gesellschaft, Wissenschaft und Industrie bei. Durch eigene Großgeräte sowie ihre wissenschaftliche Infrastruktur ist sie in der Lage, komplexe Systeme zu erforschen. Dies geschieht in enger Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern.

Die Helmholtz-Gemeinschaft verbindet die Forschung und technologische Entwicklung mit innovativen Anwendungs- und Vorsorgeperspektiven. Forschungsbereiche sind Energie, Boden und Umwelt, Gesundheit, Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie, Verkehr und Raumfahrt.

Wissenstransfer mit den Universitäten findet über entsprechende Kooperationen oder Nachwuchsförderung an den Universitäten statt, wie z.B. an der Universität Münster im Forschungsbereich Energie am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) oder an der Universität Cottbus im Forschungsbereich Energie bzw. am Hahn-Meitner-Institut (HMI) in Berlin.

Leibniz-Gemeinschaft

Die Leibniz-Gemeinschaft ist ein Zusammenschluss von 84 rechtlich und wirtschaftlich eigenständigen wissenschaftlichen Forschungsinstituten und Serviceeinrichtungen und wurde im Jahr 1995 gegründet. Insgesamt arbeiten über 12.000 Mitarbeiter, davon über 5.000 Akademiker, an den von Bund und Ländern geförderten Instituten. Als bedarfsorientierte, interdisziplinäre Kompetenzzentren sind die Leibniz-Institute Kooperationspartner für Industrie, öffentliche Verwaltung und Politik. Forschungsarbeit und Serviceangebot sind von nationaler Bedeutung und genießen internationales Ansehen.

Die Leibniz-Institute sind vor allem in den Bereichen Geisteswissenschaften und Bildungsforschung, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Raumwissenschaften, Biowissenschaften, Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie der Umweltforschung aktiv. Die Dachorganisation koordiniert die verschiedenen Interessen der angeschlossenen Institute und vertritt diese in der Öffentlichkeit. Sie stärkt die wissenschaftliche Kooperation, fördert den akademischen Nach-

wuchs und ist verantwortlich für die Entwicklung eines umfassenden Qualitätssicherungssystems.

Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft e.V.

Die Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft e.V. wurde 1948 als Nachfolgeorganisation der 1911 ins Leben gerufenen Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gegründet. Rund 12.000 Mitarbeiter, darunter mehr als 4.000 Wissenschaftler und Stipendiaten, sind in den ca. 80 Instituten, Forschungszentren, Laboren und Projektgruppen in die Forschung eingebunden. Hinzu kommen jedes Jahr etwa 10.000 studentische Hilfskräfte, Doktoranden, Postdoktoranden und Gastwissenschaftler, zu 50 Prozent kommen diese aus dem Ausland. Primäres Ziel der Max-Planck-Gesellschaft ist die Förderung der Spitzenforschung in den eigenen Forschungsinstituten. Dabei wird vor allem Grundlagenforschung in den Natur-, Bio-, Sozial- und Geisteswissenschaften betrieben. Die Max-Planck-Gesellschaft greift insbesondere neue und innovative Forschungsfelder in Ergänzung zur universitären Forschung an deutschen Hochschulen auf. Zwischen den Max-Planck-Instituten und den Universitäten besteht eine enge Kooperation, unter anderem auch wegen der Doppelberufung von Professoren.

Alexander von Humboldt-Stiftung

Die Alexander von Humboldt-Stiftung geht auf das Jahr 1953 zurück und ist eine gemeinnützige Stiftung. Zu den Aufgaben und Zielen zählen die Vergabe von Forschungsstipendien und Forschungspreisen an hoch qualifizierte Postdoktoranden und Wissenschaftler zur Finanzierung langfristiger Forschungsaufenthalte in Deutschland und zur Festigung der akademischen und kulturellen Kontakte. Bis zu 600 Forschungsstipendien, 150 Forschungspreise und 150 Stipendien für junge deutsche Wissenschaftler werden pro Jahr unterstützt. Da die Alexander von Humboldt-Stiftung ausschließlich personenbezogen fördert, besteht ein Wissenstransfer mit Hochschulen nur in einem begrenzten Maße.

Deutsche Forschungsgemeinschaft

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft entstand 1952 aus dem Zusammenschluss der 1920 gegründeten Notgemeinschaft der Wissenschaft mit dem Deutschen Forschungsrat und ist ein Verein des bürgerlichen Rechts. Ihre Mitglieder sind deutsche Universitäten und außeruniversitäre Forschungsinstitutionen. Als Selbstverwaltungseinrichtung der deutschen Wissenschaft dient sie dieser durch die Finanzierung von Forschungsprojekten und fördert die Kooperation unter den Wissenschaftlern.

Sie widmet sich der Förderung junger Wissenschaftler und der internationalen Zusammenarbeit in allen ihren Programmen. Derzeit unterstützt die DFG rund 25.000 Projekte.

Da sowohl Universitäten als auch einzelne Wissenschaftler als Antragsteller auftreten können, ist die Unterstützung der wissenschaftlichen Grundausbildung

daran gekoppelt, inwieweit der geförderte Wissenschaftler oder die Universität in dem entsprechenden Bereich Lehrveranstaltungen anbietet.

Fazit außeruniversitäre Forschung

Aus dem Kreis der wichtigsten außeruniversitären Forschungseinrichtungen ist im Zusammenhang mit der Windenergieforschung bisher vor allem die Fraunhofer-Gesellschaft von Bedeutung. Mit der Gründung des Fraunhofer-Centers für Windenergie und Meerestechnik (CWMT) in Bremerhaven sowie der Zusammenführung der windenergiespezifischen Aktivitäten im Fraunhofer Netzwerk Windenergie bündeln die Fraunhofer-Institute ihre Kompetenzen. Zudem wird durch den Aufbau des Kompetenzzentrums Rotorblatt die industrienahe Forschung und Entwicklung zur Nutzung der Windkraft forciert. Vor diesem Hintergrund und wegen der Ausrichtung auf die anwendungsnahe Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft sind die Windenergieaktivitäten der Fraunhofer-Institute für die nationale Windenergieforschung von hoher Bedeutung. Vergleichbare Aktivitäten konnten für die anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen nicht ermittelt werden.

3.3.1 Koordinierung auf Hochschul- und Industrieebene – Forschungsnetzwerke und Kooperationsansätze in der nationalen Windenergieforschung

Die nationale Analyse der Windenergieforschung in Deutschland zeigt über die regionale Verteilung der einzelnen Forschungseinrichtungen hinaus, dass derzeit fünf Netzwerke von Bedeutung sind.

Diese können unterschieden werden in

- regionale Netzwerke, d.h. Netzwerke, die sich in einem speziellen Wirtschaftsraum entwickelt haben (z.B. CEwind, fk-wind), und
- Netzwerke, die sich vor dem Hintergrund thematisch-inhaltlicher Anknüpfungspunkte gebildet haben (z.B. ForWind, Kompetenzzentrum Rotorblatt).

Das Fraunhofer-Netzwerk Windenergie ist wiederum ein internes Netzwerk einzelner Fraunhofer-Gesellschaften, in dem die Kompetenzen der beteiligten Gesellschaften im Bereich Windenergie verbunden werden. Nachfolgend werden die einzelnen Netzwerke kurz vorgestellt:

CEwind

Das Kompetenzzentrum Windenergie Schleswig-Holstein (Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein – CEwind) ist ein Forschungsnetzwerk der Hochschulen Schleswig-Holsteins. Ziel ist es, ein Schwerpunktzentrum für die Windenergie zu bilden und die Kooperation zwischen den Hochschulen und den Unternehmen zu fördern. Die einzelnen Teilnehmer sowie die Aufgaben und Ziele dieses Netzwerkes sind in der nachfolgenden Tabelle 3.4 aufgeführt.

Eckdaten des Kompetenzzentrums Windenergie (CEwind)	
Sitz der Verwaltung	Flensburg
Anzahl der Einrichtungen	10
Art der beteiligten Einrichtungen	Hochschulen
Mitglieder	→ Uni Flensburg → FH Flensburg → FH Kiel → Uni Kiel → IFM GEOMAR → FH Lübeck → GKSS Forschungszentrum → Nordakademie → Forschungs- und Technologiezentrum Westküste → FH Westküste
Gründung	2005
Aufgaben/Ziele	→ Entwicklung einer Schwerpunktzentrums → Verzahnung von Hochschulen und Unternehmen → Vernetzung der Kompetenzen in Schleswig-Holstein → Bündelung der an schleswig-holsteinischen Hochschulen stattfindenden Forschung → Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit und Förderung des Dialogs zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik → Initiierung gemeinsamer Forschungs- und Entwicklungs-Vorhaben (FuE) → Initiierung und Organisation überregionaler Zusammenarbeit → Organisation professioneller Netzinfrastruktur → Ausbildung von qualifizierten Fachkräften → Beratung von Unternehmen → Vorbereitung von Ausgründungen
Forschungsbereiche	Projektträger für 10 Einzelprojekte, z.B.: Betriebsverhalten von Windenergieanlagen (WEA); Windkraft in nachhaltigen Energiesystemen; sensorgestütztes Condition Monitoring; Auswirkungen von Offshore-Anlagen auf Meeresboden und -fauna; Entwicklung eines Schattendetektors für WEA
Finanzierung	Projektabhängige Förderung: **Periode 1** (Zeitraum 2005 bis 2007): das Gesamtbudget in Höhe von 3,5 Mio. Euro wurde aus dem Europäischen Sozialfonds (ESF-Fonds) sowie Landes- und Eigenmitteln bereitgestellt **Periode 2** (ab Juli 2008): das Gesamtbudget von rd. 3,2 Mio. Euro soll zu 80 % aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE-Fonds) finanziert werden, die restlichen 20 % sollen über Eigenmittel und industrielle Aufträge abgedeckt werden

Tabelle 3.4: Eckdaten zum Kompetenzzentrum Windenergie CEwind (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Netzwerkangaben)

fk-wind

Eckdaten der Forschungs- und Koordinierungsstelle Windenergie (fk-wind)	
Sitz der Verwaltung	Hochschule Bremerhaven (Bremerhaven)
Anzahl der Einrichtungen	20
Art der beteiligten Einrichtungen	Hochschulen und außeruniversitäre Einrichtungen
Mitglieder	→ Amtliche Materialprüfungsanstalt → Bremer Energie Institut → Bremer Institut für angewandte Strahlentechnik → Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft → Bremer Institut für Konstruktionstechnik → Deutsche Forschungsvereinigung für Mess-, Regelungs- und Systemtechnik e.V. → Hochschule Bremen → Faserinstitut Bremen → Uni Bremen → Hochschule Bremerhaven (fk-wind) → Fraunhofer CWMT → Fraunhofer IFAM → Gesellschaft für angewandten Umweltschutz und Sicherheit im Seeverkehr → Institut für Arbeit und Wirtschaft → Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik → Hochschule der Künste → Institut für Wirtschaftsforschung GmbH → Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) → Stiftung Institut für Werkstofftechnik → Technologie Transfer Zentrum Bremerhaven
Gründung	2003
Aufgaben/Ziele	→ Vermittlung des Forschungsbedarfs der Industrie → Koordinierung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, Projektpartnervermittlung und Initiierung von Forschungsprojekten
Forschungsbereiche	Orientieren sich an Bedarfen aus Wirtschaft, Institutionen, von Betreibern etc.; insbesondere Lastannahmen, Rotoraerodynamik, Rotorblattstruktur und -vereisung, Sensor- und Messtechnik sowie Meeres- und Offshore-Technik
Finanzierung	Seit September 2007 reine Projektfinanzierung; keine Basisfinanzierung (keine Angabe zur Budget-Höhe); bis August 2007 erfolgte eine Anschub-/Basisfinanzierung durch das Land Bremen

Tabelle 3.5: Eckdaten zur Forschungs- und Koordinierungsstelle Windenergie (fk-wind) (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Netzwerkangaben)

Dem Forschungsnetzwerk fk-wind gehören aktuell 22 Hochschulen und außeruniversitäre Einrichtungen an. Diese befinden sich größtenteils innerhalb des regionalen Kernclusters der Region Nord. Aufgaben und Ziele sind u.a. die Deckung des Forschungsbedarfs der Industrie sowie die allgemeine Koordinierung der Forschung und Entwicklung der einzelnen Netzwerkteilnehmer.

ForWind

ForWind ist ein Kooperationszusammenschluss der Universitäten Oldenburg und Hannover auf dem Gebiet der Windenergie. Gemeinsam werden Aus- und Weiterbildungskonzepte erstellt sowie der Technologietransfer zwischen Forschung und Industrie unterstützt. Hinzu kommen zudem Partnerinstitute an den Universitäten Duisburg-Essen und Stuttgart.

Eckdaten zum Zentrum für Windenergieforschung (ForWind)	
Sitz der Verwaltung	Universität Oldenburg (Oldenburg)
Anzahl der Einrichtungen	4
Art der beteiligten Einrichtungen	Hochschulinstitute
Mitglieder	→ Uni Hannover → Uni Oldenburg → Uni Duisburg-Essen (Partnerinstitut) → Uni Stuttgart (Partnerinstitut)
Gründung	2003
Aufgaben/Ziele	→ Analysen und Studien für Energiewirtschaft und Entscheidungsträger → Technologietransfer → Entwicklungsprojekte → Netzwerkbildung → Aus- und Weiterbildungskonzepte → Unterstützung des Technologietransfers zwischen Forschung und Industrie
Forschungsbereiche	Offshore-Meteorologie, Windleistungsvorhersage, Lebensdauerprognosen und Netzanbindung
Finanzierung	Grundförderung des Landes Niedersachsen plus eingeworbene projektbezogene Mittel; dies können Mittel des BMU, BMBF, des Landes oder der EU sein bzw. Stiftungsgelder oder Erlöse aus durchgeführten Weiterbildungen

Tabelle 3.6: Eckdaten zum Zentrum für Windenergieforschung ForWind
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Netzwerkangaben)

Fraunhofer-Netzwerk Windenergie

Das Fraunhofer-Netzwerk Windenergie ist ein interner Zusammenschluss der Kompetenzen der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. Hierbei sollen vor allem die Kompetenzen der einzelnen Institute auf dem Gebiet der Windenergie gebündelt werden. Dies sind beispielsweise die Netzintegration, Betriebsführung, Systemtechnik und -optimierung sowie Komponenten und Materialien.

Eckdaten des Fraunhofer-Netzwerkes Windenergie	
Sitz der Verwaltung	keine zentrale Verwaltung
Anzahl der Einrichtungen	11
Art der beteiligten Einrichtungen	Fraunhofer-Institute
Mitglieder	→ Fraunhofer CWMT → Fraunhofer IFAM → Fraunhofer IFF → Fraunhofer WKI → Fraunhofer IIS/EAS → Fraunhofer IITB/AST → Fraunhofer IZPF → Fraunhofer LBF → Fraunhofer ITWM → Fraunhofer ISI → Fraunhofer ISE
Gründung	2005
Aufgaben/Ziele	→ Vernetzung von Spezialisten auf dem Gebiet der Windenergie → Bündelung der Kompetenzen von Fraunhofer-Instituten auf dem Gebiet der Windenergie in einem eigenen Netzwerk
Forschungsbereiche	breit gefächerte Forschung, z.B. Messtechniken, Strategien zur Integration von Windenergie, elektrotechnische Fragestellungen und Hybridsysteme mit kleinen Windenergieanlagen
Finanzierung	Finanzierung aus Projektaufträgen, geringe Aufwendungen für die Netzwerkkoordinierung werden durch gesellschaftsinterne Umlagebeiträge aufgebracht

Tabelle 3.7: Eckdaten zum Fraunhofer-Netzwerk Windenergie (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Netzwerkangaben)

Kompetenzzentrum Rotorblatt

Die Gründung des Kompetenzzentrums Rotorblatt geht auf die Initiative der deutschen Industrie zurück. Mitglieder sind Unternehmen wie Enercon, GE Energy, Bard, REpower, Abeking & Rasmussen sowie Sinoi. Aufgaben und Ziele sind dem Namen des Netzwerkes entsprechend die Weiterentwicklung von Rotorblättern sowie der Aufbau von Prüfständen und die Ausarbeitung von Testmethoden.

Eckdaten des Kompetenzzentrums Rotorblatt	
Sitz der Verwaltung	Fraunhofer CWMT (Bremerhaven)
Anzahl der Einrichtungen	7
Art der beteiligten Einrichtungen	Rotorblatt- und WEA-Hersteller, Fraunhofer-Institut
Mitglieder	→ Fraunhofer CWMT → Abeking & Rasmussen → Bard → Enercon → GE Energy → Sinoi → REpower Systems
Gründung	2006
Aufgaben/Ziele	→ Aufbau vorwettbewerblicher FuE in Deutschland → Entwicklung verbesserter Nachweisverfahren für die Zuverlässigkeit von Rotorblättern → Entwicklung von Testmethoden und -verfahren → Material- und Technologieentwicklung → Kompetenz in numerischen und experimentellen Methoden → Fertigung von Komponenten und Prototypen → Betrieb von Testständen, insbesondere Ganzblatttest
Forschungsbereiche	→ Rotorblätter → Rotorblattkomponenten
Finanzierung	Anschubförderung durch das Land Bremen, den Bund sowie aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE). Finanzierung des laufenden Betriebs erfolgt durch Projektaufträge

Tabelle 3.8: Eckdaten zum Kompetenzzentrum Rotorblatt (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Zentrumsangaben)

Kompetenzzentrum maritime Strukturen und Anlagen

Das Kompetenzzentrum maritime Strukturen und Anlagen beschäftigt sich mit der Optimierung der kompletten Wertschöpfungskette im Bereich der Tragwerksstrukturen, angefangen bei der Produktion über die Logistik bis hin zur Aufstellung auf See. Mitglieder sind Unternehmen wie Europipe, HOCHTIEF, REpower, WeserWind, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung sowie das Institut für Statik und Dynamik.

Eckdaten des Kompetenzzentrums maritime Strukturen und Anlagen	
Sitz der Verwaltung	Fraunhofer CWMT (Bremerhaven)
Anzahl der Einrichtungen	7
Art der beteiligten Einrichtungen	Hersteller und Forschungeinrichtungen
Mitglieder	→ Fraunhofer CWMT → Europipe → HOCHTIEF → REpower Systems → WeserWind GmbH → Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung → Institut für Statik und Dynamik
Gründung	2006
Aufgaben/Ziele	→ Optimierung von Fundamenten durch Auswahl von Materialien, Verbindungen etc. → Optimierung der Logistik sowie der Offshoremontage → Entwicklung von Testmethoden und -verfahren → Entwicklung von Tools zur Berechnung von externen Lasten und Beanspruchungs-, Belastungssimulationen → Verifizierung der technischen Machbarkeit von gegossenen Komponenten
Forschungsbereiche	→ Fundamente und Tragstrukturen → Rotorblattkomponenten
Finanzierung	→ durch öffentliche und industrielle Projekte

Tabelle 3.9: Eckdaten zum Kompetenzzentrum maritime Strukturen und Anlagen
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Zentrumsangaben)

3.3.2 Koordinierung der Windenergieforschung auf Verbandsebene

Im Rahmen der Analyse der nationalen Windforschung wurden auch die Aktivitäten folgender Verbände untersucht:

- Bundesverband Windenergie e.V. (BWE),
- Wirtschaftsverband Windkraftwerke e.V. (WVW),
- Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW),
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA).

Dabei zeigt sich, dass Forschungsprojekte auf Verbandsebene mit Ausnahme des VDMA nur in geringem Umfang organisiert bzw. finanziert werden.

Bundesverband Windenergie e.V. (BWE)

Der Bundesverband Windenergie (BWE) hat zwar einen Wissenschaftlichen Beirat eingerichtet, führt jedoch keine eigenen Forschungsvorhaben durch. Der Beirat vertritt in erster Linie die Interessen der in der Wissenschaft und Forschung tätigen BWE-Mitglieder in der Öffentlichkeit und gegenüber der Politik.

Die Aufgabenschwerpunkte des Gremiums liegen in der Identifikation und Diskussion zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsbedarfe, um politische Mandatsträger und Forschungsförderer zu unterstützen. Hierbei strebt der BWE einen Austausch mit anderen wichtigen Gremien aus dem Bereich der Windenergie wie z.B. FGW, VDMA oder EWEA an.

Dadurch soll eine bedarfsgerechte Grundlagenforschung unterstützt werden, die dazu beiträgt, die Konkurrenzfähigkeit der WEA- und Komponentenhersteller sowie Zulieferunternehmen zu verbessern.

Bei den Mitgliedern des Beirates handelt es sich insbesondere um Vertreter von Universitäten, Fachhochschulen, außeruniversitären Forschungsinstituten, Prüf- und Zertifizierungseinrichtungen sowie Industrie- und Energieversorgungsunternehmen.

Wirtschaftsverband Windkraftwerke e.V. (WVW)

Im Wirtschaftsverband Windkraftwerke e.V. haben sich Betreiber von Windparks und Einzelanlagen zusammengeschlossen. Der 1996 gegründete Verband weist nach eigenen Angaben keine Forschungsaktivitäten auf.

Satzungsgemäß umfasst das Aufgabenspektrum u.a. Aktivitäten wie:

- Beratung von Bund und Ländern bei der Ausarbeitung und Vorbereitung von Gesetzesvorgaben und Rechtsverordnungen,
- Vertretung der Mitglieder in beruflichen Angelegenheiten sowie
- Presse- und Öffentlichkeitsarbeit.

Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW)

Die Fördergesellschaft Windenergie wurde bereits 1985 gegründet und hat knapp 100 Mitglieder. Zu den Mitgliedern gehören WEA-Hersteller, Planungs- und Ingenieurbüros der Windbranche, Forschungseinrichtungen etc. Die Aufgaben der FGW bestehen u.a. in

- der Entwicklung von Gesamtstrategien für Bereiche wie Wissenschaft, Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Windenergienutzung und
- der Beratung öffentlicher Stellen bei Windenergie-Projekten.

Ein Aufgabenschwerpunkt der FGW liegt in der Erarbeitung von windenergiespezifischen Richtlinien, der Normung sowie der nationalen und internationalen Standardisierung. Hierzu gibt es fünf thematische Arbeitsgremien, die aus einem Fachausschuss und dem dazugehörigen Arbeitskreis bestehen. An den Arbeitskreisen beteiligen sich u.a. Vertreter von

- unabhängigen Messinstituten,
- deutschen Küstenländern und Immissionsschutzbehörden,
- WEA- und Komponentenherstellern,
- Netzbetreibern,
- Versicherungsgesellschaften,
- Instituten und Hochschulen sowie
- der FGW.

Neben der Arbeit in den Fachausschüssen ist die Fördergesellschaft Windenergie als Projektinitiator oder -partner auch in Forschungs- und Entwicklungsvorhaben eingebunden. Zu den aktuellen Forschungsaktivitäten gehört beispielsweise die Beteiligung an dem BMU-Forschungsprojekt „Entwicklung von LIDAR-Windmessungen für das Offshore-Testfeld“. Die FGW tritt nach eigenen Angaben im Rahmen ihrer Forschungsaktivitäten nicht als finanzierende Institution auf.

Forschungsvereinigung Antriebstechnik im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)

Der VDMA versteht sich als Verbandsdienstleister für mittelständische Unternehmen der Investitionsgüterindustrie und vertritt die Interessen von rd. 3.000 Mitgliedsunternehmen in knapp 140 verschiedenen Branchen. Die angebotenen Dienstleistungen decken u.a. Bereiche wie Auslandgeschäfte und Export, Management und Informationssysteme oder auch technische Regelwerke und Forschung ab. Innerhalb der 36 Fachverbände spielt im Hinblick auf die Windenergieforschung vor allem der Fachverband Antriebstechnik mit seinen 173 Mitgliedern eine entscheidende Rolle. Zudem umfasst die eigenständige Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA) 184 Mitglieder. In der FVA wird die Forschung in diesem Bereich intern koordiniert und z.T. auch finanziert.

In der FVA erfolgt die Selektion und Priorisierung der Forschungsthemen nach folgendem Ablaufschema (Abbildung 3.3):

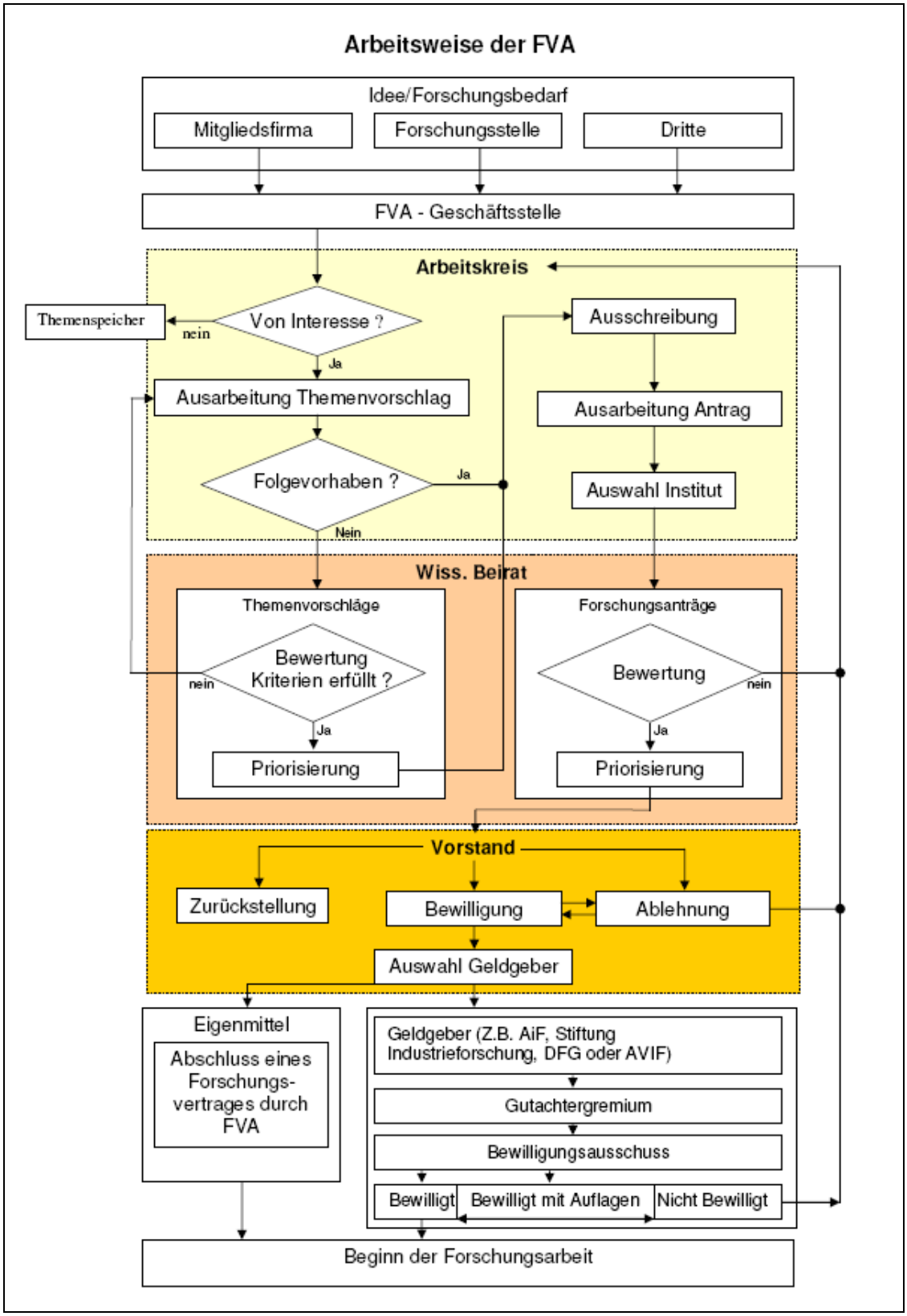


Abbildung 3.3: Ablaufschema VDMA Forschungsvorhaben (Quelle: VDMA)

Der Forschungsbedarf wird in der Regel durch die Mitglieder (Firmen) in Form eines "Themenvorschlages" eingebracht. Auch Ideen von Forschungsstellen und Dritten finden Einzug in einen Themenvorschlag, sofern sich ein Projektleiter aus der Industrie und genügend interessierte Firmen finden. Laut FVA wird auf eine ausreichende Projektbegleitung durch die Industrie besonderer Wert gelegt, da die Forschungsergebnisse anschließend in Produkte und Dienstleistungen umgesetzt werden sollen. In der Regel wird dieser Themenvorschlag in einem fachlich passenden Arbeitskreis (Themengebietsorientierter Diskussionskreis, z.B. „Werkstoffe“, „Dichtungstechnik“) zunächst diskutiert, um einige unterstützende Firmen zu gewinnen. Erst dann erfolgt die Weitergabe an den Wissenschaftlichen Beirat, der zuständig für die Gestaltung des FVA-Forschungsportfolios ist. Die Vertreter der Mitgliedsfirmen im Wissenschaftlichen Beirat bewerten die Themenvorschläge nach Qualität und Wichtigkeit für das eigene Unternehmen. Die Vorlage eines Themenvorschlages im Beirat ist nicht erforderlich, wenn es sich bei dem Vorschlag um ein Folgeprojekt zu einem bereits befürworteten Projekt handelt. Im Anschluss wird das Projekt vom zuständigen Arbeitskreis an geeignete Hochschulinstitute ausgeschrieben. Es folgt die Ausarbeitung des Antrages, die Auswahl des beauftragten Instituts und die erneute Übergabe an den Beirat. Der dort nun vorliegende, ausgearbeitete Antrag mit Arbeits-, Zeit- und Kostenplan wird vom Beirat erneut bewertet. Aus dieser Bewertung ergibt sich eine Liste mit den priorisierten Projekten für den Vorstand. Der Vorstand entscheidet abschließend, ob das Forschungsvorhaben bewilligt, zurückgestellt oder abgelehnt wird. Bei einer Bewilligung muss abschließend geklärt werden, wer als Geldgeber für das Projekt in Frage kommt. Im Falle der FVA (Eigenmittel) wird ein Forschungsvertrag geschlossen und die Forschungsarbeiten können beginnen.

Wird das Forschungsvorhaben jedoch nicht durch Eigenmittel des FVA finanziert, müssen hier geeignete Geldgeber ausgewählt werden. Hier durchläuft der Forschungsantrag erneut ein Gutachtergremium sowie einen Bewilligungsausschuss bis nach erfolgreicher Bewilligung auch auf diesem Weg die Forschungsarbeiten beginnen können. Wenn es nach der Ausarbeitung des Themenvorschlags innerhalb dieses Ablaufschemas zu einem negativen Prüfungsergebnis oder einer negativen Einschätzung kommt, kann das Vorhaben in den entsprechend vorgelagerten Bereich zur erneuten Bearbeitung zurückgegeben werden.

Fazit Windenergieforschung auf Verbandsebene

Von den verschiedenen Verbänden spielt für die Windforschung vor allem der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. eine bedeutende Rolle. Als Vertreter des Maschinen- und Anlagenbaus fördert der VDMA auch die Koordinierung und Finanzierung von Forschungsprojekten. Dabei hat sich innerhalb der Forschungsvereinigung Power Systems die AG Windenergie-Zulieferindustrie mit dem Arbeitskreis Antriebsstrang WEA gebildet, der die speziellen Probleme und den entsprechenden Forschungsbedarf auf diesem Gebiet abdeckt. Vor allem mit der Fachdisziplin Maschinenbau übernimmt der VDMA innerhalb der Windforschung eine wichtige Koordinierungsrolle. In anderen Fachdisziplinen sind derartige Kompetenzen auf Verbandsebene derzeit nicht erkennbar.

3.3.3 Fazit Koordinierung der Windenergieforschung in Deutschland

In Deutschland ist im Bereich der Windenergieforschung zunehmend die Bildung von Netzwerken unter Hochschuleinrichtungen und teilweise auch bei Industrieunternehmen zu erkennen. Zusätzliche Koordinierungsaktivitäten sind auf Verbandsebene vor allem beim VDMA feststellbar. Bei den untersuchten Forschungs-Netzwerken ist die thematische Ausrichtung in erster Linie auf Forschungsgebiete außerhalb der eigentlichen Maschine (vgl. Abbildung 3.1; S. 13) gerichtet. So stehen aerodynamische Themen (z.B. Kompetenzzentrum Rotorblatt am Fraunhofer CWMT), windphysikalische (meteorologische) Themen (z.B. ForWind), Gründungsthemen (z.B. fk-wind, CEwind) oder energiewirtschaftlich-technische Themen (z.B. ForWind) im Vordergrund. In Bezug auf die (Windenergie-)Maschine mit den maschinenbau- und elektrotechnischen Aspekten geht eine institutionsübergreifende Koordinierungstätigkeit in Deutschland derzeit in erster Linie vom Maschinenbauverband VDMA aus.

Eine Erklärung für diese zweigleisige Entwicklung dürfte im traditionellen Ursprung der Windenergieforschung in den aerodynamischen Fachgebieten (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) begründet sein. Die sich hieraus entwickelte junge Windenergieforschungslandschaft hat historisch betrachtet vorrangig Themen aus der Luft- und Raumfahrttechnik in das Zentrum des Interesses gerückt, ähnlich wie es an den internationalen Großforschungseinrichtungen sichtbar wird (z.B. Risø/DTU und ECN). Der VDMA als Verband des Maschinenbaus war schon vor dem Einsetzen des weltweiten Booms der Windenergie in den wichtigen Komponentenbereichen der Antriebstechnik auf anderen Anwendungsfeldern aktiv (Autos, Schiffe etc.) und entsprechend stark vernetzt.

3.4 Inhaltliche Struktur der nationalen Windenergieforschung

Ausgehend von dem zentralen Windforschungskataster lässt sich das inhaltliche Spektrum der nationalen Windenergieforschungseinrichtungen auf der Grundlage des IWR-Analyserasters entlang der Wertschöpfungskette darstellen. Dabei wird erkennbar, welche inhaltlichen Schwerpunkte an den 204 nationalen Forschungsstandorten derzeit abgedeckt werden. An diesen Standorten sind insgesamt 317 Einrichtungen und Institute erfasst, die im Bereich Windenergie Forschungsaktivitäten aufweisen (vgl. Tabelle 3.1, S. 12). Die nachfolgende inhaltliche Analyse basiert auf einer statistischen Auswertung der Forschungsaktivitäten dieser Einrichtungen und Institute.

Auf der Ebene der drei Hauptkategorien des IWR-Analyserasters zeigt sich, dass der Forschungsschwerpunkt der nationalen Windenergieforschung im Bereich Komplettanlagen, Komponenten und Produktion (Kategorie I) liegt.

Knapp 50 Prozent der insgesamt auf der Grundlage des Forschungskatasters ermittelten Nennungen entfallen auf dieses Segment. An zweiter Stelle liegen mit rd. 29 Prozent Forschungsaktivitäten im Bereich der energiewirtschaftlich-technischen Dienstleistungen vor Forschungen der Kategorie III – Begleitprojekte und -studien (rd. 23 Prozent). Aufgrund von Mehrfachnennungen liegt die Gesamtsumme der registrierten Angaben in den drei Hauptkategorien des Analyserasters über der Anzahl der im Standortkataster erfassten Einrichtungen und Institute (n = 317) (Tabelle 3.10).

Forschungsaktivitäten innerhalb der Kategorien I – III des IWR-Analyserasters (Basis: 317 Einrichtungen/Institute, Mehrfachnennungen möglich)		
	Anzahl Angaben	**Anteil [%]**
Kategorie I *Komplettanlagen, Komponenten u. Produktion*	189	48,6
Kategorie II *energiewirtsch.-technische Dienstl. u. Hardware*	112	28,8
Kategorie III *Begleitprojekte u. Begleitstudien*	88	22,6
Nennungen insgesamt	**389**	**100**

Tabelle 3.10: Forschungsaktivitäten innerhalb der Kategorien I – III des IWR-Analyserasters (Mehrfachnennungen möglich, Daten: IWR, 2008, Daten: IWR-Windforschungskataster)

Nach der Auswertung der Forschungsaktivitäten auf der Ebene der Unterkategorien des Analyserasters, d.h. auf der Stufe der einzelnen Komponenten und Dienstleistungen, bilden die Bereiche Komplettanlagen und Anlageneinbindung/Netzintegration mit jeweils rd. 8 Prozent den Schwerpunkt. Auf dem dritten

Rang liegt die Getriebeforschung mit einem Anteil von (6,4 Prozent), darauf folgen Aktivitäten im Bereich Rotorblattforschung (5,9 Prozent) (Tabelle 3.11).

Schwerpunkte der Windenergieforschung in Deutschland (Komponenten-/Dienstleistungsebene des IWR-Analyserasters) (Basis: 317 Einrichtungen/Institute, Mehrfachnennungen möglich)			
Rang	**Bereich**	**Nennungen**	**Anteile [%]**
1	Komplettanlagen (Kategorie I)	48	8,0
2	Anlageneinbindung (Kategorie II)	45	7,5
3	Getriebe (Kategorie I)	38	6,4
4	Rotorblätter (Kategorie I)	35	5,9
5	Herstellungsprozess und -optimierung (Kategorie I)	34	5,7
6	Begleitstudien (Kategorie III)	31	5,2
7	Fundamente und Gründungen (Kategorie I)	26	4,4
7	Mess- und Kontrolltechniken (Kategorie I)	26	4,4
8	Grundstoff- und Materialforschung (Kategorie I)	25	4,2
8	Messung/techn. Anlagenüberwachung (Kategorie II)	25	4,2
8	Qualifizierung und Fortbildung (Kategorie III)	25	4,2
9	Lager (Kategorie I)	21	3,5
10	Generator (Kategorie I)	19	3,2
11	Sonstige	199	33,2

Tabelle 3.11: Forschungsschwerpunkte im Bereich der Windenergie in Deutschland auf der Ebene der Komponenten/Dienstleistungen des IWR-Analyserasters (Basis: Aktivitäten von 317 Einrichtungen/Instituten)
(Mehrfachnennungen möglich, Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Windforschungskataster)

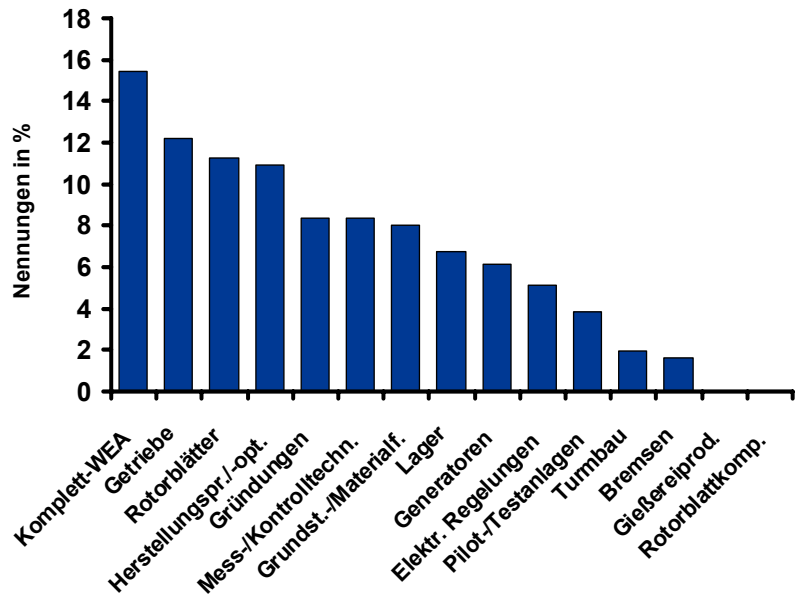
Insgesamt spiegeln die vergleichsweise hohen Anteile der nationalen Forschungsaktivitäten in den verschiedenen Bereichen der Kategorie I des Analyserasters die aktuelle Stoßrichtung der Forschung und Anlagenentwicklung wider. Insbesondere vor dem Hintergrund des neuen Anwendungsfeldes Offshore-Windenergie und dem damit verbundenen Upscalingprozess geht es in erster Linie um die technologische Weiterentwicklung der Anlagentechnik.

Dieses Ergebnis korrespondiert mit der international führenden technologischen Position, die nationale Hersteller- und Zulieferunternehmen auf den globalen Windenergiemärkten haben. Bislang haben mit Enercon, REpower, Multibrid und

Bard im internationalen Vergleich lediglich Hersteller aus Deutschland die v.a. mit Blick auf die Offshore-Windenergie interessanten Windkraftanlagen mit Leistungen von fünf Megawatt (MW) und mehr entwickelt.

Forschungsfelder Kategorie I: Komplettanlagen, Komponenten und Produktion

Abbildung 3.4 gibt einen Gesamtüberblick über die Anteilsverteilung der Nennungen auf Komponentenebene innerhalb von Kategorie I – Komplettanlagen, Komponenten und Produktion des IWR-Analyserasters. Auf den Rängen 1 bis 3 liegen die Forschungsbereiche WEA-Komplettanlage (15,4 Prozent), Getriebe (12,2 Prozent) und Rotorblätter (11,3 Prozent). In die Forschung bei Komplett-WEA fallen Themenfelder wie Anlagendesign, Statik, Aeroelastik und Schwingungen.



Quelle: IWR, Daten: IWR-Windforschungskataster

© IWR, 2008

Abbildung 3.4: Verteilung der Forschung innerhalb der Kategorie I (Basis: 317 Einrichtungen/Institute, Mehrfachnennungen möglich; Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Windforschungskataster)

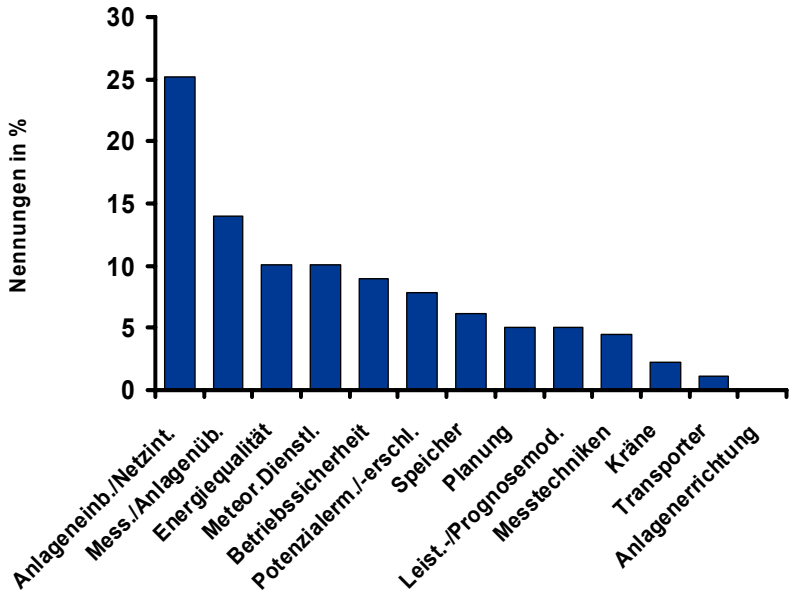
Bei den Getrieben befassen sich die Forschungseinrichtungen u.a. mit den Komponenten des Antriebstrangs (Getriebe, Nabe, Welle etc.) sowie den auftretenden Belastungen. Im Bereich Rotorblätter sind u.a. Forschungsbereiche wie Blitzschutz und Aerodynamik erfasst.

Auf den Plätzen vier bis zehn rangieren Forschungen zur Optimierung des Herstellungsprozesses, Gründungstechniken, Mess- und Kontrolltechniken sowie die

Grundstoff- und Materialforschung, Lager und Generatoren sowie elektrische Regelungen. Relativ geringe Forschungsaktivitäten konnten für den WEA-Turm sowie Bremsen ermittelt werden.

Forschungsfelder Kategorie II: energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen

Innerhalb der Kategorie II liegt der Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten auf Themengebieten im Bereich der Anlageneinbindung bzw. Netzintegration (25,1 Prozent). Bearbeitet werden dabei Forschungsfragen wie die Netzeinbindung großer Windstrommengen durch Zwischenspeicherung oder die Anbindung von Windparks, insbesondere an Offshore-Standorten. Auf dem zweiten Platz folgt der Bereich „Messung/technische Anlagenüberwachung“ (14,0 Prozent) mit Themen wie z.B. Condition Monitoring vor Forschungsaktivitäten in den Bereichen Energiequalität und meteorologische Dienstleistungen (jeweils 10,1 Prozent). Auf den Rängen fünf bis zehn liegen Forschungsthemen in den Bereichen Betriebssicherheit, Potenzialermittlung/-erschließung, Energiespeicher, Planung, Leistungs- und Prognosemodelle sowie Messtechniken (Abbildung 3.5).



Quelle: IWR, Daten: IWR-Windforschungskataster

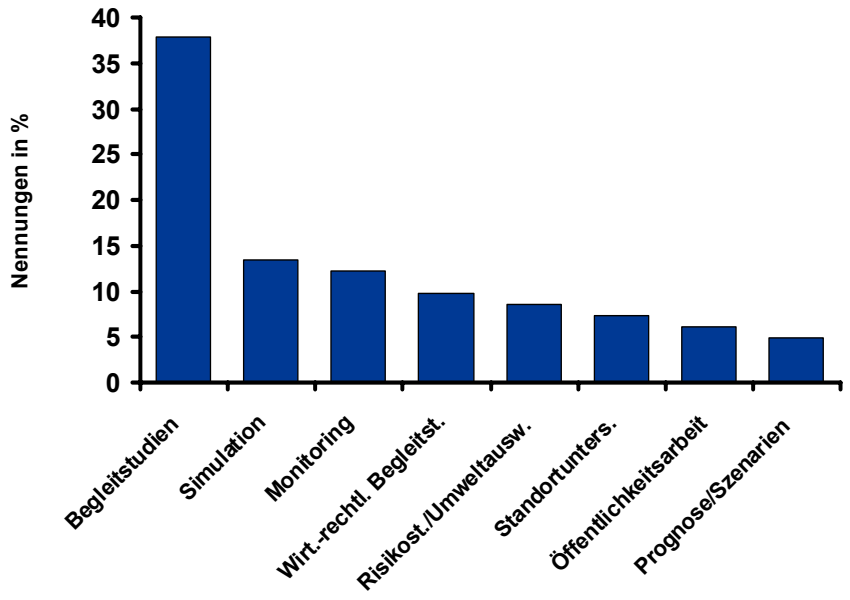
© IWR, 2008

Abbildung 3.5: Verteilung der Forschung innerhalb der Kategorie II (Basis: 317 Einrichtungen/Institute, Mehrfachnennungen möglich; Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Windforschungskataster)

Forschungsfelder Kategorie III: Begleitprojekte und Studien

In der Kategorie III rangieren Begleitstudien (37,8 Prozent) vor dem Bereich der Simulation (13,4 Prozent). Themenschwerpunkte der Begleitstudien sind vor allem ökologische Fragestellungen. An dritter Stelle liegen Monitoringuntersuchungen (rd. 12 Prozent), bei denen es u.a. um die Erfassung und Auswertung statistischer Grundlagendaten im Zusammenhang mit Störungs- und Lebensdaueranalysen geht.

Auf Rang vier folgt die Kategorie der wirtschaftlich-rechtlichen Begleitstudien (rd. 10 Prozent) vor Risikostudien und Analysen der Umweltauswirkungen (rd. 9 Prozent) auf Platz fünf (Abbildung 3.6).



Quelle: IWR, Daten: IWR-Windforschungskataster

© IWR, 2008

Abbildung 3.6: Verteilung der Forschung innerhalb der Kategorie III (Basis: 317 Einrichtungen/Institute, Mehrfachnennungen möglich; Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Windforschungskataster)

3.5 Zur regionalen Verteilung der Forschungsstandorte – Forschungskarte Windenergie

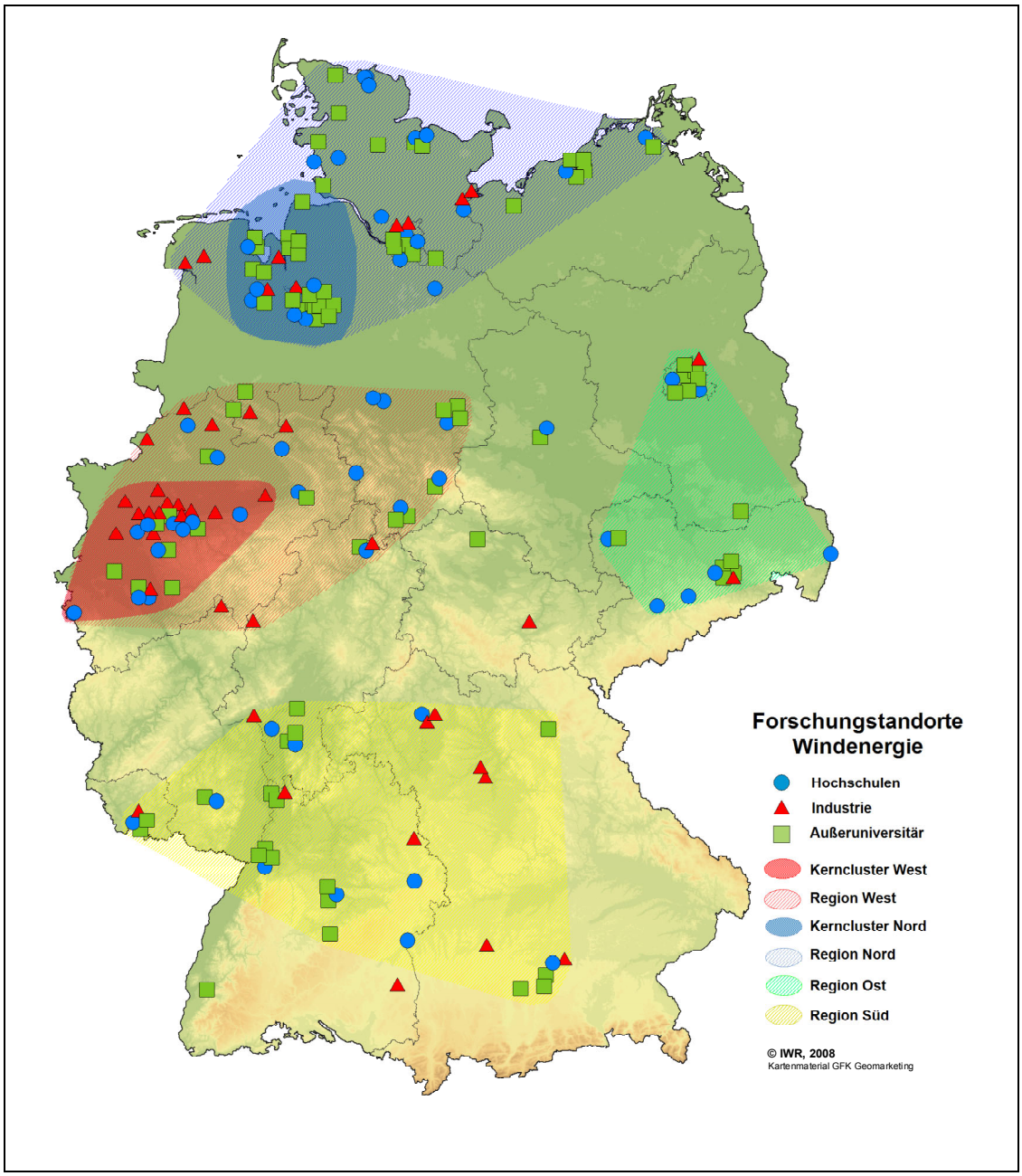


Abbildung 3.7: Forschungskarte Windenergie – regionale Verteilung der Forschungsstandorte in Deutschland
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Windforschungskataster)

Die regionale Verteilung der Einrichtungen aus dem zentralen Windenergieforschungskataster ist in der aggregierten Standortkarte in Abbildung 3.7 erkennbar. Dargestellt sind die drei Hauptkategorien Hochschule, Industrieforschung und außeruniversitäre Forschungseinrichtung auf der Basis der 204 im Windforschungskataster erfassten Standorte (vgl. Tabelle 3.1, S. 12).

Insgesamt erscheint die räumliche Verteilung der Forschung relativ heterogen. Gleichwohl werden vier Schwerpunktregionen bzw. zwei Cluster erkennbar, die durch regionalspezifische Merkmale charakterisiert und beschrieben werden können. Auf dieser Grundlage können erste Ansätze für eine Weiterentwicklung der nationalen Forschungsstrukturen entwickelt werden, indem z.B. bestehende Standorte durch Vernetzung oder Ausbau gezielt gestärkt und Synergie-Effekte genutzt werden.

Auf der Basis der regionalen Analyse können vier Schwerpunktregionen identifiziert werden:

- Region Nord
- Region Süd
- Region West
- Region Ost

In Bezug auf die Anzahl der Forschungsstandorte haben die Regionen Nord und West mit rd. 80 bzw. 60 Forschungsstandorten den Charakter von Schwerpunkträumen. Danach folgt die Region Süd (38 Standorte) vor der Region Ost (23).

Während in der Region Nord v.a. außeruniversitäre Forschungsstandorte mit einem Anteil von rd. 57 Prozent überwiegen, wird die Region West mit einem Anteil von jeweils rd. 35 Prozent durch Hochschul- und Industrieforschungsstandorte geprägt. In den Regionen Süd und Ost überwiegen die außeruniversitären Forschungsstandorte (Tabelle 3.12).

Verteilung der Forschungsstandorte in den einzelnen Regionen Deutschlands (Basis: 204 Forschungsstandorte)				
	Hochschulen	**Industrieforschung**	**Außeruniversitäre Forschung**	**Forschungs-standorte (gesamt)**
Region Nord	22	10	43	**75**
Region West	22	22	18	**62**
Region Süd	10	10	18	**38**
Region Ost	7	2	14	**23**
Sonstige	1	2	3	**6**
Gesamt	62	46	96	**204**

Tabelle 3.12: Verteilung der Forschungsstandorte in den einzelnen Regionen Deutschlands (Basis: 204 Forschungsstandorte, Daten: IWR, 2008, Daten: IWR-Windforschungskataster)

3.5.1.1 Region Nord

Die Region Nord erstreckt sich über Teile von Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern sowie die Gebiete der Stadtstaaten Bremen und Hamburg. Insgesamt befinden sich rd. 80 Forschungsstandorte in diesem Raum. Den Schwerpunkt bilden mit knapp 60 Prozent außeruniversitäre Forschungsstandorte vor der Hochschulforschung mit etwa 30 Prozent.

Obwohl in der Schwerpunktregion Nord ein Großteil der nationalen WEA-Hersteller ansässig ist, entfallen lediglich 13 Prozent auf die Kategorie Industrieforschung.

Im Südwesten weist die Region Nord im Bereich Bremen und Bremerhaven ein stärker verdichtetes Kerncluster auf, in dem knapp 50 Prozent der rd. 80 Forschungsstandorte der Region Nord liegen.

Zudem sind deutliche Ansätze zur Vernetzung bestehender Forschungsstandorte erkennbar. Neben den Hochschulnetzwerken CEwind (Flensburg) und ForWind (Oldenburg) sowie dem gemeinsamen Netzwerk von außeruniversitären und Hochschuleinrichtungen fk-wind (Bremerhaven) ist hier auch das Kompetenzzentrum Rotorblatt (Bremerhaven) ansässig (vgl. Kap. 3.3.1).

Ausgehend von der inhaltlichen Analyse und den Ergebnissen der Expertengespräche lässt sich die Region Nord unter thematischen Gesichtspunkten als Forschungsraum charakterisieren, der stark geprägt wird durch die Forschungsfelder

- Offshore-Windenergie,
- Windphysik und
- Aerodynamik.

In diesem Kontext stehen auch die bereits vorhandenen bzw. geplanten Testeinrichtungen. Dazu gehört z.B. das im Februar 2008 offiziell eröffnete Windkanal-Zentrum der Deutschen WindGuard in Bremerhaven, in dem aerodynamische und aeroakustische Optimierungen für verschiedene WEA-Bauteile von Windkraftanlagen durchgeführt werden. Darüber hinaus befinden sich in dem nördlichen Schwerpunktraum die DEWI-Windtestfelder in Cuxhaven (Offshore-Testfeld) und Wilhelmshaven (Onshore-Testfeld).

Zu den technischen Einrichtungen dieser Region gehören auch die FINO-Forschungs-Plattformen in Nord- und Ostsee, an denen umfangreiche Messungen und Untersuchungen zur Offshore-Windenergienutzung durchgeführt werden. Am Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT) in Bremerhaven ist derzeit zudem der erste Abschnitt eines Rotorblatt-Prüfstandes im Bau.

Hochschulen

Insgesamt forschen in der Region Nord 22 Hochschulen im Windenergiesektor. Zu den Kernbereichen der Forschung an den Hochschulen gehören u.a. die Bereiche Windphysik, Aerodynamik und Offshore-Windenergie.

Dabei befassen sich die Hochschulen mit Fragestellungen zu Themen wie:

- Lastannahmen und Lastanalysen,
- Lebensdaueranalysen,
- Aerodynamik und Struktur von Rotorblättern, Rotorblattkomponenten,
- technische Aspekte der Offshore-Windenergie,
- Auswirkungen von Offshore-WEA auf die Meeresfauna und den Meeresboden,
- Windleistungsvorhersagen,
- On- und Offshore-Windmeteorologie sowie
- Sensor- und Messtechnik.

Industrie

Die Industrieforschungsaktivitäten in der Region Nord gehen v.a. von den ansässigen WEA-Produzenten aus. Neben dem WEA-Hersteller Enercon (Aurich) sind hier mit Nordex (Hamburg) und REpower (Hamburg) weitere Marktplayer der Herstellerindustrie ansässig. Des Weiteren haben mit Multibrid (Bremerhaven) und Bard (Emden) vergleichsweise junge Anbieter in der Region Nord ihren Firmensitz.

Die Hersteller betreiben an den Produktionsstandorten oder speziellen Forschungs- und Entwicklungsstandorten einen Teil ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. So hat z.B. Enercon mit Wobben Research in Aurich eine eigene Forschungsfirma gegründet. Auch REpower verfügt am Standort Rendsburg über ein eigenes Entwicklungszentrum.

Außeruniversitäre Forschung

Bei der außeruniversitären Forschung in der Region Nord entfällt ein Schwerpunkt auf Standorte, die sich u.a. mit Forschungsfragen aus den Bereichen Ökologie/Offshore-Ökologie befassen. Dazu gehören z.B. das Institut für angewandte Ökologie bei Rostock, das Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, das Institut für Vogelforschung, BioConsult SH oder das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung. Bei Einrichtungen wie Energy & Meteo-Systems oder dem Max-Planck-Institut für Meteorologie stehen Aspekte aus den Bereichen Leistungs- und Prognosemodelle, Windphysik/Meteorologie auf der Agenda.

Zudem sind Unternehmen aus dem Bereich Offshore-Gründung bzw. Offshore-Errichtungsarbeiten (z.B. Weser Wind Offshore Construction, F+Z Baugesellschaft) und WEA-Konstruktions-/Entwicklungsbüros in der Region ansässig (z.B. aerodyn Energiesysteme GmbH, W2E Wind to Energy GmbH). Weitere außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sind u.a. das Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT), das Deutsche Windenergie-Institut (DEWI), der Germanische Lloyd sowie die Deutsche WindGuard GmbH.

3.5.1.2 Region West

Die Region West entspricht in ihrer räumlichen Abgrenzung im Wesentlichen dem Gebiet des Landes Nordrhein-Westfalen, dem südlichen Landesteil von Niedersachsen sowie Teilen von Nordhessen. Insgesamt sind in dem zentralen Windforschungskataster rd. 60 Forschungsstandorte erfasst, die auf diesen Raum entfallen. In Bezug auf die Forschungskategorien ist die Region relativ homogen strukturiert. Mit jeweils rd. 35 Prozent entfallen die Schwerpunkte tendenziell auf die Bereiche Hochschul- und Industrieforschung, außeruniversitäre Standorte erreichen einen Anteil von rd. 30 Prozent.

Aufgrund der räumlichen Verdichtung von Forschungsstandorten insbesondere aus der Kategorie Industrieforschung wird innerhalb der Region West im Rhein-Ruhr-Raum ein bis nach Aachen reichendes Kerncluster erkennbar. Etwa 50 Prozent der Standorte der Region West entfallen auf diese Kernregion.

Im Hinblick auf die thematische Charakterisierung der Region West kristallisieren sich durch die inhaltliche Analyse und die Expertengespräche Forschungsaktivitäten v.a. in den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Energiewirtschaft als Kernkompetenzen der Forschungsstandorte heraus.

In der Region West befinden sich v.a. Prüfeinrichtungen, die in Zusammenhang mit Komponententests des Antriebstrangs stehen. Bei den meisten Testständen handelt es sich um industrieeigene Einrichtungen, die vornehmlich firmenintern betrieben werden und nicht extern zugänglich sind. Zu den Ausnahmen gehört der DMT-Getriebeprüfstand, der auch extern genutzt werden kann. An weiteren technischen Einrichtungen befindet sich im nordrhein-westfälischen Grevenbroich das weltweit größte Binnenlandtestfeld. An der Universität Hannover gibt es zudem einen Wellenkanal, der auch für Tests im Zusammenhang mit der Offshore-Windenergie genutzt werden kann.

Hochschulen

Insgesamt forschen 22 Hochschulen im Bereich der Windenergie. Ein Schwerpunkt aus thematischer Sicht findet sich in verschiedenen Bereichen des windenergiespezifischen Anlagenbaus. Dabei liegt der Fokus auf zentralen Komponenten des Antriebsstrangs (Getriebe, Lager, Generator etc.). Forschungsthemen liegen z.B. in den Bereichen

- Getriebelasten,
- Verbindung von Welle und Nabe oder
- der Lebensdauer von unterschiedlichen Lagertypen.

Einen weiteren Schwerpunkt bilden zudem Forschungsaktivitäten aus dem Bereich Energiewirtschaft und Elektrotechnik. Dabei geht es um Aspekte wie z.B. Netzintegration großer Windstrommengen oder die Energiespeicherung. Zudem finden hier wichtige Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Gründung von Offshore-Windenergieanlagen statt.

Industrie

Die Industrie in der Region West weist durch etliche Zulieferunternehmen aus den Bereichen WEA-Antriebstechnik, Lager und Generatoren einen starken maschinenbauspezifischen Schwerpunkt auf. Zu den ansässigen Firmen zählen z.B. internationale Player aus dem Bereich Antriebstechnik wie Winergy, Eickhoff, Jahnel-Kestermann oder auch Bosch Rexroth.

Diese Industrieunternehmen verfügen neben eigenen Forschungsabteilungen auch über Kooperationen mit wichtigen NRW-Universitäten wie beispielsweise der RWTH Aachen oder der Ruhr-Universität Bochum.

Außeruniversitäre Forschung

Knapp 20 außeruniversitäre Forschungsstandorte wurden in der Region West ermittelt. Zu den größeren und bekannten Vertretern der außeruniversitären Forschung zählen beispielsweise das ISET in Kassel und die Institute des DLR, u.a. mit einem Standort in Göttingen. Die Forschungsschwerpunkte liegen vor allem im Bereich der energiewirtschaftlich-technischen Dienstleistungen (Kategorie II) sowie auf Begleitprojekten und -studien (Kategorie III). Neben dem Monitoring und der Anlagenüberwachung wird an diesen Standorten u.a. an folgenden windenergiespezifischen Themengebieten geforscht:

- Messtechnik,
- Potenzialermittlung und -erschließung sowie
- Leistungs- und Prognosemodelle.

3.5.1.3 Region Süd

Die Region Süd befindet sich im Grenzbereich von insgesamt fünf Bundesländern und erstreckt sich ausgehend vom Saarland über Teile von Rheinland-Pfalz, Südhessen, Baden-Württemberg und Bayern. Insgesamt liegen knapp 40 Standorte in dieser Region. Den Schwerpunkt bildet mit einem Anteil von knapp 50 Prozent die außeruniversitäre Forschung. Auf Hochschulen bzw. die Industrieforschung entfallen jeweils rd. 25 Prozent. Aufgrund der räumlich heterogenen Verteilung lassen sich im Unterschied zu den Regionen Nord und West keine zentralen Forschungscluster erkennen.

Auf der Basis der inhaltlichen Analyse und der Expertengespräche ergeben sich Forschungsschwerpunkte im Bereich der Komponententechnik und der Anlageneinbindung/Netzintegration.

Hochschulen

Insgesamt forschen in der Region Süd zehn Hochschulen im Bereich Windenergie. Zu den zentralen Hochschulen gehört dabei die Universität Stuttgart mit dem Stiftungslehrstuhl Windenergie.

Dieser geht aus historischer Sicht auf die Anfänge der Windenergieforschung an der Universität Stuttgart mit Schwerpunkten in den Bereichen Aerodynamik und Leichtbau am Institut für Flugzeugbau zurück.

Industrie

In der Region Süd wurden insgesamt zehn Unternehmensstandorte ermittelt, an denen im Rahmen der Erstellung des Windforschungskatasters Forschungsaktivitäten nachgewiesen werden konnten. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die Standorte der Hersteller von Lagern, Generatoren und Getrieben.

Außeruniversitäre Forschung

Forschungsaktivitäten im Bereich Windenergie ergeben sich nach der Recherche an knapp 20 außeruniversitären Lokalitäten. Dazu gehören z.B. verschiedene Standorte des DLR sowie der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Forschungsthemen liegen u.a. in Bereichen wie

- Anlageneinbindung,
- Grundstoff- und Materialforschung oder
- Messung und Messtechnik.

3.5.1.4 Region Ost

Die Region Ost erstreckt sich im Wesentlichen über Teile der Bundesländer Berlin, Brandenburg und Sachsen. Mit 21 Forschungsstandorten handelt es sich um die kleinste Schwerpunktregion. In Bezug auf die vertretenen Forschungskategorien bildet die außeruniversitäre Forschung mit einem Anteil von 67 Prozent den Hauptteil. Danach folgen Hochschulen mit 24 Prozent vor der nur schwach vertretenen Industrieforschung (rd. 10 Prozent). Geprägt wird die Region Ost in erster Linie durch ein kleines Cluster im Raum Berlin, dass jedoch nicht vergleichbar ist mit den Kernclustern der Regionen Nord und West.

Auf der Grundlage der inhaltlichen Analyse und der Expertengespräche lassen sich keine inhaltlichen Schwerpunkte erkennen, durch die eine Charakterisierung der Region Ost möglich ist.

Hochschulen

Insgesamt sind in der Region Ost fünf Hochschulen ansässig, die sich im weitesten Sinn mit der Windenergieforschung befassen. Dazu gehören die TU Berlin, die FH Berlin und die TU Dresden. Letztere hat wie einige der Hochschulen aus der Region West am Fachbereich Maschinenbau aus thematischer Sicht einen Forschungsschwerpunkt im Bereich der WEA-Antriebstechnik.

Industrie

Aktivitäten in der Kategorie der Industrieforschung können in der Region Ost für zwei Unternehmen nachgewiesen werden. Dabei handelt es sich um einen Berliner Rotorblatthersteller sowie einen in Dresden ansässigen Generatorhersteller. Zudem betreibt der WEA-Anbieter Suzlon in Berlin eine Forschungsabteilung, in der schwerpunktmäßig im Bereich der Anlageneinbindung/Netzintegration geforscht wird.

Außeruniversitäre Forschung

Die außeruniversitären Forschungsstandorte befinden sich v.a. in der Region Berlin sowie in Dresden. Erfasst werden dabei u.a. Standorte der Fraunhofer-Gesellschaft sowie der Bundesanstalt für Materialforschung. Ein Schwerpunkt in der Region Ost entfällt auf die Forschung im Bereich der Anlageneinbindung.

3.6 Exkurse Aktuelle Forschungstrends und gewerbliche Ausbildung

3.6.1 Exkurs: Ergebnisse der Evaluierung des 4. EFP Erneuerbare Energien, Bereich Windenergie und zukünftige Herausforderungen

Forschungsthemen, Förderschwerpunkte und Projektvolumen bis 2005

Da im Rahmen der vorliegenden Studie keine weitergehende Analyse der aktuellen Forschungstrends und -aktivitäten vorgenommen werden kann, wird zur Abschätzung der zukünftigen Herausforderungen hilfsweise auf die Ergebnisse der Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms, Teilbereich Windenergie, zurückgegriffen [1]. Dabei hat sich gezeigt, dass die im Betrachtungszeitraum 1996 bis 2005 geförderten Windenergie-Forschungsprojekte im Wesentlichen folgenden Kategorien zugeordnet werden können:

- Offshore-Planung (mit insgesamt fünf Nebenschwerpunkten, u.a. Ökologie, Plattformen und Testfeld, Raumplanung und Standortfragen)
- WEA-Technik,
- Elektrische Netze und
- WEA-Komponenten.

Über alle Vorhaben betrachtet wurde die Forschungsförderung Windenergie von zwei Haupt-Themenkomplexen bestimmt, nämlich der Forschung im Bereich der Offshore-Planung und der WEA-Technik (Abbildung 3.8).

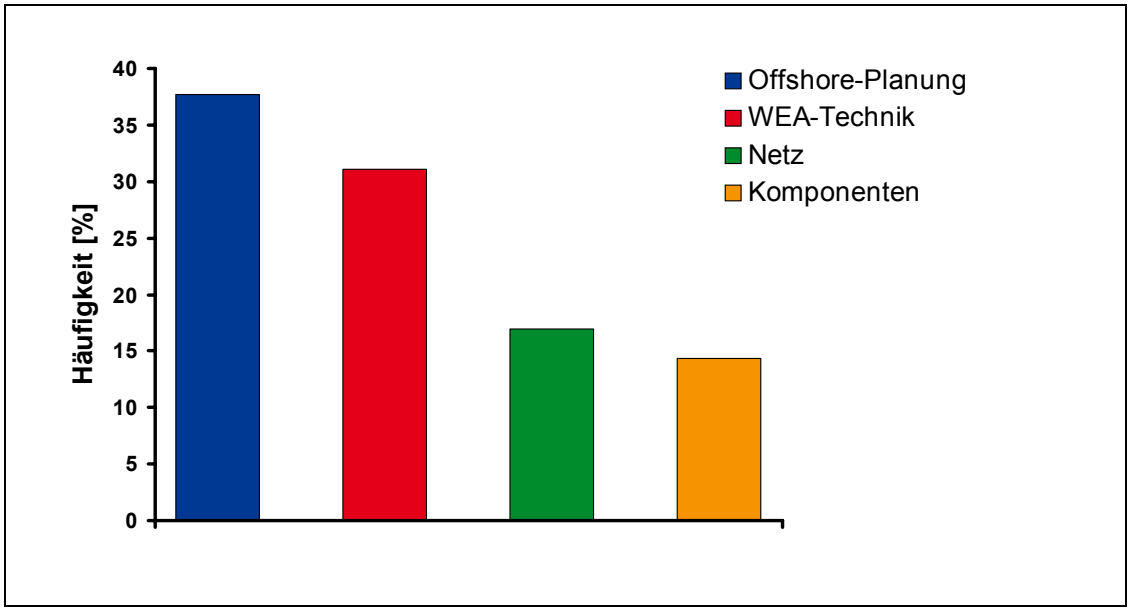


Abbildung 3.8: Thematische Struktur der Forschungsprojekte im Windenergiesektor (Quelle: IWR, 2007, Daten: Projektstatistik) [1]

Auf die Offshore-Planungs-Forschung entfielen etwa 38 Prozent der Forschungsvorhaben. Im Fokus stehen dabei ökologische, raumplanerische, meteorologi-

sche und ozeanographische Fragestellungen sowie die Wirkungen von Offshore-WEA auf die marine Umwelt. Allein auf den Bereich der Offshore-Ökologie entfielen etwa 20 Prozent der Vorhaben. Weitere 8 Prozent der Forschung im Bereich Offshore-Planung waren Projekten zuzuordnen, die den Aufbau und Betrieb der FINO-Offshore-Plattformen sowie ein Offshore-Testfeld betreffen. Weitere Themen der Offshore-Planungs-Forschung im 4. EFP waren u.a. Raumplanungs- und Standortaspekte bei Offshore-Windparks oder Projekte, die sich mit den umweltrelevanten Wirkungen befassen, die von bestehenden Offshore-WEA ausgehen. Auf den Bereich der WEA-Technik entfielen rd. 31 Prozent aller Vorhaben. Die Bandbreite erstreckte sich dabei von der Entwicklung kleiner Hybrid-WEA über Anlagen aus dem mittleren Leistungsbereich bis zu offshoretauglichen Groß-WEA der Multi-Megawatt-Klasse. Weitere Projekte im Bereich WEA-Technik befassten sich mit der Evaluation des 250 MW Programms Wind, dem Bau und der Gründung von Offshore-WEA etc.

Projekte, die sich mit Aspekten der elektrischen Netze befassen, waren mit rd. 17 Prozent vertreten. Themen dieser Projekte waren Windleistungsvorhersage, Standortprognose, Netzintegration großer (Offshore)-Windenergieleistungen etc. Einen weiteren Schwerpunkt der Forschungsförderung (rd. 14 Prozent) bildeten Projekte aus dem Bereich der Entwicklung/Weiterentwicklung von Komponenten (Getriebe, Rotorblätter, Blitzschutzeinrichtungen oder Regelungstechniken).

Die themenspezifische Analyse der Fördermittelverwendung hat gezeigt, dass mit rd. 40 Mio. € (rd. 51 Prozent) ein Großteil der bewilligten Forschungsgelder für die Offshore-Planungsforschung verwendet wurde. Weitere knapp 30 Mio. € (rd. 38 Prozent) entfallen auf den Bereich WEA-Technik. Die Segmente WEA-Komponentenentwicklung und Elektrisches Netz sind mit einem bewilligten Volumen von rd. fünf Mio. Euro bzw. drei Mio. Euro vertreten (Abbildung 3.9).

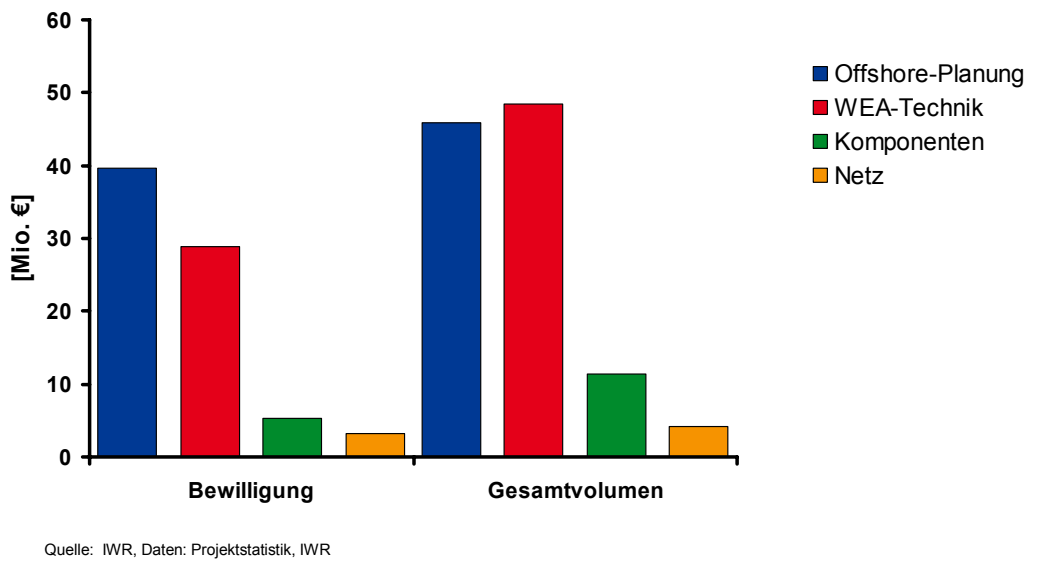


Abbildung 3.9: Thematische Zuordnung von bewilligtem Fördervolumen und Projektgesamtvolumen im Windenergiebereich
(Quelle: IWR, 2007, Daten: Projektstatistik) [1]

Zukünftige Herausforderungen für die Windenergieforschung

Im Rahmen der Evaluierung wurden bereits Empfehlungen für die weitere Forschungsförderung aufgeführt. Diese betrafen neben strukturellen Anpassungen des Förderprogramms auch Aspekte, die sich vor dem Hintergrund des angestrebten Ausbaus der Windenergienutzung ergeben, insbesondere im Zusammenhang mit der geplanten Offshore-Windenergie. In Verbindung mit den in [1] vorgeschlagenen Maßnahmen sind vor dem Hintergrund des Leitmottos „Energieerzeugung durch kraftwerksfähige Windparks u.a. folgende, nicht abschließend aufgeführte Themen und Herausforderungen relevant:

- Entwicklung von Windkraftanlagen mit Leistungen zwischen 5 und 10 MW
- Entwicklung von Komponenten und Gründungsstrukturen für große Windkraftanlagen
- Optimierung von Logistik und Serienproduktion
- Leistungskennlinien-Vermessung
- Offshore-Windenergienutzung
- Netzintegration von Windenergie
- Leistungsprognose
- Beherrschung dynamischer Lasten
- Speichertechnologie
- Windparksteuerung
- Entwicklung neuer Werkstoffe
- Windenergienutzung im komplexen Gelände

3.6.2 Exkurs: Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten auf dem Windenergiesektor in gewerblichen Berufen

Bereits zum Ende der 90er Jahre wurde in der Windenergiebranche ein Mangel an Fachkräften festgestellt. Aus dieser Situation heraus haben sich einige WEA-Hersteller sowie weitere Unternehmen der Windbranche zu einem Verein zusammengeschlossen, um dieser Problematik durch die Schaffung entsprechender Weiterbildungsangebote entgegenzuwirken. Das Bildungszentrum für Erneuerbare Energien (BZEE) e.V. in Husum besetzt seit dem Jahr 2000 diese Schnittstelle zwischen dem gewerblichen Ausbildungsbedarf der Windindustrie und den Angeboten der Weiterbildungsinstitutionen. Durch einen Fachbeirat werden regelmäßig die wachsenden und sich verändernden Anforderungen an die gewerblichen Berufszweige für einen Einsatz in der Windenergieindustrie erörtert und durch die operative Einheit des BZEE in den Weiterbildungsangeboten zeitnah umgesetzt.

Die Weiterbildungsmaßnahmen werden durch Institutionen, die mit dem BZEE kooperieren, an mehreren Standorten in Deutschland sowie zunehmend im europäischen, amerikanischen und asiatischen Ausland angeboten. Neben der einjährigen Fortbildung zum Servicetechniker werden zahlreiche spezialisierende Weiterbildungsmaßnahmen angeboten. Ein weiteres Element ist die Verbundausbildung zum Mechatroniker mit einer Zusatzqualifikation Windenergie. Die Weiterbildungsmaßnahme zur Produktionsfachkraft Windenergie ist aus dem Qualifikationsbedarf der jüngeren Vergangenheit erwachsen und trägt dem fortschreitenden Kapazitätsausbau der WEA-Hersteller Rechnung.

Neben dem BZEE sind in Deutschland und auch im Ausland keine vergleichbaren Institutionen und Organisationsformen für einen Austausch von Qualifikationsbedarf der Windindustrie und den Trägern der Weiterbildungsmaßnahmen bekannt. Der Aufbau von Kooperationen in Frankreich (zwei Einrichtungen), Kanada (fünf Einrichtungen), Italien (geplant) und China (geplant) verdeutlicht dieses Alleinstellungsmerkmal.

4 Windenergieforschung auf internationaler Ebene

4.1 Analyse ausgewählter Windenergie-Institute in verschiedenen Ländern

Im Fokus der internationalen Analyse stehen ausgewählte Länder, in denen vorrangig eigenständige, zentrale Forschungseinrichtungen vorhanden sind, die z.B. als Non-Profit-Unternehmen, Stiftungen oder staatliche Institutionen organisiert sind.

Detaillierte Untersuchungen auf Hochschul- und Institutsebene der jeweiligen Länder sind nicht Bestandteil der Analyse. Untersucht werden insgesamt neun Länder in Bezug auf die Ausstattung mit Windenergieforschungszentren sowie deren Forschungsaktivitäten.

Folgende Länder werden in die internationale Analyse einbezogen:

- Dänemark,
- Griechenland,
- Niederlande,
- Norwegen,
- Portugal,
- Spanien,
- USA,
- Schweden und
- Großbritannien.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Aktivitäten der zentralen Einrichtungen in den aufgeführten Ländern thematisch oft sehr breit aufgestellt sind. Sie decken neben der Windenergie zudem i.d.R. weitere Energieteilsparten ab, z.T. auch im Bereich konventioneller Energiequellen wie Öl, Gas, Kohle oder Kernenergie.

Darüber hinaus befassen sich einige Einrichtungen auch mit energiefremden Bereichen der Technologieforschung und -entwicklung. Zum Teil kooperieren die zentralen Forschungseinrichtungen bereits seit vielen Jahren mit den Forschungsabteilungen von Universitäten oder anderen Forschungseinrichtungen, wodurch Synergie-Effekte genutzt werden können.

Um einen Vergleich der in den folgenden Kapiteln dargestellten internationalen Zentralinstitute mit bestehenden deutschen Forschungseinrichtungen zu ermöglichen, werden stellvertretend ausgewählte Eckdaten des Instituts für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) dargestellt. Das ISET wurde 1988 gegründet und befasst sich seit diesem Zeitpunkt auch mit Aspekten der Windenergieforschung. Dazu gehörte u.a. die langjährige Durchführung des „Wissenschaftlichen Mess- und Evaluierungsprogramms (WMEP) im Rahmen des „100 MW- bzw. 250 MW-Programms Wind“ (Tabelle 4.1).

Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V. (ISET)	
Kategorie der Einrichtung	Forschungs-Institut
Gründungsjahr	1988
Organisationsform	eingetragener Verein, als An-Institut der Uni Kasel gegründet
Finanzbudget (2007)	Institut: 11,5 Mio. Euro davon 9 Mio. Euro Forschungsbudget (ohne durchlaufende Posten) Windenergiesparte: genaue Differenzierung nach Forschungsbereichen wegen Querschnittsaktivitäten nicht möglich ca. 50% (4,5 Mio. Euro)
Beginn der Windenergieforschung	seit Gründung 1988
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energie allgemein
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	*die Forschungsschwerpunkte des ISET im Bereich Windenergie liegen nach Institutsangaben derzeit auf folgenden Themengebieten: WEA-Regelungen, Monitoring, Leistungsprognosen, Offshore-Forschung, Meteorologie, Netzintegration und -management*
Mitarbeiter gesamt	ca. 150
Mitarbeiter Wind	75 (Überschneidungen mit anderen Bereichen gegeben, inkl. Studenten)

Tabelle 4.1: Basisdaten Institut für solare Energieversorgungstechnik e.V. (ISET)
(Quelle: IWR, 2008, Daten: ISET, Institutsangaben)

4.1.1 Allgemeiner Überblick und Institutskategorien

Insgesamt wurden in den o.g. Analyseländern acht Einrichtungen (davon 2 in Spanien) ermittelt, die den Charakter zentraler Einrichtungen im Bereich der Windenergieforschung aufweisen. Mit Schweden und Großbritannien verfügen zwei der betrachteten Länder derzeit über kein Zentrum, in dem die landesspezifischen Windenergieforschungsaktivitäten gebündelt werden (Tabelle 4.2).

Name	Land
Risø National Laboratory (Risø)/Technical University of Denmark (DTU)	Dänemark (DK)
CRES – Centre for Renewable Energy Sources	Griechenland (GR)
ECN – Energy research Centre of the Netherlands	Niederlande (NL)
SINTEF Group	Norwegen (NO)
INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação I.P.	Portugal (PT)
CIEMAT – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnólogicas	Spanien (ES)
CENER – Centro Nacional de Energías Renovables	Spanien (ES)
NREL – National Renewable Energy Laboratory	Vereinigte Staaten von Amerika (USA)
kein Zentralinstitut vorhanden	Schweden (SE)
kein Zentralinstitut vorhanden	Großbritannien (GB)

Tabelle 4.2: Überblick über Zentralinstitute in den Betrachtungsländern
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche)

Die landesspezifischen Großforschungseinrichtungen, die bereits in den 50er Jahren gegründet wurden, haben ihren ursprünglichen thematischen Schwerpunkt größtenteils in den Bereichen Technologie, fossile Energien oder der friedlichen Nutzung der Kernenergie (Tabelle 4.3). Eine Ausnahme bildet das amerikanische National Energy Research Laboratory – NREL, dessen Vorgängereinrichtung, das Solar Energy Research Institute, bereits Ende der 70er Jahre zur Forschung im Bereich regenerative Energien/Solarenergie eingerichtet wurde. Der Einstieg der Großforschungsinstitutionen in die Forschung im Bereich regenerative Energien bzw. Windenergie steht i.d.R. im Zusammenhang mit dem Ölpreisschock in den 70er Jahren. Durch den frühen Einstieg sind diese Einrichtungen parallel mit der Bedeutung der internationalen Windenergiemärkte gewachsen, so dass sie heute z.T. zu den international führenden Instituten auf dem Gebiet der Windenergieforschung gezählt werden können. Ausgehend von der Recherche und den im Rahmen der vorliegenden Studie geführten Expertengespräche gehören zu dieser Kategorie v.a. das Risø National Laboratory/DTU-

Institut (Dänemark) und das Energy research Centre of the Netherlands – ECN (Niederlande).

Name	Land	FuE-Ursprung	FuE-Bereiche Energie akt.	Gründung	Institutskategorie
Risø/DTU	DK	Kernenergie	EE, RE, Kernenergie etc.	1956	Großforschungs-einrichtung
CRES	GR	RE, EE	RE, EE	1987	Instituts-neugründung
ECN	NL	Kernenergie	RE, EE, Kernener-gie, Kohle etc.	1955	Großforschungs-einrichtung
SINTEF	NO	Technologie, Industrie	RE, EE, fossile Energien	1950	Großforschungs-einrichtung
INETI	PT	Technologie, Innovation	RE, EE	1982/1983	Großforschungs-einrichtung
CIEMAT	ES	Kernenergie	RE, EE, Kernener-gie etc.	1951	Großforschungs-einrichtung
CENER	ES	RE, EE	RE, EE	1999/2000	Instituts-neugründung
NREL	USA	Solarenergie, RE	RE, EE	1977	Großforschungs-einrichtung

Tabelle 4.3: Kategorisierung, energiespezifische Forschungsgebiete und Gründungsjahr ausgewählter Zentralinstitute im Bereich der Windenergieforschung (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Die Institutsneugründungen haben ihren Forschungs-Schwerpunkt dagegen i.d.R. im Segment regenerative Energien (RE) und Energieeffizienz (EE) (Tabelle 4.3). Die ersten Gründungen dieser Institute gehen auf den Zeitraum Ende der 80er Jahre zurück und sind auch eine Folge der Ölkrise bzw. der Diskussionen um die Sicherheit der Kernenergie. Mit dem spanischen Centro Nacional de Energías Renovables – CENER wurde in den untersuchten Ländern im Jahr 2000 das bislang letzte zentrale Spezial-Institut im Bereich EE/RE eingerichtet. Jüngere Gründungen, die faktisch der Installation eines neuen Zentralinstituts entsprechen, sind in den untersuchten Ländern nicht bekannt.

4.1.2 Überblick – Vergleich von Strukturen und Merkmalen ausgewählter Zentralinstitute

Name	Land	Organisationsform	Finanzierungsstruktur	Mitarb. gesamt	Mitarb. Wind
Risø/DTU	DK	Institut, seit 2007 der TU Dänemark (DTU) angegliedert	ca. 50 % Staat ca. 40 % Projekte (EU etc.) ca. 10 % Industrie	ca. 650	ca. 130 – 140
CRES	GR	Institut, staatlich, untersteht dem Entwicklungsministerium	ca. 6 – 9 % staatl. Sockel ca. 30 – 40 % Industrie ca. 50 – 60 % Projekte	ca. 160	ca. 20
ECN	NL	eigenständige Stiftung	ca. 40 – 50 % Staat, ca. 30 – 40 % nat./EU-Proj. 10 – 20 % Industrie (Service)	ca. 600	ca. 40
SINTEF	NO	nicht kommerzielle Unternehmensgesellschaft	ca. 50 % Unternehmen ca. 50 % Research Council Norway (staatlich) u. EU-Proj.	ca. 2.000	ca. 10 – 15
INETI	PT	Institut, staatlich, dem Wirtschaftsministerium zugeordnet	flexibel, ca. 65 % - 100 % durch Ministerium, Rest durch Industrie und Projekte (EU)	ca. 500	ca. 10 – 15
CIEMAT	ES	Institut, staatlich, dem Ausbildungs- und Wissenschaftsministerium zugeordnet	ca. 50 % Staat (Grundfinanzierung) ca. 20 % nat. Projekte ca. 30 % Industrie und Projekte (EU)	ca. 1.200	ca. 20
CENER	ES	Institut, staatlich /Regionalregierung	ca. 70 % Industrie etc. (gepl.) ca. 30 % Eigentümer	ca. 200	ca. 80
NREL	USA	staatlich, Einrichtung des DOE (Department of Energy)	ca. 90 % DOE ca. 10 % Industrie	ca. 1.300	ca. 70

Tabelle 4.4: Eckdaten ausgewählter Zentralinstitute im Bereich der Windenergieforschung (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Angestrebt war es im Rahmen der internationalen Analyse auch, die Umsätze und Budgets der einzelnen Einrichtungen zu erfassen. Da die einzelnen Großeinrichtungen Angaben zur Finanzsituation nicht einheitlich ausweisen und die Daten teilweise nicht bis auf die Abteilungs- bzw. Organisationsebene Windenergie herunter gebrochen werden können, sind die finanzspezifischen Angaben nur

nachrichtlich für die einzelnen Einrichtungen angegeben.[2] Nachfolgend wird ein Überblick über wichtige Eckdaten der ermittelten Zentralinstitute in den ausgewählten Ländern gegeben (Tabelle 4.4).

Organisations- und Unternehmensform

Hinsichtlich der Organisationsform zeigt sich, dass einige Einrichtungen als Institute direkt einer staatlichen Administration (Ministerium, Regionalverwaltung) unterstehen bzw. nachgeordnet sind. Dies gilt v.a. für Institute aus südeuropäischen Ländern wie z.B. CIEMAT (Spanien), CRES (Griechenland) oder INETI (Portugal). In anderen Fällen sind die Institute einer Universität angeschlossen (Risø, Dänemark) oder stellen in ihrer Rechtsform ein nicht gewinnorientiertes Unternehmen (SINTEF Group, Norwegen) bzw. eine eigenständige Stiftung (ECN, Niederlande) dar.

Finanzierung und Budget

Die Finanzausstattung der einzelnen Institute ist unterschiedlich. Nach den vorliegenden Informationen kann davon ausgegangen werden, dass der staatliche Anteil am Jahresbudget der Institute im Mittel ca. 50 Prozent beträgt. Der nichtstaatliche Anteil wird über Projekte mit privaten und öffentlichen Auftraggebern sowie aus EU-Projekten ergänzt.

Den niedrigsten staatlichen Sockel erhält nach eigenen Angaben mit etwa 6 – 9 Prozent das griechische Institut CRES; hinzu kommen allerdings weitere staatliche Mittel, die im Rahmen von EU-Projekten gezahlt werden. Hier kann der griechische Staat nach CRES-Angaben zur Vollfinanzierung beitragen, indem die Finanzierung von Kosten übernommen wird, die nicht über die EU-Projekte abgedeckt sind.

Die höchste staatliche Unterstützung wird mit 90 Prozent für NREL (USA) sowie mit bis zu 100 Prozent für INETI (Portugal) ermittelt.

Mitarbeiterzahl

Während sich die Gesamtmitarbeiterzahl der landesspezifischen Großforschungseinrichtungen in einer Größenordnung von bis zu 2.000 Beschäftigten bewegen kann, liegt die Mitarbeiterzahl im Bereich Windenergie bei den Großforschungseinrichtungen und auch bei den Institutsneugründungen mit einer Ausnahme bei unter 100. Die Bandbreite im Windsektor reicht von 10 – 15 Beschäftigten (z.B. INETI, Portugal) bis zu 130 – 140 Beschäftigten (Risø/DTU, Dänemark). Im Schnitt liegt die Mitarbeiterzahl der Forschungsinstitute im Segment Windenergie bei etwa 50. Für die Angaben zur Beschäftigung im Segment Wind-

[2] *Zum Teil weisen die Institute ihr Einkommen, den Umsatz oder ein Jahresbudget aus. Aufgrund der unterschiedlichen Institutskategorien und Bilanzierungsmethoden konnte dieser Aspekt nicht einheitlich ausgewertet werden.*

energie ist zu berücksichtigen, dass seitens der Institute z.T. angemerkt wurde, dass eine eindeutige sektorale Zuordnung aufgrund thematischer Überschneidungsbereiche nicht immer möglich ist. Es handelt sich daher teilweise um Schätzangaben der Institute.

Technische Einrichtungen

Ein mögliches Kriterium für das Maß der Bedeutung der ermittelten Zentralinstitute ist deren Ausstattung mit technischen Einrichtungen zur Durchführung von Anlagen- und Komponententests bzw. zur Entwicklung neuer Materialien. Die Erfassung der nachfolgend aufgeführten technischen Einrichtungen der einzelnen Institute erfolgte auf der Grundlage von Internetrecherchen sowie der mit Institutsvertretern geführten Interviews (Tabelle 4.5).

Dabei zeigt sich, dass die wichtigen großen Institute wie Risø/DTU oder ECN nur zum Teil über eigene Einrichtungen verfügen, über die gute Vernetzung auf Universitätsebene bzw. mit weiteren Institutionen aber der Zugang zu weiteren technischen Einrichtungen möglich ist.

Darüber hinaus ist teilweise der Trend zu erkennen, dass Testanlagen nicht mehr nur von einem Institut betrieben werden, sondern dass ein gemeinsamer Betrieb durch mehrere Partner erfolgt.

Name	Wind-kanal	Rotorblatt-Teststand	Prüfstand (Antriebsstrang)	Wind-Testfeld	elektrot. Labore	Material-Prüfstand	sonstige Einrichtungen
Risø/DTU		Beteiligung		vorhanden			Syslab
CRES		vorhanden		vorhanden			Messnetz rd. 100 Stationen, WEA-Teststand
ECN				vorhanden			Mini-Windpark
SINTEF				Beteiligung	vorhanden	vorhanden	marine Testeinr.
INETI	vorhanden						
CIEMAT		vorhanden	vorhanden	vorhanden			
CENER	im Bau	vorhanden	vorhanden	im Bau		vorhanden	
NREL		vorhanden	vorhanden	vorhanden			Hybridtestanlage

Tabelle 4.5: Bestand an Test- und Messeinrichtungen der ausgewählten internationalen Zentralinstitute (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Patentaktivitäten der Institute

Die internationale Patentrecherche auf der Grundlage der Institutsnamen (inkl. Namenserweiterungen) zeigt in Summe, dass die Patentaktivitäten im Bereich Windenergie relativ schwach ausgeprägt sind (Tabelle 4.6).[3]

Mit Ausnahme des neuen spanischen Instituts CENER konnten zwar für alle der ermittelten Institute grundsätzlich Patentaktivitäten ermittelt werden. Anmeldungen von Patentfamilien im Bereich Windenergie liegen jedoch nur bei drei Instituten vor. Mit zehn angemeldeten Patentfamilien liegt das dänische Risø/DTU-Institut dabei vor der niederländischen Einrichtung ECN (sieben angemeldete Patentfamilien) und NREL (sechs Anmeldungen).

Nach dem IWR-Analyseraster erfolgen die meisten Patentanmeldungen in Kategorie I, und zwar im WEA-Komponentenbereich. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Patenten im Segment Rotorblätter. Ein weiterer Schwerpunkt der Patentanmeldungen betrifft Mess- und Kontrolltechniken, die im Zusammenhang mit der Park- oder Anlagenüberwachung stehen.

Name	Land	Patentfamilien gesamt	Patentfamilien Windenergie
Risø/DTU	DK	91	10
CRES	GR	39	0
ECN	NL	112	7
SINTEF	NO	84	0
INETI	PT	34	0
CIEMAT	ES	23	0
CENER	ES	0	0
NREL	USA	30	6

Tabelle 4.6: Allgemeine bzw. windenergiespezifische Patentaktivitäten der internationalen Zentralinstitute (Quelle: IWR, 2008, Daten: Patentrecherche)

[3] *In Bezug auf dieses Ergebnis ist nochmal darauf zu verweisen, dass die Patentrecherche auf der Grundlage der Institutsbezeichnungen durchgeführt werden musste, da personenbezogene Recherchen aufgrund des namentlich nicht bekannten Institutspersonals nicht möglich waren.*

4.1.3 Dänemark

Risø National Laboratory (Risø) – Technical University of Denmark (DTU)	
Kategorie der Einrichtung	landesspezifische Großforschungseinrichtung
Gründungsjahr	1956 Gründung des Gesamtinstitutes
Organisationsform	Institut, seit 2007 gehört das Risø-Institut zur Technischen Universität Dänemark, seitdem Risø/DTU
Finanzierungsstruktur	ca. 50 % Staat ca. 40 % Projekte (EU etc.) ca. 10 % Industrie
Finanzbudget	**Institut gesamt:** Einkünfte 2006 rd. 70 Mio. Euro (523 Mio. DKK), davon stammen etwa 50 % aus staatlicher Quelle **nur Windenergie:** 2006 rd. 13 Mio. Euro (100 Mio. DKK)
thematischer Ursprung	Kernenergie
Beginn der Windenergieforschung	etwa Mitte der 70er Jahre
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energieeffizienz, Kernenergie etc.
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	breites Forschungsspektrum in den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)* *aktuell liegen die Forschungsschwerpunkte von Risø/DTU nach Angaben des Instituts in den Bereichen Integration großer Windstrommengen in das Netz und Forschung/Koordination im Rahmen des UpWind-Projektes*
Mitarbeiter gesamt	ca. 650
Mitarbeiter Wind	ca. 130 – 140 davon ca. 70 Wissenschaftler und 70 Techniker bzw. Büroangestellte
Technische Einrichtungen	=> Testfeld für Multi-MW-Maschinen in Høvsøre (bis 4,5 MW) => Beteiligung am Blade Test Center in Viborg => Syslab = Systemlabor, in dem der Einsatz von lokalen Netzen erforscht/getestet werden soll
Patente (Basis Patentrecherche)	**Institut gesamt:** rd. 90 Patentfamilien **nur Windenergie:** 10 Patentfamilien
Veröffentlichungen	**Institut gesamt:** rd. 670 Veröffentlichungen im Jahr 2006 **nur Windenergie 2006:** rd. 130 Veröffentlichungen im Jahr 2006

Tabelle 4.7: Basisdaten zum Risø-Institut (Dänemark) (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Im dänischen Roskilde ist mit dem Risø National Laboratory/DTU eine der wichtigsten zentralen europäischen Großforschungseinrichtungen des Windenergiesektors ansässig (Tabelle 4.7). Das Risø-Institut wurde 1956 gegründet und hatte seinen ursprünglichen Kernbereich in der Erforschung der friedlichen Nutzung der Kernenergie. Der Startschuss für die Forschung im Windenergiesektor fiel bereits in den 70er Jahren und steht im Zusammenhang mit den Ölkrisen. In den Folgejahren ist die Bedeutung der Windenergieforschung mit der expandierenden dänischen Windindustrie kontinuierlich gewachsen. Risø/DTU verfügt über eine eigene Windenergieforschungsabteilung. Zusätzlich findet Windforschung auch in den eigenständigen Risø-Abteilungen für Materialforschung und Systemanalyse statt. Als first mover hat sich die Risø-Windenergiesparte nicht nur in Dänemark, sondern auch auf internationaler Ebene in einer zentralen Stellung positionieren können.

Das Risø-Institut unterstand bis Ende 2006 dem dänischen Wissenschafts- und Innovations-Ministerium. Im Zuge der Umstrukturierung und Stärkung der dänischen Hochschulstandorte sowie Zusammenführung von staatlichen Forschungseinrichtungen wurde das Risø-Institut an der Technischen Universität Dänemark (DTU) angesiedelt. Seitdem agiert das Institut unter der Doppelbezeichnung Risø/DTU. Neben der Forschung in den Bereichen regenerative Energietechniken und Energieeffizienz befasst sich Risø/DTU u.a. mit Forschungen im Segment Gesundheit.

Die Finanzierung von Risø/DTU erfolgt zu etwa 50 Prozent aus staatlichen Mitteln. Rund 40 Prozent der Mittel stammen aus Projekten (u.a. EU-Projekte), 10 Prozent werden über Aufträge aus der Industrie abgedeckt. Bezogen auf die Windenergiesparte stellt sich die aktuelle Mittelverteilung nach Angaben des Instituts mit leichten Unterschieden zum Gesamtinstitut dar. Demnach ist der Industrieanteil etwas höher, da über die technischen Testeinrichtungen (Windtestfeld, Syslab, Rotorblattprüfstand) durch Auftragsarbeiten finanzielle Mittel akquiriert werden. Für die Zukunft ist nach Angaben von Institutsvertretern davon auszugehen, dass der Anteil der Basisfinanzierung rückläufig ist und die projektgebundene Finanzierungskomponente zunimmt.

Im Jahr 2006 belief sich das finanzielle Gesamtbudget (Einkünfte) von Risø auf etwa 70 Mio. Euro (523 Mio. DKK). Davon entfallen etwa 13 Mio. Euro (rd. 100 Mio. DKK) auf die Windenergiesparte.

Die Windenergieforschung zeichnet sich durch ein breites inhaltliches Spektrum aus. Forschungsaktivitäten konnten auf der Grundlage der vorliegenden Rechercheinformationen vor allem für die Kategorien I und II des IWR-Analyserasters ermittelt werden. Im Bereich von Kategorie I (Komplettanlagen, Komponenten und Produktion) des Analyserasters umfassen die Forschungsaktivitäten z.B.

- Entwicklung und Design von Multimegawattanlagen für On- und Offshore-Standorte,
- Simulation von Windlasten und ihre Auswirkungen auf die Anlage bzw. Komponenten,
- Entwicklung von neuen Rotorblattformen etc.

In Kategorie II des Analyserasters (energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen und Hardware) decken die Forschungsarbeiten u.a. die folgenden Bereiche ab:

- Netzanbindung/-integration,
- Entwicklung von Modellen und Software für die Auswertung von windmeteorologischen Daten,
- Durchführung von meteorologischen Messungen oder
- Verfahren zur Abschätzung von Windpotenzialen.

Den eigenen Forschungsschwerpunkt sieht das Institut derzeit in Forschungen zur Netzintegration großer Windstrommengen sowie in der Beteiligung am EU-Großforschungsvorhaben UpWind.

Ergänzt werden die Forschungsaktivitäten und Kapazitäten durch eine enge Kooperation mit weiteren Forschungseinrichtungen wie z.B. der Technischen Universität Dänemark (DTU), der Universität Aalborg oder dem DHI Water & Environment, einer unabhängigen Forschungs- und Beratungsorganisation. Bedingt durch den frühen Einstieg in die Windenergieforschung und die gute Vernetzung auf internationaler Ebene war bzw. ist Risø/DTU oft in europäische Großforschungsprojekte im Windenergiesektor eingebunden, z.T. in zentraler Position. So obliegt dem Risø/DTU beispielsweise die Projektkoordination im Rahmen des UpWind-Projektes, dem bislang größten EU-Forschungsvorhaben im Windenergiesektor, bei dem es um die Neu- bzw. Weiterentwicklung von WEA und deren Komponenten als Voraussetzung für ein Upscaling der Anlagen auf Leistungen von bis zu 10 MW geht. Aufgrund der inhaltlichen Arbeit und der hohen Bedeutung auf internationaler Ebene gehört das Risø/DTU-Institut aus Sicht der im Rahmen der Peer Review befragten Experten zu den führenden Forschungseinrichtungen im Windenergiesektor.

Die Gesamtmitarbeiterzahl des Instituts liegt nach Risø/DTU-Angaben bei etwa 650 Beschäftigten. Mit rd. 130 – 140 Mitarbeitern entfallen davon etwa 20 Prozent auf den Bereich Windenergie. Gut die Hälfte der Beschäftigten im Windenergiesektor sind Wissenschaftler, die andere Hälfte Techniker.

Bei technischen Einrichtungen zur Neu- und Weiterentwicklung der Anlagentechnik verfügt das Risø-Institut nach eigenen Angaben über wichtige Einrichtungen bzw. ist daran beteiligt. Risø/DTU betreibt in Høvsøre in Westjütland ein Windtestfeld, auf dem speziell Großanlagen der Multi-Megawatt-Klasse getestet werden können. Darüber hinaus ist das Institut zusammen mit Force Technology und Det Norske Veritas AS an dem Rotorblatt-Testzentrum „Blade-Test-Centre A/S“ beteiligt. Ziel der beteiligten Partner ist es, das Testzentrum zur weltweit führenden Einrichtung für Rotorblatt-Tests aufzubauen. Des Weiteren gibt es das sogenannte Syslab. Dabei handelt es sich um eine Einrichtung, in dem der Einsatz von lokalen Netzen mit sich selbst verwaltenden Komponenten als Alternative zu großen zentralen Stromnetzen erforscht/getestet werden soll.

Verglichen mit den anderen internationalen Instituten gehört Risø/DTU zu den Einrichtungen mit den stärksten Aktivitäten im Bereich der Patentanmeldungen. Insgesamt wurden über die Patentrecherche rd. 90 Patentfamilien für die Ge-

samteinrichtung ermittelt, speziell auf das Segment Windenergie entfallen 10 Patentfamilien. Der Fokus der Patentanmeldungen betrifft den WEA-Komponentenbereich. Der Großteil entfällt auf die Kategorien Rotorblatt bzw. Entwicklung von Kontrolltechniken für den WEA-Betrieb. Weitere Anmeldungen sind z.B. bei Bremsen, in der Grundstoff- und Materialforschung (Faserverbundkunststoffe) sowie bei Komplettanlagen erfolgt.

Vergleichsweise hohe Aktivitäten sind bei Risø/DTU auch bei Publikationen zu verzeichnen. Mit rd. 130 Veröffentlichungen zur Windenergie im Jahr 2006 liegt Risø/DTU im Ranking deutlich vor den Zentralinstituten anderer Länder.

4.1.4 Griechenland

CRES – Centre for Renewable Energy Sources	
Kategorie der Einrichtung	Institutsneugründung
Gründungsjahr	1987
Organisationsform	Institut, staatliche Einrichtung, die dem griechischen Entwicklungs-ministerium untersteht
Finanzierungsstruktur	ca. 6 – 9 % staatlicher Sockel ca. 30 – 40 % Industrie ca. 50 – 60 % Projekte, wobei der griechische Staat bei EU-Projekten mit einer Förderquote unter 100 % durch eigene Beiträge die Vollfinanzierung sicherstellen kann
Finanzbudget	**Institut gesamt:** *keine Angaben vorhanden* **nur Windenergie:** *rd. 1,5 bis 2 Mio. Euro pro Jahr*
Thematischer Ursprung	Regenerative Energien/Energieeffizienz
Beginn der Windenergie-forschung	etwa 1987
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energieeffizienz
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	Forschungsaktivitäten in den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)* *CRES sieht eigene Forschungsschwerpunkte im Bereich WEA-Anlagentechnik (maschinenbauspezifischer Teil) sowie auf dem Gebiet der Windmeteorologie*
Mitarbeiter gesamt	ca. 160
Mitarbeiter Wind	ca. 20 davon ca. 15 Wissenschaftler und 5 Techniker
Technische Einrichtungen	=> Rotorblatt-Teststand (Rotorblattlänge maximal 20 m) => Windtestfeld/Demonstrationswindpark vorhanden => WEA-Teststand => Betrieb eines Windmessnetzes mit mehr als 100 Stationen
Patente (Basis Patentrecherche)	**Institut gesamt:** rd. 39 Patentfamilien **nur Windenergie:** keine Anmeldungen
Veröffentlichungen	**Institut gesamt:** *keine Angaben vorhanden* **nur Windenergie:** rd. 15 Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Journalen sowie Konferenz-Dokumente (2007)

Tabelle 4.8: Basisdaten zum CRES-Institut (Griechenland) (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Beim griechischen CRES-Institut handelt es sich um eine Einrichtung aus der Kategorie der Institutsneugründungen, die thematisch überwiegend bereits auf die Bereiche Regenerative Energien und Energieeffizienz ausgerichtet sind. Die Gründung von CRES erfolgte im Jahr 1987. Seitdem wird nach Institutsangaben auch im Bereich Windenergie geforscht (Tabelle 4.8).

CRES ist eine staatliche Einrichtung und untersteht dem griechischen Entwicklungsministerium. Neben der Forschung ist CRES auch für die Beratung des Ministeriums sowie die Ausbildung zuständig.

Die Finanzierungsstruktur zeichnet sich dadurch aus, dass das Institut seitens des Staates zunächst einen relativ niedrigen Sockelbetrag von 6 bis 9 Prozent der Kosten erhält; 30 bis 40 Prozent der Mittel entfallen auf Aufträge aus dem privaten Sektor (Hersteller, Investoren und Projektentwickler). Rund 50 – 60 Prozent der Mittel stammen aus öffentlichen Projekten (darunter EU-Projekte). Seitens des Institutsdirektoriums wurde diesbezüglich angegeben, dass bei EU-Projekten eine staatliche Zusatzfinanzierung erfolgen kann, wenn die Projektkosten nicht zu 100 Prozent gedeckt werden.

Die Forschungsaktivitäten am CRES-Institut erstrecken sich überwiegend auf die Kategorien I und II des IWR-Analyserasters. Der Schwerpunkt in Kategorie I (Komplettanlagen, Komponenten und Produktion) liegt dabei nach Angaben des Instituts auf dem maschinenbautechnischen Part. In Kategorie II (energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen und Hardware) fokussiert sich die Forschung auf Fragestellungen im Bereich Windpotenziale und meteorologische Aspekte. Dabei geht es z.B. um

- die Untersuchung und Entwicklung von Turbulenzmodellen in der Grenzschicht oder
- die Modellierung der Windverhältnisse in komplexem Gelände.

Insgesamt sind bei CRES nach Angaben des Instituts rund 160 Mitarbeiter beschäftigt. Etwa 20 Beschäftigte entfallen davon speziell auf die Windenergiesparte, davon sind rd. 15 Wissenschaftler und fünf Techniker.

An technischen Testeinrichtungen verfügt CRES über einen speziellen WEA-Teststand, das sog. „Laboratory for wind turbine testing“. In diesem Testlabor können verschiedene Vermessungen durchgeführt werden (Leistungskurven, Stromqualitäts-, Last- und Schallemissionsmessungen). In Lavrion im Südosten der Region Attika gibt es einen 3 MW-Demonstrations-Windpark mit fünf WEA zur Erforschung des Anlagenbetriebs in komplexem Gelände.

Des Weiteren hat CRES einen Rotorblatt-Teststand, der allerdings nur für eine Rotorblattlänge bis 20 m geeignet ist. Zur Erhebung von meteorologischen Grundlagendaten für Windpotenzialuntersuchungen, insbesondere auch in komplexem Gelände, besteht bei CRES zudem ein umfangreiches Netz von mehr als 100 Messmasten.

Die Patentrecherche liefert für CRES insgesamt 39 angemeldete Patentfamilien, davon entfällt jedoch keine auf den Bereich Windenergie.

4.1.5 Niederlande

ECN – Energy research Centre of the Netherlands	
Kategorie der Einrichtung	landesspezifische Großforschungseinrichtung
Gründungsjahr	1955
Organisationsform	eigenständige Stiftung
Finanzierungsstruktur	ca. 40 – 50 % staatliche Mittel (Basisfinanzierung) ca. 30 – 40 % nationale/EU-Projekte ca. 10 – 20 % Industrie (Service)
Finanzbudget	**Institut gesamt:** *Einnahmen 2006: rd. 120 Mio. Euro, davon etwa 45 Mio. Euro durch den Staat (rd. 37 %)* **nur Windenergie:** 2007 rd. 7 Mio. Euro
thematischer Ursprung	Kernenergie
Beginn der Windenergie-forschung	etwa Mitte der 70er Jahre
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energieeffizienz, Kernenergie, Kohle etc.
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	breites Forschungsspektrum in den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)* *ECN sieht eigene Forschungsschwerpunkte derzeit bei der Offshore-Windenergie (Kernthemen sind: Rotorblätter, Strömungsphysik im Windparkverbund, WEA-Kontrolle und Instandhaltung etc.)*
Mitarbeiter gesamt	ca. 600
Mitarbeiter Wind	ca. 40 davon 35 Wissenschaftler und etwa 5 Techniker
Technische Einrichtungen	=> Windtestfeld => Mini-Windpark, in dem WEA mit geringerem Rotordurchmesser als Modell betrieben werden (Erforschung des Betriebsverhaltens von WEA im Parkverbund)
Patente (Basis Patentrecherche)	**Institut gesamt:** rd. 112 Patentfamilien **nur Windenergie:** 7 Patentfamilien
Veröffentlichungen	**Institut gesamt:** rd. 150 Veröffentlichungen in 2006 **nur Windenergie:** rd. 15 Veröffentlichungen in 2006
Sonstiges	der ECN-Mitarbeiter Hermann Snel hat auf der EWEC 2007 den „Academy of Wind Energy's Outstanding Scientific Award" erhalten

Tabelle 4.9: Basisdaten zu ECN – Energy research Centre of the Netherlands
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Das niederländische Forschungsinstitut ECN – Energy research Centre of the Netherlands ist im Norden des Landes ansässig. ECN ist im Energiesektor das größte niederländische Forschungsinstitut und zählt aus Sicht der befragten Peer Review-Experten wie das dänische Risø/DTU-Institut zu den international führenden Instituten im Bereich der Windenergieforschung. ECN gehört zur Kategorie der zentralen europäischen Großforschungseinrichtungen (Tabelle 4.9).

Die Gründung von ECN geht auf das Jahr 1955 zurück. Zunächst agierte das Institut unter dem Namen Reactor Centrum Nederland (RCN). Wie bei anderen landesspezifischen Großforschungseinrichtungen auch, bildete bei RCN/ECN ursprünglich die friedliche Nutzung der Kernenergie den Forschungsschwerpunkt. Der Einstieg in die Windenergieforschung erfolgte im Zuge der Ölkrise und beginnender Diskussionen um die Sicherheit von Kernkraftwerken bzw. die Endlagerung des radioaktiven Abfalls Mitte der 70er Jahre. In diesem Zug erfolgte auch die Umbenennung von RCN in ECN – Energy research Centre of the Netherlands. 1981 wurde am ECN die HAT 25-Test-WEA errichtet. Lange Zeit galt diese Anlage nach Institutsangaben als weltweit führende Testanlage.[4] Die Anlage wurde Ende der 90er Jahre außer Betrieb genommen.

Bei ECN handelt es sich um eine eigenständige Stiftung. Etwa 50 Prozent der jährlichen Mittel stammen vom Staat, weitere 30 bis 40 Prozent werden über nationale oder EU-Projekte akquiriert. Die restlichen 10 bis 20 Prozent werden über Projekte eingenommen, die für die Industrie durchgeführt werden. Im Jahr 2006 beliefen sich die Gesamteinnahmen von ECN (Forschung und Umsätze angegliederte Unternehmen) auf etwa 122 Mio. Euro. Auf die Windenergiesparte entfiel 2007 ein Budget von etwa 7 Mio. Euro.

ECN weist bezogen auf das IWR-Analyseraster ein breites Forschungsspektrum insbesondere in den Kategorien I und II auf. Forschungsschwerpunkte in Kategorie I liegen u.a. in:

- aeroelastischen und aerodynamischen Untersuchungen, um WEA und ihre Komponenten zu optimieren bzw. auszulegen,
- der Entwicklung von neuen Messmethoden und Techniken, z.B. für das Rotorblattmonitoring oder zur Ertragsabschätzung einzelner WEA in großen Windparks,
- der Forschung im Bereich Condition Monitoring,
- der Entwicklung von WEA-Kontrollmethoden und -techniken etc.

In der Kategorie II – energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen und Hardware – befassen sich die ECN-Forscher u.a. mit Themen wie Netzintegration, Messungen und technische Anlagenüberwachung, Betriebssicherheit oder der Entwicklung und der Erprobung eines Mess- und Monitoring-Systems zur Erfassung des Vogelschlags (WT-Bird®).

[4] *HAT = horizontal axis turbine*

Aus Sicht des Institutes liegen die aktuellen Forschungsschwerpunkte bei der Offshore-Windenergie. Kernthemen dabei sind Rotorblätter, Strömungsphysik im Windparkverbund, WEA-Kontrolle und Instandhaltung.

ECN verfügt als eine der international führenden Großforschungseinrichtungen über eine umfangreiche Ausstattung mit Testeinrichtungen. So hat ECN beispielsweise einen Windpark mit kleineren Anlagen und umfangreichen Messapparaturen errichtet. An diesen Anlagen können nach Institutsangaben komplexe Messungen durchgeführt werden. ECN möchte auf diese Weise u.a. genauere Erkenntnisse über das Betriebsverhalten auch in Bezug auf die Wechselwirkungen der Anlagen untereinander sowie aerodynamische Aspekte gewinnen. Der Standort dieser Testeinrichtung befindet sich in Wieringermeer, ca. 40 km östlich des ECN-Standortes. Die offizielle Inbetriebnahme ist für das Frühjahr 2008 vorgesehen (Stand: Januar 2008).

Neben dem „Mini-Windpark“ verfügt ECN in Wieringermeer auch über ein Windtestfeld (ECN Wind Turbine test site Wieringermeer – EWTW), in dem vier Plätze mit einer aufwendigen Messinfrastruktur an WEA-Hersteller vermietet werden.

Insgesamt sind bei ECN rd. 600 Mitarbeiter beschäftigt. Auf den Bereich Windenergie entfallen etwa 40 Beschäftigte, darunter befinden sich rund 35 Wissenschaftler und fünf Techniker.

Bei den Patentaktivitäten liegt ECN nach den Ergebnissen der Patentrecherche hinter dem Risø-Institut im Bereich Windenergie an zweiter Stelle. Insgesamt wurden sieben Patentfamilien ermittelt, die von ECN im Windenergiesektor angemeldet wurden. Die Patentanmeldungen fokussieren sich auch bei ECN auf die Kategorie der WEA-Komponenten. Dabei liegen die Schwerpunkte auf Rotorblättern sowie Mess- und Kontrolltechniken. Weitere Patente wurden im Bereich Generatoren sowie im Zusammenhang mit der optimierten Planung der Aufstellungskonfiguration von Windenergieanlagen im Parkverbund angemeldet. Auf die Gesamteinrichtung ECN entfallen rd. 110 angemeldete Patentfamilien.

Im Bereich Publikationen wurden für ECN auf der Basis von Angaben auf der ECN-Internetseite insgesamt rd. 150 Veröffentlichungen für 2006 ermittelt, davon entfallen 15 auf den Windenergiesektor.

Die niederländische Windenergie-Forschung ist im internationalen Vergleich sehr gut positioniert. Zurückzuführen ist dies neben der frühen Fokussierung auf den Windenergiesektor auch auf eine enge Kooperation, die zwischen der eher auf angewandte Forschung ausgerichteten ECN-Forschung und der Hochschulforschung an der Technischen Universität Delft seit vielen Jahren besteht.[5]

An der TU Delft beschäftigen sich in der Duwind-Abteilung etwa 30 bis 40 Personen in Vollzeit mit der Forschung im Bereich Windenergie und ergänzen damit die Forschungsaktivitäten bei ECN (Tabelle 4.10). Bei Duwind handelt es sich um eine fakultätsübergreifende Forschungseinrichtung. Insgesamt sind fünf Fakultäten an Duwind beteiligt. Der Schwerpunkt der 1999 gegründeten Einrichtung liegt

[5] *Die Keimzelle der Windenergieforschung an der TU Delft geht auf ein Projekt zurück, das vor mehr als 25 Jahren im Fachbereich Luft- und Raumfahrt durchgeführt wurde.*

auf der Erforschung von Komplettanlagen und Komponenten. Darüber hinaus bietet Duwind auch Ausbildungsangebote für Studenten und Ingenieure an. Aufgrund der engen Kooperation mit ECN ergeben sich bei der Forschung hohe Synergie-Effekte.

Hinzu kommt eine enge Zusammenarbeit zwischen ECN und dem Knowledge Centre WMC, einer aus der TU Delft hervorgegangenen Testeinrichtung für WEA, Materialforschung und Anlagenkonstruktion, die gemeinsam von ECN und der TU Delft gegründet wurde. WMC verfügt u.a. über umfangreiche Testeinrichtungen für Rotorblätter sowie zur Materialforschung.

TU Delft/Duwind – The Delft University Wind Energy Research Institute	
Kategorie der Einrichtung	Hochschulinstitut
Gründungsjahr	1999
Organisationsform	Institut, fakultätsübergreifende Hochschul-Forschungseinrichtung
beteiligte Fakultäten	- Fakultät für Luft- und Raumfahrt - Fakultät für Elektrotechnik, Mathematik und Informatik - Fakultät für Maschinenbau und Werkstofftechnik - Fakultät für Bauingenieurwesen und Geowissenschaften - Fakultät für Technologie, Politik und Management
thematischer Ursprung	Windenergie
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Windenergie
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	Forschungsschwerpunkt Kategorie I des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)*
Mitarbeiter Wind	ca. 30 bis 40
Technische Einrichtungen	=> Windtunnel, Laboreinrichtungen

Tabelle 4.10: Basisdaten zur TU Delft/Duwind – The Delft University Wind Energy Research Institute (Niederlande) (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Bemerkenswert an der niederländischen Forschungsstruktur ist, dass es gelungen ist, eine starke Forschungsindustrie mit Vorbildcharakter und großem Einfluss auf internationaler Ebene aufzubauen, obwohl im Land keine Herstellerindustrie mehr vorhanden ist.

4.1.6 Norwegen

In Norwegen sind im Wesentlichen drei Einrichtungen auf dem Gebiet der Windenergieforschung aktiv:

- SINTEF Group/SINTEF Energy Research,
- Institute for Energy Technology (IfE) und
- Norwegian University of Science and Technology (NTNU).

Im Rahmen von gemeinsamen Forschungsaktivitäten kooperieren die drei Einrichtungen unter dem Dach des Centre for Renewable Energy Research (SFFE). Dabei handelt es sich um ein virtuelles Zentrum, das koordinierende und beratende Aufgaben im Zusammenhang mit der Ausbildung und Forschung im Segment regenerative Energien übernimmt. Ziel der Kooperation im Bereich Windenergie ist es, die vorhandenen Kompetenzen und das Know-how der einzelnen Einrichtungen zu bündeln und die Forschung in Norwegen zu stärken. Für die Koordinierung der SFFE-Forschungsaktivitäten im Windsektor ist die zur SINTEF Group gehörende Abteilung SINTEF Energy Research zuständig.

Die nachfolgenden Erläuterungen konzentrieren sich vor dem Hintergrund des Großforschungscharakters der Einrichtung auf die SINTEF Group und SINTEF Energy Research.

Bei der SINTEF Group handelt es sich nach den Angaben der Einrichtung um die größte unabhängige Forschungseinrichtung in ganz Skandinavien (Tabelle 4.11). Die Gründung von SINTEF geht auf das Jahr 1950 zurück und erfolgte durch das damalige Norwegian Institute of Technology (NTH), das mittlerweile zur Norwegian University of Science and Technology (NTNU) gehört. Zielsetzung von SINTEF ist es, die technologische und industrieorientierte Forschung in Norwegen zu stärken sowie den Bedarf an Forschung und Entwicklung des öffentlichen und privaten Sektors abzudecken. Eine relativ starke Wachstumsphase vollzog SINTEF in den 70er Jahren mit dem steigenden Bedarf an geeigneter Technologie seitens der jungen norwegischen Ölindustrie.

Die heutige SINTEF Group entstand etwa Mitte der 80er Jahre durch die Zusammenführung des norwegischen Schiff-Forschungsinstituts, des norwegischen Forschungsinstituts für Elektrizität sowie des Continental Shelf Instituts unter dem Dach von SINTEF.

Die SINTEF Group besteht heute aus mehreren Forschungsabteilungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Gleichwohl ist eine Vernetzung der einzelnen Bereiche bei spezifischen Fragestellungen möglich, so dass sich Synergie-Effekte auch im Hinblick auf die Nutzung von technischen Ausstattungen ergeben.

So sind neben SINTEF Energy Research mit MARINTEK (Offshore), SINTEF Materials and Chemistry (Oberflächenbehandlung) und SINTEF Information and Communication Technology (Modellierung von Eis- und Windverhältnissen) weitere Spezialabteilungen in die Windenergieforschung eingebunden.

SINTEF Group/SINTEF Energy Research	
Kategorie der Einrichtung	landesspezifische Großforschungseinrichtung
Gründungsjahr	1950
Organisationsform	nicht kommerzielle Unternehmensgesellschaft
Finanzierungsstruktur	ca. 50 % Unternehmen ca. 50 % Research Council Norway (staatlich) u. EU-Projekte
Finanzbudget	**SINTEF Group gesamt:** *Brutto-Einkommen 2006: rd. 250 Mio. Euro (rd. 1.959 Mio. NOK)* **SINTEF Energie Research:** *Brutto-Einkommen 2006: rd. 31,4 Mio. Euro (rd. 250 Mio. NOK)* **nur Windenergie:** *etwa 3 Mio. Euro (25 Mio. NOK)*
thematischer Ursprung	Technologie/Industrie
Beginn der Windenergie-forschung	Anfang der 80er Jahre
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energieeffizienz, fossile Energien
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	breites Forschungsspektrum in den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)* *nach Angaben von SINTEF bilden die Bereiche Offshore-Windenergie und Netzintegration den Forschungsschwerpunkt*
Mitarbeiter gesamt	**SINTEF Group:** ca. 2.000 **SINTEF Energy Research:** ca. 190
Mitarbeiter Wind	**SINTEF Group:** ca. 15 Wissenschaftler **SINTEF Energy Research:** ca. 10 Wissenschaftler
Technische Einrichtungen	=> Beteiligung an Windtestfeld VIVA AS => elektrotechnische Labore => Material-Prüfstand => marine Testeinrichtung (ocean basin – Simulation der Standort-bedingungen an Offshore-Standorten, Komponenten- und Anlagen-tests)
Patente (Basis Patentrecherche)	**Institut gesamt:** rd. 84 Patentfamilien **nur Windenergie:** keine Anmeldungen
Veröffentlichungen	**SINTEF Group:** *keine Angaben vorhanden* **Windenergie:** *keine Angaben vorhanden*

Tabelle 4.11: Basisdaten zur SINTEF Group/SINTEF Energy Research (Norwegen)
(Quelle: IWR, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Die SINTEF Group ist als nicht kommerzielles Unternehmen organisiert. Bezogen auf die Finanzierungsstruktur stammen rd. 50 Prozent der Mittel aus Aufträgen von Industrie und Unternehmen. Die andere Hälfte wird über Mittel des norwegischen Research Councils sowie EU-Projekte abgedeckt.[6]

Die Einnahmen der Gruppe für das Jahr 2006 werden auf rd. 250 Mio. Euro beziffert. Dem Bereich SINTEF Energy Research sind davon etwa 31 Mio. Euro zuzuordnen.[7] Speziell auf den Bereich Windenergie entfallen nach Schätzungen der Einrichtung jährlich im Schnitt etwa 3 Mio. Euro.

Der Einstieg in die Windenergieforschung bei SINTEF erfolgte Anfang der 80er Jahre. Zu diesem Zeitpunkt standen Wind-Diesel-Systeme zur Versorgung von Inseln und ländlichen Gebieten im Fokus. Die aktuellen Forschungsaktivitäten von SINTEF Energy Research erstrecken sich im Windenergiesektor überwiegend auf Aktivitäten aus den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters. Dabei handelt es sich in Kategorie I u.a. um Forschungen im Bereich:

- Analyse und Auswirkungen von dynamischen und kontinuierlichen Lastzuständen von Windenergieanlagen,
- Analyse und Design des Kontrollsystems,
- Auslegung und Design von Hybridsystemen,
- Design von speziell ausgelegten Umrichtern.

Über die Kooperation mit MARINTEK ergibt sich in Kategorie I zudem ein weiterer Forschungsschwerpunkt im Bereich Offshore-Windenergie-Technologie.

Die Aktivitäten in Kategorie II des IWR-Analyserasters umfassen z.B. Forschungen im Bereich:

- Netzintegration von Windenergieanlagen,
- Analyse der Wechselwirkungen zwischen Stromerzeugern und dem Netz,
- Modellierung und Simulation von Windparks sowie
- Messung und Validierung der Spannungsqualität.

Aus Institutssicht bilden Forschungen im Bereich Offshore-Windenergie und Netzintegration den Forschungsschwerpunkt.

Mit insgesamt 2.000 Beschäftigten ist die SINTEF Group die größte der im Rahmen der vorliegenden Studie einbezogenen landesspezifischen Großforschungseinrichtungen. Auf die Unterabteilung SINTEF Energy Research entfallen etwa 200 Mitarbeiter. Speziell für den Bereich Windenergie kann davon ausgegangen werden, dass in der gesamten SINTEF Group etwa 15 Wissenschaftler mit dem Bereich Windenergieforschung befasst sind. In der Abteilung SINTEF Energy Research sind es nach SINTEF-Angaben etwa zehn Wissenschaftler. Zu

---

[6] *In Norwegen wird die Ausschreibung und Vergabe von Forschungsprojekten über das Research Council organisiert. Hinsichtlich der geförderten Projekte steht SINTEF mit weiteren Forschungseinrichtungen im Wettbewerb um die zur Verfügung stehenden Mittel.*

[7] *Eurowerte basieren auf der Umrechnung der im Original vorliegenden NOK-Angaben und entsprechen dem Wechselkursniveau vom 18.01.2008, der Umrechnungsfaktor lag zu diesem Zeitpunkt bei ca. 0,13 Euro pro NOK*

berücksichtigen ist dabei allerdings, dass z.T. Querverbindungen innerhalb der SINTEF Group bzw. im Rahmen des virtuellen SFFE-Zentrums bestehen. Aufgrund dieser Vernetzung ist es daher durchaus üblich, dass Mitarbeiter aus „windenergiefernen“ Bereichen über die spezielle Fragestellung in Forschungsprojekte eingebunden werden. Zudem ist es andererseits auch möglich, dass sich Mitarbeiter aus dem Bereich Windenergie mit anderen Fragestellungen befassen. Auf das gesamte SFFE-Zentrum entfallen nach SINTEF-Schätzungen über 30 Wissenschaftler, die sich mit der Windenergieforschung befassen.

SINTEF Energy Research hat über Beteiligungen bzw. die einzelnen Kooperationspartner Zugriff auf eine Reihe von technischen Einrichtungen. Zusammen mit der NTNU und IfE betreibt SINTEF das WEA-Testfeld VIVA AS. Zudem besteht über die NTNU der Zugang zu einem Windtunnel sowie über MARINTEK zu dem „ocean basin laboratory“. Dabei handelt es sich um eine Einrichtung, in dem Offshore-WEA-Technik in kleinem Maßstab getestet werden kann. Des Weiteren gibt es ein elektrotechnisches Labor und einen Materialprüfstand, die SINTEF gemeinsam mit der NTNU nutzt. Insgesamt betreiben SINTEF, NTNU und IfE über 100 Laboratorien, in denen die verschiedensten Untersuchungen (u.a. Korrosionsuntersuchungen, Materialtests etc.) durchgeführt werden können.

Im Rahmen der Patentrecherche konnten insgesamt 84 Patentfamilien nachgewiesen werden, für die von der SINTEF Group Patente angemeldet worden sind. Speziell auf den Bereich Windenergie entfällt jedoch keine der Patentfamilien.

4.1.7 Portugal

Die Windenergieforschung wird in Portugal zu wesentlichen Anteilen über drei Einrichtungen abgedeckt:

- INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação I.P.
- INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
- INESC Porto – Instituto de Engenharia des Sistemas e Computadores

Die Institute weisen im Hinblick auf die Windenergieforschung z.T. unterschiedliche Schwerpunkte auf und ergänzen sich daher. Neben den drei Einrichtungen befassen sich in Portugal universitäre Forschungsgruppen mit der Windenergieforschung.

Ausgehend von den vorliegenden Informationen ist die Zuordnung der drei Einrichtungen INETI, INEGI und INESC in die Kategorie zentraler landesspezifischer Großforschungseinrichtungen aufgrund der staatlichen Organisationsform und Institutsgröße (rd. 500 Mitarbeiter) am ehesten für INETI möglich. Die Strukturdarstellung von INETI bildet daher den Schwerpunkt der Ausführungen zur Windenergieforschung in Portugal.

INETI

Das portugiesische Forschungsinstitut INETI wurde 1982/1983 gegründet (Tabelle 4.12). Bei INETI handelt es sich um eine staatliche Einrichtung, die dem portugiesischen Wirtschaftsministerium zugeordnet ist.

Die Finanzierungsstruktur des Instituts ist flexibel angelegt, der staatliche Anteil liegt in etwa bei zwei Drittel, kann aber auch bis zu 100 Prozent ausmachen. Die Restfinanzierung erfolgt durch private Unternehmen im Rahmen von Beratungsdienstleistungen oder durch EU-Projekte. Die Windenergiesparte von INETI weist die Besonderheit auf, dass die Finanzierung bereits zu etwa 85 Prozent durch Mittel aus der Wirtschaft gewährleistet wird. Das finanzielle Gesamtbudget von INETI lag im Jahr 2005 bei rd. 40 Mio. Euro.

Die Forschungsaktivitäten von INETI im Segment Windenergie können in erster Linie der Kategorie II des IWR-Analyserasters (energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen) zugeordnet werden, befassen sich aber im Bereich Klein-WEA auch mit der Kategorie I – Komplettanlagen, Komponenten und Produktion.

Die Forschungsschwerpunkte des Instituts liegen nach eigener Einschätzung von INETI in den Bereichen:

- Windmeteorologie (u.a. in komplexem Gelände) sowie Windpotenzialuntersuchungen On- und Offshore,
- Netzintegration und Energiequalität,
- Klein-WEA-Anwendungen, insbesondere im städtischen Raum.

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação I.P.	
Kategorie der Einrichtung	landesspezifische Großforschungseinrichtung
Gründungsjahr	1982/1983
Organisationsform	Institut, staatliche Einrichtung, die dem Wirtschaftsministerium zugeordnet ist
Finanzierungsstruktur	**Institut gesamt:** flexibel, der staatliche/Ministeriumsanteil liegt bei rd. 65 %, kann aber bis zu 100 % betragen, der Rest wird über Industrieaufträge (Beratungsleistungen) und Projekte (EU) abgedeckt **Windenergiesparte:** rd. 85 % der Mittel stammen aus der Wirtschaft
Finanzbudget	**INETI gesamt:** *Gesamtbudget 2005 rd. 40 Mio. Euro* **nur Windenergie:** *keine Angaben vorhanden*
thematischer Ursprung	Technologie/Innovation
Beginn der Windenergieforschung	seit Institutsgründung bereits im Portfolio
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energieeffizienz
Inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	Forschungsspektrum erstreckt sich v.a. auf Kategorie II des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)* *INETI gibt seine aktuellen Forschungsschwerpunkte an mit: Windmeteorologie, Netzintegration und Energiequalität, Klein-WEA*
Mitarbeiter gesamt	**INETI gesamt:** ca. 500
Mitarbeiter Wind	ca. 10 bis 15 davon drei Doktoren, einige Doktoranden und zwei Techniker
Technische Einrichtungen	=> Windkanal => bis 1997 gab es zwei Windtestfelder, die verkauft wurden
Patente (Basis Patentrecherche)	**Institut gesamt:** rd. 34 Patentfamilien **nur Windenergie:** keine Anmeldungen
Veröffentlichungen	**Institut gesamt:** *rd. 140 im Jahr 2007* **nur Windenergie:** *5 bis 6 Veröffentlichungen pro Jahr*
Sonstiges	das Energie-Department von INETI hat zwei Awards für neue meteorologische Anwendungen erhalten

Tabelle 4.12: Basisdaten zu INETI (Portugal)
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Insgesamt umfasst der Mitarbeiterstamm bei INETI ungefähr 500 Personen. Davon entfallen nach Institutsangaben etwa 85 Beschäftigte auf das Department Regenerative Energien. Der dieser Abteilung zugeordnete Windenergiesektor umfasst 10 bis 15 Mitarbeiter, darunter befinden sich etwa 7 Doktoren bzw. Doktoranden.

INETI ist ausgestattet mit einem Windkanal, in dem Anemometer geprüft werden. Zwei Windtestfelder wurden 1997 verkauft.

In Bezug auf Patentaktivitäten ergab die Recherche für das Gesamtinstitut die Anmeldung von 34 Patentfamilien, spezielle Patente im Windenergiesektor konnten nicht nachgewiesen werden. Die Anzahl der Veröffentlichungen im Bereich Windenergie wird seitens des Instituts mit etwa 5 – 6 pro Jahr angegeben.

INEGI

Bei INEGI handelt es sich um eine Non-Profit-Organisation, die als Schnittstelle zwischen Industrie und universitärer Forschung dient. Insgesamt umfasst der Mitarbeiterstamm bei INEGI rd. 110 Beschäftigte, etwa 20 Mitarbeiter entfallen auf die Kategorie Windenergie. Die Gründung von INEGI erfolgte 1986. Thematisch sieht sich INEGI schwerpunktmäßig als maschinenbauspezifische Einrichtung.

Im Bereich Windenergie liegt der Schwerpunkt nach den vorliegenden Informationen (inkl. Institutsangaben) auf windenergiespezifischen Dienstleistungen mit eher punktuellem Forschungsansatz. Dazu gehören u.a.

- windmeteorologische Untersuchungen (Messungen, Potenzialanalysen, Ertragsgutachten etc.),
- die Bewertung von Ausschreibungen,
- technische und wirtschaftliche Machbarkeitsstudien,
- die Optimierung von Windparkkonfigurationen sowie
- Vermessung von Leistungskurven.

So verfügt INEGI in Portugal über ein Netz von etwa 450 Windmessmasten, die zum Aufbau von Portugals größter Winddatenbasis geführt haben. Derzeit werden davon rd. 200 Messmasten aktiv betrieben (Stand: März 2008). Insgesamt wurden nach Angaben von INEGI für rd. 70 Prozent der in Portugal installierten Windenergieleistung meteorologische Messungen oder Leistungsmessungen im Vorfeld bzw. nach der Anlagenerrichtung durchgeführt. Des Weiteren befasst sich INEGI u.a. auch mit Windpotenzialanalysen außerhalb von Portugal in Ländern wie Brasilien, Spanien, Polen und Bulgarien.

INESC Porto

Auch bei INESC Porto handelt es sich um eine im Jahr 1998 gegründete privatwirtschaftliche Non-Profit-Organisation. Vom Selbstverständnis sieht sich INESC als Schnittstelle zwischen Industrie und industrieller Forschung. Die Windenergie-

forschung bei INESC findet in der sog. Power-Systems-Unit statt, die sich allgemein mit energietechnischen Aspekten befasst. Von den rd. 40 Mitarbeitern der Power-Systems-Unit entfallen rd. 15 Mitarbeiter auf den Bereich Windenergie. Insgesamt sind bei INESC 300 Mitarbeiter beschäftigt. Die thematischen Schwerpunkte der Windenergieforschung liegen nach Angaben des Instituts im Bereich der Netzintegration. INESC ist u.a. eingebunden in das europäische ANEMOS PLUS-Projekt, an dem über 20 Forschungseinrichtungen und Unternehmen beteiligt sind. Ziel dieses Vorhabens ist es, die Einbindung von Windleistungsvorhersagen bei Energieversorgern und Stromhändlern in Entscheidungsprozessen und Berechnungsverfahren gezielt zu verbessern. Dazu zählt die praktische Anwendung der Windleistungsvorhersagen für konkrete Anforderungen wie Engpass-Management, Kraftwerkseinsatzplanung, Management von Windenergie in isolierten Stromnetzen etc.

4.1.8 Spanien

4.1.8.1 CIEMAT – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnólogicas

CIEMAT – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnólogicas	
Kategorie der Einrichtung	landesspezifische Großforschungseinrichtung
Gründungsjahr	1951 (ursprünglich als Junta de Energía Nuclear gegründet) 1986 (Gründung von CIEMAT)
Organisationsform	staatliche Einrichtung, die dem Ausbildungs- und Wissenschaftsministerium zugeordnet ist
Finanzierungsstruktur	ca. 50 % der Mittel stammen vom Staat (Grundfinanzierung) ca. 20 % der Mittel stammen aus nationalen Projekten ca. 30 % stammen aus Industrie- bzw. EU-Projekten
Finanzbudget	**CIEMAT gesamt:** *Gesamtbudget 2003: rd. 71 Mio. Euro* **nur Windenergie:** *keine Angaben vorhanden*
thematischer Ursprung	Kernenergie
Beginn der Windenergieforschung	etwa seit 1980
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energieeffizienz, Kernenergie etc.
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	Forschungsaktivitäten in den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)* *Aktuelle Forschungsschwerpunkte von CIEMAT liegen bei Klein-WEA bis 100 kW (Inselsysteme, Hybrid-Systeme etc.) sowie in den Bereichen Windvorhersage, Netzintegration und Speichertechniken*
Mitarbeiter gesamt	**CIEMAT gesamt:** ca. 1.200
Mitarbeiter Wind	ca. 20 Wissenschaftler (darunter 5 – 6 Doktoranden)
Technische Einrichtungen	=> Windtestfeld für Kleinanlagen => Rotorblatt-Teststand (bis 16 m) => Prüfstand für Generatortests
Patente (Basis Patentrecherche)	**Institut gesamt:** rd. 23 Patentfamilien **nur Windenergie:** keine Anmeldungen
Veröffentlichungen	**Institut gesamt:** keine Angaben vorhanden **nur Windenergie:** *20 – 30 Publikationen pro Jahr*

Tabelle 4.13: Basisdaten zu CIEMAT (Spanien) (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Das Headquarter der spanischen Großforschungseinrichtung CIEMAT befindet sich in Madrid. Die Institution hat ihren Ursprung in der auf den Kernenergiesektor ausgerichteten Junta de Energía Nuclear (JEN). JEN wurde 1951 gegründet. Seit 1986 agiert die Einrichtung unter dem Namen CIEMAT – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnólogicas und befasst sich mit den Themengebieten Energie, Umwelt, neue Technologien sowie mit verschiedenen Bereichen der Grundlagenforschung (Tabelle 4.13).

Bei CIEMAT handelt es sich um eine staatliche Einrichtung, die dem Ausbildungs- und Wissenschaftsministerium zugeordnet ist. Neben Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten repräsentiert CIEMAT nach eigenen Angaben Spanien als Technologiestandort auf internationaler Ebene und berät die Regierung. Der Einstieg in die Windenergieforschung erfolgte bereits zu Anfang der 80er Jahre und steht u.a. in Zusammenhang mit der Ölkrise.

Etwa 50 Prozent der finanziellen Mittel erhält CIEMAT nach eigenen Angaben als Grundfinanzierung vom Staat. Weitere 20 Prozent stammen aus nationalen Forschungsprogrammen und Projekten, die restlichen 30 Prozent werden aus Projekten mit der Industrie oder über EU-Projekte akquiriert. Das jährliche Gesamtbudget von CIEMAT belief sich 2003 auf etwa 71 Mio. Euro.

Im Energiebereich besteht CIEMAT aus fünf Abteilungen:

- PSA (Plataforma Solar de Almería) mit den Bereichen Solarthermische Kraftwerke, Solarthermie, Umweltanwendungen sowie Energie-Systemanalyse,
- Energias Renovables mit Aktivitäten in den Bereichen Biomasse, Windenergie, Photovoltaik und Energieeffizienz,
- CEDER mit einem Schwerpunkt im Bereich Biomasse,
- Verbrennung und Vergasung mit Tätigkeiten in Bereichen wie Brennstoffzelle oder Müllverbrennung sowie
- Kernenergie/Kernspaltung.

Forschungsaktivitäten im Segment Windenergie bestehen bei CIEMAT v.a. in den Kategorien I und II des IWR Analyserasters. Der Fokus bei Komplettanlagen, Komponenten sowie Produktion (Kategorie I) liegt aus Sicht des Instituts bei Klein-WEA bis 100 Kilowatt (kW) (Inselsysteme, Hybrid-Systeme etc.). Bei den energiewirtschaftlich-technischen Dienstleistungen (Kategorie II) bestehen Aktivitäten in den Bereichen Windvorhersage, Netzintegration sowie Speichertechniken.

Die technischen Einrichtungen bei CIEMAT sind auf die Forschungsaktivitäten des Instituts auf dem Gebiet von WEA bis 100 kW ausgerichtet. CIEMAT betreibt:

- ein Testfeld für Kleinanlagen
- einen Teststand für Rotorblätter mit einer Länge bis 16 m und
- einen Prüfstand für Generatoren.

Insgesamt sind bei CIEMAT rd. 1.200 Personen beschäftigt. Im Windenergiesektor sind rd. 20 Wissenschaftler beschäftigt, darunter 5 – 6 Doktoranden.

Die über die Patentrecherche ermittelbaren Patentaktivitäten betreffen bei CIEMAT Bereiche außerhalb der Windenergie. Insgesamt konnten Patentanmeldungen für 23 Patentfamilien ermittelt werden, davon allerdings keine im Segment Windenergie. Nach eigenen Angaben veröffentlicht CIEMAT jährlich rund 20 – 30 windenergiespezifische Publikationen.

4.1.8.2 CENER – Centro Nacional de Energías Renovables

CENER – Centro Nacional de Energías Renovables	
Kategorie der Einrichtung	Institutsneugründung
Gründungsjahr	1999/2000, offizieller Start im Jahr 2002
Organisationsform	Institut, staatlich/Regionalregierung, und zwar: 51 % spanische Region Navarra 29 % Ministerium für Ausbildung und Wissenschaft 20 % CIEMAT
Finanzierungsstruktur	**geplant:** - 70 % Eigenfinanzierung (kommerzielle Aktivitäten wie Beratung und Auftragsforschung, EU-Projekte etc.) - 30 % der Finanzierung soll über die Anteilseigner erfolgen
Finanzbudget	**CENER gesamt:** Umsatz 2005 ca. 3,2 Mio. Euro, aktuelle Angaben nicht bekannt **nur Windenergie:** für 2008 sind 8 Mio. Euro geplant
thematischer Ursprung	Regenerative Energien
Beginn der Windenergie-forschung	seit Institutsgründung im Portfolio
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energieeffizienz
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	Forschungsaktivitäten in den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)* *aktuelle Schwerpunkte liegen nach CENER-Angaben in den Bereichen Rotorblatt, Windmeteorologie und Komponenten für Groß-WEA*
Mitarbeiter gesamt	**CENER gesamt:** ca. 200
Mitarbeiter Wind	ca. 80 davon 60 Wissenschaftler und 20 Techniker
Technische Einrichtungen	=> Rotorblatt-Teststand => Prüfstand (Antriebsstrang) => Wind-Testfeld (derzeit im Bau) (Stand: Februar 2008) => Materialprüfstand => Windkanal (derzeit im Bau) (Stand: Februar 2008)
Patente (Basis Patentrecherche)	**Institut gesamt:** keine Patentanmeldungen ermittelbar **nur Windenergie:** keine Patentanmeldungen ermittelbar
Veröffentlichungen	**Institut gesamt:** keine Angaben vorhanden **nur Windenergie:** rd. 20 bis 30 Publikationen pro Jahr

Tabelle 4.14: Basisdaten zu CENER (Spanien) (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Unter den im Rahmen der internationalen Analyse ermittelten zentralen Windenergieforschungsinstitutionen handelt es sich bei CENER um die jüngste Neugründung. Die Forschungseinrichtung wurde erst im Jahr 2000 gegründet und konzentriert sich von der thematischen Ausrichtung her auf regenerative Energien. Aktivitäten im Bereich Windenergieforschung bestehen bei CENER seit Institutsgründung (Tabelle 4.14). Bei CENER handelt es sich de facto um eine Stiftungseinrichtung, an der sich der spanische Staat, die spanische Region Navarra sowie CIEMAT folgendermaßen beteiligt haben:

- 51 Prozent Region Navarra, Anteile halten die regionale Regierung, die Universität der Region Navarra und eine weitere regionale Einrichtung,
- 29 Prozent spanisches Ausbildungs- und Wissenschaftsministerium,
- 20 Prozent CIEMAT.

Es ist vorgesehen, dass die Finanzierung von CENER in Zukunft zu etwa 70 Prozent aus eigenen Mitteln, d.h. durch kommerzielle Aktivitäten gedeckt wird. Dazu gehören neben Aufträgen aus der Industrie (Auftragsforschung, Beratungsdienstleistungen) Projekte auf EU-Ebene. Die restlichen 30 Prozent sollen von den Anteilseignern bereitgestellt werden. Zur Etablierung von CENER auf dem Forschungsmarkt wurden von der spanischen Regierung sowie der Region Navarra bislang etwa 40 Mio. Euro bereitgestellt. Derzeit werden nach Angaben eines führenden Institutsvertreters noch etwa 50 Prozent der finanziellen Mittel durch den spanischen Staat zur Verfügung gestellt. Da CENER in den letzten Jahren aufgrund des Aufbauprozesses rasch gewachsen ist, steigen auch die Umsätze relativ stark an. So ist es zu erklären, dass CENER nach eigenen Angaben 2005 insgesamt einen Umsatz von rd. 3 Mio. Euro erzielt hat, der geplante Umsatz allein im Bereich Windenergie 2008 allerdings schon bei 8 Mio. Euro liegen soll (Stand: März 2008).

Bei CENER gibt es aus thematischer Sicht sechs Abteilungen, wobei der Windenergiezweig den größten Bereich darstellt:

- Windenergie,
- Photovoltaik,
- Solarthermie,
- Bioenergie,
- Solararchitektur sowie
- Netzintegration regenerativer Energiequellen.

Insgesamt sind bei CENER rd. 200 Mitarbeiter beschäftigt. Mit rd. 80 Personen entfallen 40 Prozent auf den Windenergiebereich, darunter befinden sich ca. 60 Wissenschaftler und 20 Techniker.

CENER weist umfangreiche Forschungsaktivitäten in den Kategorien I (Komplettanlagen, Komponenten und Produktion) und II (energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen und Hardware) des IWR-Analyserasters auf.

Während sich die Forschung im Bereich der Komplettanlagen und Komponenten bei CIEMAT eher auf Klein-WEA fokussiert, stehen bei CENER Großanlagen

(large-scale-Windenergie) im Vordergrund. Die Forschungsfelder befassen sich mit Aspekten wie z.B.

- Anlagen- und Komponentendesign bzw. -optimierung,
- Analyse von Lasten oder
- Analyse des Betriebsverhaltens von WEA.

Bei den energiewirtschaftlich-technischen Dienstleistungen bildet die Forschung im Bereich der Windleistungsvorhersage einen wichtigen Aspekt, darüber hinaus befasst sich CENER auch mit Themen wie Energiequalität.

Die eigenen Forschungsschwerpunkte liegen aus Sicht von CENER in den Bereichen:

- Rotorblatt-Design/Aerodynamik und Materialfragen,
- Windressourcen und Windvorhersage sowie
- Forschung an technischen Komponenten für Groß-WEA, v.a. im Zusammenhang mit den von CENER betriebenen Testeinrichtungen.

Im Hinblick auf diese Testeinrichtungen ist bei CENER eine hohe Dynamik zu verzeichnen. Seit der Institutsgründung sind in der Region Navarra eine Reihe von Testanlagen entstanden, die weltweit zu den modernsten Test- und Analyseeinrichtungen gezählt werden können. Weitere Anlagen sind im Bau.

So wurde 2007 ein Rotorblatttestlabor fertig gestellt, in dem Normtests durchgeführt werden können. Des Weiteren gibt es ein Materiallabor, in dem an Composit-Materialien geforscht werden kann, die z.B. bei der Rotorblattherstellung zum Einsatz kommen. Von hoher Bedeutung sind zudem Testmöglichkeiten für den Antriebsstrang, die nach Institutsangaben weltweit zu den modernsten gezählt werden können. Derzeit im Bau befindet sich ein Windtunnel, dessen Inbetriebnahme für 2009 vorgesehen ist. In einigen Monaten werden nach Angaben von CENER zudem die Bauarbeiten für ein Windtestfeld abgeschlossen sein (Stand: Februar 2008). Von hoher Bedeutung sind aus Institutssicht des Weiteren die technischen Ausstattungen, die im Bereich der Vorhersage genutzt werden können. Hier verfügt CENER über Hochleistungsrechner und neu entwickelte CFD-Programme, die zur numerischen Simulation und Berechnung der Strömungsverhältnisse eingesetzt werden (CFD = computational fluid dynamics).

Im Hinblick auf die Patentaktivitäten konnten über die institutsgebundene Recherche keine Anmeldungen ermittelt werden. Nach Institutsangaben befinden sich derzeit allerdings noch etwa 10 Patente in der Anmeldephase, d.h. die Verfahren sind noch nicht abgeschlossen (Stand: Februar 2008).[8] Die Zahl der Veröffentlichungen im Bereich Windenergie liegt bei 20 bis 30 pro Jahr (inklusive Präsentationen auf Veranstaltungen, wissenschaftlichen Artikeln etc.).

[8] *Dadurch erklärt sich, warum die Patente über die Patentrecherche noch nicht ermittelt werden konnten. In den herangezogen Patentdatenbanken sind nur abgeschlossene und keine laufenden Patentanmeldungsverfahren erfasst.*

4.1.9 USA

NREL – National Renewable Energy Laboratory/National Wind Technology Center	
Kategorie der Einrichtung	landesspezifische Großforschungseinrichtung
Gründungsjahr	1977
Organisationsform	Einrichtung des Department of Energy (DOE), staatlich
Finanzierungsstruktur	ca. 90 % Department of Energy (DOE) ca. 10 % Industrie
Finanzbudget	**NREL gesamt:** 2006 rd. 130 Mio. Euro (staatlich) (ca. 200 Mio $), darüber hinaus Mittel aus der Industrie **nur Windenergie:** 2006 rd. 13 Mio. Euro (staatlich) (ca. 20 Mio. $)
thematischer Ursprung	Regenerative Energien/Solarenergie
Beginn der Windenergie-forschung	seit 1980 (Übernahme der bestehenden Windforschung durch NREL)
aktuelle FuE-Bereiche Energie	Regenerative Energien, Energieeffizienz
inhaltliche Schwerpunkte Windenergieforschung	Forschungsaktivitäten in den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters *(Basis = Eigenrecherche)* *NREL sieht seine Forschungsschwerpunkte in den Kategorien Kos-tenreduktion, WEA-Technik sowie Netzintegration*
Mitarbeiter gesamt	**NREL gesamt:** ca. 1.300
Mitarbeiter Wind	ca. 70, darunter 45 Ingenieure und andere Wissenschaftler
Technische Einrichtungen	=> Rotorblatt-Teststand => Prüfstand (Komponenten des Antriebsstrangs) => Wind-Testfeld => Hybridtestanlage (Windenergie in Kombination mit anderen Ener-gietechniken, z.B. PV oder Diesel)
Patente (Basis Patentrecherche)	**Institut gesamt:** 30 Patentfamilien **nur Windenergie:** sechs Patentfamilien
Veröffentlichungen	**Institut gesamt:** rd. 600 in 2007 **nur Windenergie:** rd. 70 in 2007
Sonstiges	Auszeichnung mit einer Reihe von Awards, u.a. für die Entwicklung eines neuen WEA-Typs und eines neuen Rotorblatt-Typs

Tabelle 4.15: Basisdaten zum National Energy Research Laboratory NREL (USA)
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

Das National Renewable Energy Laboratory (NREL) ist unter den ermittelten zentralen Forschungsinstitutionen die einzige landesspezifische Großforschungseinrichtung, die thematisch nur auf den Schwerpunktbereich regenerative Energien/Energieeffizienz ausgerichtet ist (Tabelle 4.15). Die Gründung der NREL-Vorgängerinstitution erfolgte bereits im Jahr 1977. Zu diesem Zeitpunkt lag der Fokus allerdings noch auf der Solarenergie, das Institut trug zu diesem Zeitpunkt noch die Bezeichnung Solar Energy Research Institute. Der Namenswechsel zu NREL erfolgte 1991.

NREL ist eine staatliche Einrichtung des Department of Energy (DOE) und hat den Status der zentralen amerikanischen Einrichtung für Forschung und Entwicklung im Bereich regenerative Energien und Energieeffizienz. Mit dem National Wind Technology Center gibt es bei NREL eine eigene Abteilung speziell für den Bereich Windenergie. Im Auftrag des DOE wird NREL von den beiden Forschungsorganisationen Midwest Research Institute und Battelle geführt. Das DOE hat die Funktion eines Co-Managers. Der derzeitige Auftrag für die beiden Institute läuft im November 2008 aus; im Juni 2007 wurde jedoch bereits angekündigt, dass der gemeinsame Betrieb von NREL auch nach diesem Zeitpunkt fortgesetzt werden soll [8]. Die Entscheidung über die Führung des Institutes erfolgt auf der Grundlage eines Ausschreibungsverfahrens.

Etwa 90 Prozent der Finanzmittel von NREL stammen vom Department of Energy (DOE), über externe Aufträge von Industrieunternehmen werden rd. 10 Prozent akquiriert. Der Mittelanteil des DOE lag 2006 bei etwa 133 Mio. Euro, auf die Windenergiesparte entfällt davon ein Betrag von etwa 13 Mio. Euro.[9]

Die Forschungsaktivitäten des National Wind Technology Centers lassen sich überwiegend den Kategorien I und II des IWR-Analyserasters zuordnen. Forschungsaktivitäten in Kategorie I liegen z.B. in folgenden Bereichen vor:

- Anlagendesign und Auslegung, Lastanalyse etc., u.a. mit Hilfe von EDV-gestützten Analysetools,
- Rotorblätter/Betrieb eines Testcenters mit dem Ziel, u.a. Alterungserscheinungen zu simulieren und die Lasten zu reduzieren,
- Getriebe und weitere Komponenten des Antriebstrangs.

Die Aktivitäten in Kategorie II des IWR-Analyserasters umfassen z.B. Forschungen im Bereich

- Netzintegration von Windenergieanlagen sowie
- Ermittlung/Untersuchung von Windenergiepotenzialen und Windvorhersagemodellen.

Aus Sicht von NREL liegen die Forschungsschwerpunkte der Einrichtung im Segment Windenergie in den Bereichen Kostenreduktion, WEA-Technik (speziell Unterstützung der Entwicklung von Multi-Megawatt-Anlagen) sowie Netzintegration.

---

[9] *Eurowerte basieren auf der Umrechnung der im Original vorliegenden Dollarangaben und entsprechen dem Wechselkursniveau 29.02.2008, der Umrechnungsfaktor lag zu diesem Zeitpunkt bei ca. 1,52. Euro pro US-Dollar*

Vor dem Hintergrund der Ausrichtung des National Wind Technology Centers auf die technologische Weiterentwicklung der Anlagentechnik verfügt die Windenergieabteilung über eine Reihe von technischen Testeinrichtungen. Dazu gehört ein Prüfstand für Komponenten des Antriebsstrangs. Auf dem Teststand ist es möglich, Komponenten auf ihre Standzeiten hin zu überprüfen. Dabei können unterschiedliche Drehzahlen und Lasten simuliert werden. Der Teststand ist nach Angaben von NREL einzigartig in Nordamerika. Das Wind Technology Center ist auch mit zwei Rotorblatt-Testeinrichtungen ausgestattet, auf denen Rotorblätter für Klein- bzw. Großanlagen geprüft werden können. Darüber hinaus verfügt die Windenergieabteilung über ein Windtestfeld sowie eine Anlage für Hybridtests. In dieser Einrichtung können WEA in Kombination mit anderen Energietechniken kombiniert und getestet werden (z.B. PV, Diesel etc.).

Zudem sieht sich das Institut gut im Bereich von Computersimulationen aufgestellt. Dazu gehört beispielsweise die Strömungsmodellierung sowie die Simulation des Betriebsverhaltens von Anlagenkomponenten wie z.B. Getriebe oder auch im Bereich der Anlagenelektronik.

NREL verfügt als Großforschungseinrichtung über einen Gesamtmitarbeiterstamm von rd. 1.300 Beschäftigten. Davon entfallen etwa 70 Personen auf die Windenergieforschung. Darunter befinden sich rd. 45 Ingenieure und Wissenschaftler.

Im Hinblick auf Patentaktivitäten hat die Recherche für NREL bzw. das National Wind Technology Center ergeben, dass im Bereich Windenergie sechs Patentfamilien angemeldet wurden. Die Anmeldung erfolgte allerdings nicht über NREL selbst, sondern über das für die Führung der Einrichtung neben Battelle zuständige Midwest Research Institute. Der Schwerpunkt liegt wiederum in der Kategorie der Anlagenkomponenten, und zwar bei Rotorblättern. Weitere Anmeldungen betreffen den Bereich Generatortechnik sowie Energiespeicher.

An Besonderheiten kann festgehalten werden, dass die Windenergiesparte von NREL eine Reihe von Awards erhalten hat, überwiegend im amerikanischen Raum. Die Auszeichnungen erfolgten u.a. für die Entwicklung eines neuen WEA-Typs sowie neuartigen Rotorblatt-Typen, die einen höheren Energieertrag ermöglichen.

Neben NREL ist als weitere staatliche Einrichtung in den USA der Bereich für erneuerbare Energien und Energieeffizienz der Sandia National Laboratories in New Mexico in die Windenergieforschung der USA eingebunden. Schwerpunkte der Forschung liegen in den Bereichen Rotorblatt und Rotorblatt-Aerodynamik sowie spezieller WEA-Technik für windschwache Regionen. Des Weiteren befasst sich Sandia mit Forschungsfragen im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit der Anlagentechnik, z.B. bei witterungsklimatischen Extremsituationen.

4.1.10 Schweden

Für Schweden konnte im Rahmen der Recherche keine größere zentrale Einrichtung ermittelt werden, die sich mit der Windenergieforschung befasst. Es gibt einige Universitätsstandorte (Universität Uppsala, TU Chalmers, Königlich Technische Hochschule), an denen im Windenergiesektor geforscht wird. Nach Einschätzung der für die Vergabe von Forschungsmitteln zuständigen schwedischen Energie-Agentur haben diese jedoch nicht die Größe und Bedeutung wie die Institute anderer europäischer Staaten. Es sind hier jeweils nur wenige Mitarbeiter involviert.

Die Windenergieforschung in Schweden wird im Wesentlichen in den Programmen Vindforsk II und Vindval gebündelt. Dabei wird die angewandte Forschung zu einem großen Teil von den schwedischen Energieversorgern durchgeführt.

Im Rahmen von Vindforsk II (Laufzeit 2006 bis Ende 2008) wird ein Gesamtbudget von rd. 4,9 Mio. Euro zur Verfügung gestellt. Davon entfallen etwa 2 Mio. Euro auf Aktivitäten im Bereich Grundlagenforschung, rd. 3 Mio. Euro stehen für angewandte Forschungsprojekte bereit. Koordiniert wird das Vindforsk II-Programm durch das sogenannte Board of Vindforsk. Dabei handelt es sich um ein spezielles Gremium, das bei Elforsk, einem gemeinsamen Forschungsunternehmen der schwedischen Energieversorgungsunternehmen, angesiedelt ist. Projekte im Bereich Grundlagenforschung werden zu 100 Prozent von der schwedischen Energie-Agentur gefördert. Bei Vorhaben im Bereich angewandte Forschung stammen 60 Prozent der Mittel von Elforsk und 40 Prozent von der schwedischen Energie-Agentur.

Forschungsbereiche von Vindforsk II sind u.a.

- Projektentwicklung,
- Anlagenbetrieb und Wartung,
- äußere Einflussfaktoren,
- Standardisierung,
- Netzintegration sowie
- „Wind farm electrical systems“.

Für die Themengebiete Umweltauswirkungen und öffentliche Akzeptanz – in erster Linie im Zusammenhang mit Offshore-Standorten bzw. Standorten in arktischen Regionen – gibt es mit Vindval ein weiteres Forschungsprogramm, in dem etwa 3,8 Mio. Euro (Laufzeit 2003 bis 2007) zur Verfügung standen. Verantwortlich für die Koordinierung von Vindval ist die schwedische Umweltschutzbehörde. Finanziert wird das Programm von der schwedischen Energie-Agentur. Eine Verlängerung des Programms ist nach Angaben der Einrichtung vorgesehen, die Entscheidung darüber allerdings noch nicht gefallen (Stand: März 2008).

Neben Vindvorsk II und Vindval werden in Schweden weitere Einzelforschungsvorhaben durchgeführt. Themen bisheriger Projekte sind z.B. die Erstellung von Windpotenzialkarten oder mögliche Konflikte zwischen der Windenergienutzung und militärischen Radaranlagen.

4.1.11 Großbritannien

Die Forschungsstruktur im Bereich Windenergie in Großbritannien ist eher heterogen. Ähnlich wie in Schweden, gibt es nach den Recherchen und Expertenangaben noch kein zentrales Forschungsinstitut im Bereich Windenergie. Mit dem New and Renewable Energy Centre (NaREC) besteht allerdings eine private nicht gewinnorientierte Forschungseinrichtung, die einen Teil der Windenergieforschung des Landes abdeckt und in die Kategorie eines Basisinstitutes eingeordnet werden kann. Der Grund für das Fehlen eines zentralen Forschungsinstituts i.e.S. liegt aus Sicht eines Vertreters des britischen Windenergieverbandes BWEA u.a. darin, dass in Großbritannien derzeit keine nennenswerte WEA-Industrie vorhanden ist. Großbritannien verfügt zudem über eine Reihe von universitären Forschungseinrichtungen, die im Windenergiesektor engagiert und auch in internationale Windenergie-Netzwerke eingebunden sind.

New and Renewable Energy Centre (NaREC)

Die Gründung des NaREC erfolgte 2002. Insgesamt sind am NaREC 50 bis 60 Personen beschäftigt, davon gehören etwa acht bis zehn zum Bereich Windenergie. Darüber hinaus gibt es ein spartenübergreifendes Ingenieurteam mit zehn bis zwölf Angestellten, die je nach Projektlage auch in die Windenergiesparte involviert sein können. Forschend tätig im Zusammenhang mit windenergiespezifischen Themen sind etwa fünf Wissenschaftler. Im Hinblick auf Testeinrichtungen verfügt das Institut über einen modernen Rotorblatt-Teststand, auf dem Blätter mit einer Länge von bis zu 70 m getestet werden können.

Hochschulforschung

Neben dem Basisinstitut NaREC findet Forschung im Bereich Windenergie u.a. an folgenden britischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen statt. Diese sind jeweils Mitglieder des europäischen Forschungs- und Ausbildungsnetzwerkes European Academy of Wind Energy (EAWE) (vgl. Kap. 4.2.2):

- CCLRC Rutherford Appleton Laboratory
- Imperial College London
- Manchester Metropolitan University
- Queen Mary University London
- University of Durham
- Loughborough University
- University of Manchester
- University of Strathclyde
- University of Surrey

In der Summe ergibt sich auf der Grundlage institutseigener Angaben ein relativ breites Forschungsspektrum dieser Einrichtungen im Bereich Windenergie. Dabei liegen die Schwerpunkte gemäß dem IWR-Analyseraster im Bereich der Kom-

plettanlagen und Komponenten (Kategorie I) sowie bei energiewirtschaftlich-technischen Dienstleistungen (Kategorie II).

Die Forschungsaktivitäten in Kategorie I befassen sich u.a. mit:

- Offshore-WEA-Technik,
- Gründung von Offshore-WEA,
- Rotorblatt-Aerodynamik,
- Elektrische Regelungen,
- Generator,
- Condition Monitoring Systemen sowie
- Materialforschung im Bereich Rotorblätter.

In Kategorie II des Analyserasters liegen Forschungsschwerpunkte in den Themenfeldern:

- Netzintegration,
- Potenzialermittlung,
- meteorologische Dienstleistungen sowie
- Leistungs- und Prognosemodelle.

4.2 Ausgewählte internationale (Forschungs-)Netzwerke, strategische Plattformen und Projektverbünde

In den letzten Jahren haben sich auf europäischer bzw. außereuropäischer Ebene eine Reihe von Initiativen gebildet und Projektkonstellationen entwickelt, bei denen Institutionen und Unternehmen aus dem Bereich Windenergie aus verschiedenen Ländern miteinander kooperieren. Dabei handelt es sich z.T. um Forschungs- bzw. Ausbildungsnetzwerke, EU-Projekte oder auch strategische Kooperationsplattformen.

Übergeordnete Zielsetzungen dieser Netzwerke und Vorhaben sind vor dem Hintergrund der wachsenden Bedeutung des Windenergiesektors u.a.:

- die Bündelung von vorhandenem Know-how, um Synergie-Effekte zu nutzen,
- die Steigerung der Effektivität der Forschung,
- die Unterstützung einer möglichst hohen Verbreitung des vorhandenen Know-how.

Nachfolgend werden ausgewählte Netzwerke, Projektverbundstrukturen sowie strategische Einrichtungen mit wichtigen Eckdaten dargestellt.

4.2.1 Internationale Energie-Agentur (IEA) – IEA Wind

Die Internationale Energie-Agentur (IEA) fördert seit über 30 Jahren im Rahmen sogenannter „Implementing Agreements“ den internationalen Austausch und die Kooperation in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Anwendung zu verschiedenen Energiethemen bzw. -technologien.

Derzeit gibt es innerhalb der IEA über 40 Implementing Agreements, davon befassen sich zehn mit regenerativen Energietechnologien (Stand: März 2008). Das Implementing Agreement bildet jeweils den vertraglichen Rahmen für die Kooperations- und Austauschaktivitäten der unterzeichnenden Mitglieder.

Das „International Energy Agency (IEA) Implementing Agreement for Cooperation in the Research, Development and Deployment of Wind Energy“ (kurz: IEA Wind) ist aus zwei Implementing Agreements zum Thema Windenergie hervorgegangen, die seit 1977 bzw. 1978 bestehen. Im Jahr 1991 wurden beide „Implementing Agreements“ zur IEA Wind zusammengeführt.

Derzeit beteiligen sich insgesamt 24 Vertragspartner an der IEA Wind. Diese stammen aus 20 Mitgliedsstaaten, wobei Italien und Norwegen mit jeweils zwei Einrichtungen vertreten sind. Unter den Vertragspartnern befinden sich auch die Europäische Kommission und die Europäische Windenergie-Vereinigung (EWEA) (Tabelle 4.16).

International Energy Agency (IEA) - Implementing Agreement for Co-operation in the Research, Development and Deployment of Wind Energy	
Art des Netzwerks	Informationsnetzwerk zur internationalen Windenergieforschung
Gründungsjahr	1977/1978
Anzahl der beteiligten Einrichtungen	24 Vertragspartner aus 20 verschiedenen Staaten sowie die EU-Kommission und die Europäische Windenergie-Vereinigung (EWEA)
beteiligte Länder	Australien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien (2 Mitglieder), Japan, Kanada, Korea, Mexiko, Niederlande, Norwegen (2 Mitglieder), Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, USA
Zielsetzungen	- wissenschaftliche Austauschplattform zu Windenergie-Forschungsthemen auf internationaler Ebene - Weiterentwicklung der Windenergie-Forschungsthemen und Grundlage für zukünftige internationale Forschungskooperationen
Zielgruppe	Regierungsvertreter, Energie-Agenturen, Forschungseinrichtungen/Koordinierungsstellen für Forschung in den Mitgliedsstaaten
Aktivitäten	ein Schwerpunkt liegt im Austausch von Forschungsergebnissen unter den Mitgliedsländern sowie dem Kontaktaustausch zur Planung und Durchführung von Forschungsprojekten; neben halbjährlichen Treffen des Executive Committee (ExCo) und der Herausgabe des jährlichen „Annual Report“ finden die Fachdiskussionen in einzelnen Tasks statt; derzeit gibt es 8 aktive Tasks: • *Cost of Wind Energy (Task 26)* • *Power System Operation with Large Amounts of Wind Power (Task 25)* • *Integration of Wind and Hydropower (Task 24)* • *Offshore Wind Energy Technology Development (Task 23)* • *Dynamic models of wind farms for power system studies (Task 21)* • *Horizontal axis wind turbine aerodynamics (HAWT) and models from wind tunnel measurements (Task 20)* • *Wind energy in cold climates (Task 19)* • *Base technology information exchange (Task 11)*
Organisationsstruktur	Internationales Netzwerk; Entscheidungen werden vom ExCo per Mehrheitsbeschluss gefällt (jedes Land hat eine Stimme); zweimal jährlich findet ein Treffen des ExCo statt; dort wird insbesondere über die zu bearbeitenden „Tasks“ entschieden; für die beschlossenen Tasks wird jeweils eine zuständige Institution für die Organisation bestimmt (Operating Agent)

Tabelle 4.16: Basisdaten zur IEA Wind (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Netzwerkangaben)

Die einzelnen Mitglieder werden von den Regierungen der Mitgliedsstaaten bestimmt. Neben Regierungsvertretern sind an der IEA Wind auch Vertreter wichtiger Forschungseinrichtungen aus den einzelnen Staaten oder Vertreter von Institutionen beteiligt, die eine koordinierende bzw. zentrale Rolle bei der Vergabe von Forschungsprojekten in den verschiedenen Staaten innehaben. Des Weiteren sind Energie-Agenturen unter den teilnehmenden Einrichtungen.

Das übergeordnete Ziel der IEA Wind ist die Unterstützung des Ausbaus der Windenergienutzung. Dazu bietet die IEA Wind den Mitgliedern eine wissenschaftliche Austauschplattform zu Forschungsthemen auf internationaler Ebene. Darüber hinaus sollen neue Forschungsthemen angestoßen und die Grundlage für weitere internationale Forschungskooperationen gelegt werden.

Die Organisation des Informationsaustausches sowie die Entscheidung darüber, welche Forschungsoberthemen auf die Agenda gesetzt werden, erfolgt über das sogenannte Executive Committee (ExCo). Dieses Gremium setzt sich aus je einem Vertreter und Stellvertreter der Vertragsparteien der meisten Mitgliedsländer des Implementing Agreements zusammen. Das ExCo trifft sich zweimal im Jahr, um die FuE-Programme der einzelnen Mitgliedsländer sowie den Fortschritt in einzelnen Forschungsbereichen zu erörtern und die künftige Ausrichtung der Forschung und Maßnahmen zu diskutieren. Die durch das ExCo ausgewählten Forschungsthemen werden in sogenannten Tasks behandelt. Insgesamt wurden im Windenergiebereich bislang 26 Tasks behandelt, davon sind derzeit acht Tasks aktiv:

- Cost of Wind Energy (Task 26)
- Power System Operation with Large Amounts of Wind Power (Task 25)
- Integration of Wind and Hydropower (Task 24)
- Offshore Wind Energy Technology Development (Task 23)
- Dynamic models of wind farms for power system studies (Task 21)
- Horizontal axis wind turbine aerodynamics (HAWT) and models from wind tunnel measurements (Task 20)
- Wind energy in cold climates (Task 19)
- Base technology information exchange (Task 11)

Während die thematische Ausrichtung in den Tasks 19 bis 26 festgelegt ist, nimmt Task 11 eine Sonderstellung ein, da er unter thematischen Gesichtspunkten dynamisch angelegt ist. In den Workshops zu diesem Task werden v.a. aktuelle Fragestellungen bearbeitet, die bislang noch nicht Gegenstand der übrigen Tasks sind. Auf der Grundlage der Diskussionsergebnisse der Workshopteilnehmer können einzelne, als relevant eingestufte Themen zu einem eigenständigen, neuen Task entwickelt werden.

4.2.2 European Academy of Wind Energy (EAWE)

Im Oktober 2003 wurde die europäische Windenergieakademie EAWE offiziell gestartet. EAWE wird von den ursprünglichen Gründungsinstitutionen aus Dänemark, Deutschland, Griechenland und den Niederlanden als Antwort auf die steigende Nachfrage nach einem stärkeren Zusammenwirken der europäischen Windenergieforschung bezeichnet. Zunächst waren am EAWE-Netz elf Gründungsinstitutionen beteiligt:

- Dänemark: Risø-Institut, TU Dänemark, Universität Aalborg und DHI Water and Environment
- Deutschland: ISET und Universität Kassel
- Griechenland: CRES, TU Athen und Universität Patras
- Niederlande: ECN und TU Delft (Duwind)

Mittlerweile nehmen am EAWE-Netz weitere Institutionen aus Deutschland, Großbritannien, Norwegen und Spanien teil. Die Gesamtzahl der beteiligten Institutionen liegt derzeit bei 25 (Stand: Februar 2008).

Zu den Zielsetzungen von EAWE gehört es, die windenergiespezifische Forschung und Lehre auf der Ebene der Doktorandenausbildung im europäischen Raum besser zu koordinieren und gemeinsam im Forschungs- und Bildungsmarkt aufzutreten. Dadurch soll ein Beitrag zur Sicherung bzw. zum Ausbau des Spitzenplatzes der europäischen Windenergieindustrie geleistet werden.

Strukturell ist EAWE als lockeres Netzwerk organisiert, dem ein im Jahresturnus wechselnder Präsident vorsteht. Momentan liegt die Präsidentschaft beim ISET in Kassel (Stand: Februar 2008). Die Koordinierung erfolgt nach Angaben von EAWE-Vertretern durch ein eigens eingerichtetes Büro.

Aufgabe des Präsidenten ist u.a. die Außendarstellung der EAWE, inhaltlich sind alle Institute eigenständig forschend tätig. Die Aktivitäten von EAWE fokussieren sich auf drei Bereiche (vgl. Tabelle 4.17, S. 95):

- Erhöhung des Know-how auf der Forschungs-/wissenschaftlichen Ausbildungsebene,
- Wissenstransfer in die Forschung und Industrie sowie
- Langfrist-Forschungsvorhaben.

Erhöhung des Know-how auf der Forschungs-/wissenschaftlichen Ausbildungsebene

Durch den Austausch von Doktoranden soll die Lücke im Bestand an hochqualifizierten Wissenschaftlern, die zwischen Europa und Nationen wie den USA oder Japan besteht, überbrückt werden. Dadurch sollen den Unternehmen mehr hochqualifizierte Wissenschaftler als potenzielle Mitarbeiter zur Verfügung stehen. Zudem ist es ein Ziel, die wissenschaftliche Ausbildung durch den kurzfristigen Austausch von Wissenschaftlern unter den Teilnehmern des EAWE-Netzwerkes zu verbessern und die vorhandene Wissensbasis zu verbreitern.

Zudem wird ein höherer Nutzungsgrad vorhandener Infrastruktureinrichtungen wie

- large oder full-scale Laboratorien und
- Testeinrichtungen (Rotorblatt-Testeinrichtungen, Windtunnel, Onshore- und Offshore-Messeinrichtungen etc.)

durch die gemeinsame oder komplementäre Nutzung angestrebt.

Wissenstransfer in die Forschung und Industrie

Um das innerhalb des Netzwerks erworbene/entstehende Wissen auf möglichst breiter Ebene an Forscher, Studenten, Ingenieure und die Führungsebene der Industrie sowie andere potenzielle Nutzer weiterzuleiten, werden zudem internationale Trainings-Kurse eingerichtet. Diese Kurse werden von den EWEA-Mitgliedsinstitutionen und europäischen sowie außereuropäischen Nutzern angeboten.

Zur Verbesserung des Wissenskreislaufes sollen zudem öffentlich zugängliche Internet- bzw. Intranetangebote eingerichtet sowie internationale Seminare und Summer-Schools durchgeführt werden. Spezielle Dienstleistungen und Angebote sollen technologische Innovationen bei Unternehmen der Windindustrie unterstützen. Des Weiteren ist die EAWE bzw. sind EAWE-Mitglieder auch in den Bereich der internationalen Normung eingebunden (CENELEC und IEC).

Langfristige Forschungsaktivitäten

In Bezug auf die langfristigen Forschungsaktivitäten wurden von der EAWE die nachfolgenden thematischen Bereiche als Forschungsfelder mit einer hohen Forschungspriorität versehen:

- **Langfrist-Windprognosen** (u.a. Windpotenziale, Jahresenergieertrag, mikroklimatische Effekte in komplexem Gelände)
- **Externe Faktoren für die Auslegung/das Design von WEA und Komponenten** (u.a. Charakteristika von Wind- und Wellenregimen, atmosphärische Strömung und Turbulenzen, Vorhersage von außergewöhnlichen Ereignissen)
- **WEA-Technologie** (u.a. aerodynamische, aeroelastische und aeroakustische Aspekte, Generatoren, Leistungselektronik und Regelungen, Lasten, Anlagensicherheit und Zuverlässigkeit, Materialforschung, Mechanismen der Materialermüdung, neue Anlagenkonzepte, Lebensdaueranalysen von Komponenten und Materialien etc.)
- **Netzintegration/Systemeinbindung** (u.a. Netzanbindung, Energiequalität, Kurzfrist-Leistungsprognosen, Condition Monitoring, Anlagenwartung nach Bedarf, neue Speicher- und Übertragungssysteme)
- **Energiewirtschaftliche Integration der Windenergie** (u.a. Integration der Windenergie in die Kraftwerkseinsatzplanung und den Handel mit Elektrizität, virtuelle Kraftwerke, transnationale und transkontinentale Lieferungsstrukturen, Kontrolle dezentraler Energiesysteme)

European Academy of Wind Energy (EAWE)	
Art des Netzwerks	Forschungs- und Ausbildungsnetzwerk
Gründungsjahr	2003
beteiligte Länder	Dänemark, Niederlande, Deutschland, Griechenland, Norwegen, Spanien und Großbritannien
Anzahl der beteiligten Einrichtungen	25
Beteiligte Einrichtungen	**Dänemark:** Risø National Laboratory/ TU Dänemark, Universität Aalborg, DHI Water & Environment **Niederlande:** ECN, TU Delft **Deutschland:** ISET, Universität Kassel, Universität Hannover, Universität Magdeburg, Universität Stuttgart, Universität Oldenburg **Griechenland:** CRES, TU Athen, Universität Patras **Norwegen:** SINTEF, Institute for Energy Technology (IFE), Norwegische Universität of Science and Technology **Spanien:** CENER **Großbritannien:** CCLRC Rutherford Appleton Laboratory, Imperial College London, Manchester Metropolitan University, Queen Mary University, University of Durham, Loughborough University, University of Manchester, University of Strathclyde, University of Surrey
Zielsetzungen	Gemeinsame Durchführung von langfristig angelegten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Koordinierung von qualitativ hochwertiger wissenschaftlicher Forschung und Ausbildung
Zielgruppe	Doktoranden, keine Erstausbildung (Diplom-Studiengänge)
Aktivitäten	Intensivierung des Transfers von Forschungs-Know-how durch den Austausch von Doktoranden, Wissenschaftlern und Ausnutzung der vorhandenen Forschungsinfrastrukturen Entwicklung von internationalen Ausbildungskursen, Verbreiterung der Wissensbasis auch in KMU mit dem Ziel der Erhöhung des Leistungsniveaus Längerfristige Forschungsaktivitäten in Bereichen wie: - Langfristprognosen - externe WEA-Einflussfaktoren - WEA-Technologie - Netzeinbindung/energiewirtschaftliche Einbindung Windenergie
Organisationsstruktur	Lockeres Netzwerk mit zentralem Sekretariats-Büro am Sitz des EAWE-Präsidenten, turnusmäßiger Wechsel des Präsidenten **Aktueller Präsident:** Prof. Dr. Jürgen Schmid, ISET e.V. Kassel

Tabelle 4.17: Basisdaten European Academy of Wind Energy (EAWE) (Stand: Februar 2008) (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Netzwerkangaben)

4.2.3 European Wind Energy Technology Platform (TP Wind)

Im Oktober 2006 fiel in Brüssel der Startschuss für die Europäische Technologieplattform Wind (TP Wind). TP Wind gehört zu einer Reihe von Plattformen, die auf das in der Kommissionsmitteilung COM(2004)353 „Science and technology, the key to Europe´s future – Guidelines for future European Union policy to support research“ vom 16. Juni 2004 vorgestellte Konzept der europäischen Technologieplattformen zurückgehen [9]. Absicht der EU-Kommission ist es, durch die Technologieplattformen im 7. EU-Forschungsrahmenprogramm die Industrieunternehmen und damit deren Interessen stärker in die Forschung einzubinden.

In den Forschungsplattformen sollen die relevanten Akteure in dem jeweiligen Technologiesektor

- eine gemeinsame Zielsetzung und Forschungsstrategie für den Ausbau des Sektors entwickeln und verfolgen,
- Synergie-Effekte in Bezug auf Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten generieren,
- öffentliche und private Fördermittel erschließen und
- einen Beitrag zur Politik und EU-Strategien leisten.

Im Hinblick auf den Windenergiesektor ist es die Vision bzw. Zielsetzung, den Windenergiesektor bis zum Jahr 2030 soweit auszubauen, dass rd. 23 Prozent des europäischen Stromverbrauchs über die Windenergie abgedeckt werden können. In der Technologieplattform Wind werden unter Beteiligung der wichtigen Akteure des Windenergiesektors Prioritäten für die Forschung im Bereich Windenergie auf EU-Ebene identifiziert und formuliert. Darüber hinaus sollen durch das TP-Wind-Netzwerk die nationalen Forschungsprogramme im Windsektor koordiniert und die Rahmenbedingungen für den Ausbau der Windenergie in den EU-Ländern verbessert werden. Über den thematischen Zielsetzungen steht die Realisierung von Kostensenkungspotenzialen, um die Wettbewerbsfähigkeit der Windenergie zu steigern.

Ausgangspunkt für die Entwicklung der Forschungsstrategie der TP Wind sind u.a. die Ergebnisse des von der Europäischen Windenergievereinigung EWEA finanzierten Projekts „Windenergy Thematic Network“ (2001 – 2005) sowie die Erkenntnisse der Offshore-Windenergiekonferenzen in Kopenhagen (2005) und Berlin (2007).

Der organisatorische Aufbau der Technologieplattform Wind ist vergleichsweise komplex (Abbildung 4.1). An der Spitze stehen:

- ein Führungsgremium (Steering Committee), dem derzeit 25 Vertreter aus verschiedenen Bereichen angehören (64 Prozent Industrie, 36 Prozent Forschung/akademische Einrichtungen); geführt wird das Steering Committee durch ein mit fünf Mitgliedern besetztes Ausführungskomitee, das für einen Zeitraum von 18 Monaten gewählt wird
- eine sog. Spiegelplattform, in der die politisch-administrative Seite der Mitgliedsstaaten vertreten ist
- eine Finance Working Group

Des Weiteren gibt es eine Technologie-Forschungs- und Entwicklungsgruppe sowie eine Politik/Marktentwicklungs-Arbeitsgruppe, die sich wiederum in insgesamt sechs einzelne, thematisch besetzte Arbeitsgruppen unterteilt:

- WG 1 – Ressource Wind
- WG 2 – Windenergietechnologie (Maschine und Rotor)
- WG 3 – Netzintegration von Windenergieanlagen
- WG 4 – Offshore-Entwicklung und Betrieb
- WG 5 – Märkte und Ökonomie
- WG 6 – Politik und Umwelt

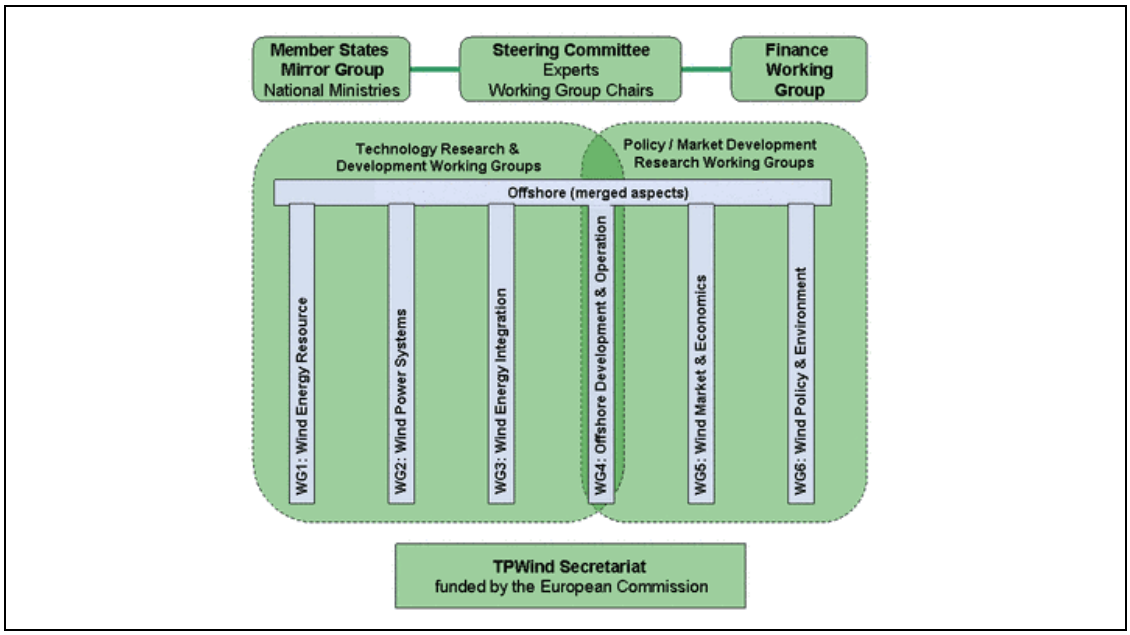


Abbildung 4.1: Struktur der europäischen Technologieplattform Wind (Quelle: European Wind Energy Technology Platform)

Für Aufgaben wie Koordinierung, logistische und organisatorische Unterstützung sowie Berichterstattung an die Kommission ist ein von der EU finanziell unterstütztes TP-Wind-Zentralsekretariat in Brüssel zuständig.

Die thematisch besetzten Arbeitsgruppen WG 1 bis WG 6 bestehen aus maximal 20 Vertretern verschiedener Institutionen, von Industrie-Unternehmen und Energieversorgern. Die einzelnen Mitglieder wurden auf der Grundlage einer Interessensbekundung ausgewählt, die über das Sekretariat abgewickelt wurde. Jeder Arbeitsgruppe hat einen eigenen Vorsitzenden, der im Rahmen einer Sitzung des Lenkungsausschuss im Mai 2007 gewählt wurde.

Die erste Generalversammlung von TP Wind hat im November 2007, die zweite Mitte Februar 2008 stattgefunden. Auf der europäischen Windenergie-Konferenz EWEC 2008 soll ein Workshop stattfinden, auf dem Mitglieder der TP Wind nach dem ersten operativen Jahr des Netzwerkes die erste strategische Forschungs-Agenda sowie Dokumente zur Marktentwicklungsstrategie vorstellen können (Stand: Februar 2008).

Ein Überblick über die Eckdaten von TP Wind ist in Tabelle 4.18 dargestellt.

European Wind Energy Technology Platform (TP Wind)	
Art des Netzwerks	Technologieorientiertes Strategienetzwerk mit enger Anbindung an die Windindustrie auf EU-Ebene
Gründungsjahr	2006
Beteiligte Einrichtungen	relativ große Anzahl von Institutionen und Unternehmen, abhängig von den einzelnen Arbeitsgruppen, es gibt sechs Arbeitsgruppen mit z.T. mehr als 20 Beteiligten aus den verschiedensten Bereichen
Zielsetzungen	gezielte EU-Forschungsstrategie, die Grundlagen für einen deutlichen Ausbau der Nutzung der Windenergie schafft und die Nutzung von Synergie-Effekten durch Vernetzung ermöglicht Realisierung von Kostensenkungspotenzialen
Organisationsstruktur	Netzwerk bestehend aus einer übergeordneten strategischen Ebene/Führungsebene, inhaltlichen Arbeitsgruppen und einem von der Europäischen Kommission finanzierten Zentralsekretariat Struktur strategische/Führungsebene: *- Spiegelplattform der Mitgliedsländer (Mirror Group)* *- Führungsgruppe (Steering Committtee)* *- Finance Working Group* Struktur thematische Arbeitsgruppen: *- WG 1 – Ressource Wind* *- WG 2 – Windenergietechnologie (Maschine und Rotor)* *- WG 3 – Netzintegration von Windenergieanlagen* *- WG 4 – Offshore-Entwicklung und Betrieb* *- WG 5 – Märkte und Ökonomie* *- WG 6 – Politik und Umwelt* Zentralsekretariat, u.a. zuständig für: *- Koordinierungsaufgaben* *- Berichterstattung an die Kommission* *- Mitgliederauswahl der einzelnen Arbeitsgruppen* *- logistische und organisatorische Unterstützung*

Tabelle 4.18: Basisdaten European Wind Energy Technology Platform (TP Wind)
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, TP Wind-Angaben)

4.2.4 World Wind Energy Institute (WWEI)

Das World Wind Energy Institute wurde im Mai 2006 gegründet und Ende 2006 offiziell gestartet. Im Unterschied zu den übrigen im Rahmen dieser Studie vorgestellten Netzwerk-/Verbundstrukturen ist das WWEI nicht auf europäische Teilnehmerländer beschränkt, sondern weltweit organisiert. Beim WWEI handelt es sich um ein dezentrales Netzwerk von derzeit insgesamt sieben Mitgliedern (Stand Dezember 2007), eine Erweiterung um zusätzliche Standorte ist vorgesehen:

- EOLICA/Brazilian Wind Energy Center (CBEE) (Brasilien)
- St. Lawrence College – Energy House (Kanada)
- Asian Wind Energy Training Centre (China)
- Centre for the Study of Renewable Energy Technologies (Kuba)
- Nordic Folkecenter for Renewable Energy (Dänemark)
- African Wind Energy Training Centre/Mansoura University (Afrika)
- Kola Science Center of Russian Academy of Sciences (Russland)

Das Interims-Sekretariat wurde zunächst am dänischen Nordic Folkecenter for Renewable Energy angesiedelt (Tabelle 4.19).

Das WWEI wurde gegründet, um dazu beizutragen, die Defizite abzubauen, die in den Bereichen von Ausbildung und Praxis-Training in einigen Ländern und Regionen in den Bereichen Windenergie und regenerative Energien allgemein bestehen [10]. Diese Lücken sollen v.a. durch entsprechende Aus- und Weiterbildungskurse in den einzelnen Mitgliedszentren des WWEI durch Weitergabe von Know-how und Praxis-Erfahrungen geschlossen werden. Das WWEI kann vor diesem Hintergrund in Bezug auf die Ausrichtung weniger als Forschungsnetzwerk, sondern eher als Aus- und Weiterbildungsnetzwerk eingestuft werden.

Das Weiterbildungsprogramm des WWEI wurde für eine erste Studentengruppe am 15. Mai 2007 am Nordic Folkecenter for Renewable Energy in Dänemark gestartet. Gegenstand des ersten Kursteils war eine umfassende theoretische und praktische Einführung in regenerative Energietechnologien. Im August 2007 wurde die Gruppe aufgeteilt, um in der Folgezeit in den verschiedenen WWEI-Zentren in jeweils unterschiedlichen Schwerpunktbereichen der Windenergie bzw. regenerativer Energien ausgebildet zu werden. Die nächsten WWEI-Kurse sind im Oktober 2007 sowie im Januar 2008 gestartet (Stand: März 2008).

Um die Lehrgangsteilnehmer auf die Praxis vorbereiten zu können, kommt der praktischen Ausbildungskomponente nach Angaben des Instituts eine zentrale Rolle zu. Im Rahmen des ersten Kurses haben alle Teilnehmer an realen Projekten teilgenommen. Dabei ging es z.B. um die Konstruktion von hybriden Wind-Solar-Insel-Systemen, den Austausch von Generatoren etc. Zusätzlich hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, sich an Forschungsarbeiten zu beteiligen oder sich mit sozialen und politischen Fragestellungen zu befassen. Neben der Windenergie wird allen Teilnehmern Basiswissen in den Bereichen Bio- und Solarenergie vermittelt, das auf Wunsch durch entsprechende Angebote vertieft werden kann.

World Wind Energy Institute (WWEI)	
Art des Netzwerks	dezentral organisiertes Ausbildungsnetzwerk, weltweit
Gründungsjahr	2006
Beteiligte Einrichtungen	sieben existierende Ausbildungs- und Forschungszentren, die sich auf Windenergie und erneuerbare Energietechnologien spezialisiert haben - EOLICA/Brazilian Wind Energy Center (CBEE) (Brasilien) - St. Lawrence College – Energy House (Kanada) - Asian Wind Energy Training Centre (China) - Centre for the Study of Renewable Energy Technologies (Kuba) - Nordic Folkecenter for Renewable Energy (Dänemark) - African Wind Energy Training Centre/Mansoura University (Afrika) - Kola Science Center of Russian Academy of Sciences (Russland)
Zielsetzungen	Verbreitung von Know-how über Windenergie und EE-Technologien, um Umbau auf erneuerbare Energien zu beschleunigen, teilweise gesellschaftspolitische Ausrichtung
Zielgruppe	Studenten, die über einen Masterabschluss im Ingenieurwesen oder in einem anderen wissenschaftlichen Bereich verfügen
Organisationsstruktur	lockerer Netzwerkverbund, Interims-Sekretariat am dänischen Nordic Folkecenter for Renewable Energy

Tabelle 4.19: Basisdaten World Wind Energy Institute (WWEI)
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Institutsangaben)

4.2.5 EU-Großprojekt UpWind

Beim UpWind-Projekt handelt es sich um das größte europäische FuE-Projekt, das bislang im Windenergiebereich initiiert wurde. UpWind wurde als sogenanntes integriertes Projekt im Rahmen des 6. EU-Forschungsrahmenprogramms gestartet. Integrierte Projekte sollen einen Strauß von Einzelmaßnahmen bearbeiten, die in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung einen unterschiedlichen Umfang und Aufbau aufweisen können. Zu den Aktivitäten gehören beispielsweise FuE- und/oder Demonstrationsleistungen, die Nutzung und Verwertung der Kenntnisse, Wissenstransfer sowie Personalaustausch.

Projektbeginn war im März 2006, die Laufzeit beträgt 5 Jahre (Februar 2011). In Summe sind an diesem europäischen Großforschungsprojekt rd. 40 Partner aus unterschiedlichen Disziplinen und Ländern aus den Bereichen Industrie, Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Dienstleister beteiligt. Die Projektkoordination erfolgt durch das dänische Risø/DTU-Institut.

Das Budget liegt bei über 22 Mio. Euro, davon werden rd. 14 Mio. Euro durch die EU finanziert (Tabelle 4.20).

UpWind	
Art des Projektes	EU-Projekt aus der Kategorie der sogenannten integrierten Projekte im Rahmen des 6. EU-Forschungsrahmenprogramms, bislang größtes europäisches FuE-Projekt im Windenergiebereich
Beginn	2006
Laufzeit	5 Jahre
Budget	22 Mio. Euro, davon rd. 14 Mio. Euro von der EU
Projektkoordinator	Risø-/DTU-Institut
beteiligte Einrichtungen	rd. 40 Partner sind in das Projekt involviert (Hochschulen, Industrieunternehmen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Dienstleister)
Zielsetzungen	Grundlegende Weiterentwicklung der Windenergietechnik (Anlagen und Komponenten) Stärkung der Konkurrenzfähigkeit der Windenergienutzung im Vergleich zu anderen Energieträgern durch innovative Konzepte und unter dem Gesichtspunkt der Kostenoptimierung
Forschungsbereiche	*Insgesamt 15 Arbeitspakete in Bereichen wie* *- Meteorologie,* *- Netzintegration,* *- WEA-Antriebstechnik, Generator und Leistungselektronik,* *- Aerodynamik und Aeroelastik,* *- neue Rotorblatttypen, -konzepte und -materialien,* *- Regelungstechnik,* *- Fundamente und Gründungen etc.*

Tabelle 4.20: Eckdaten zum UpWind-Projekt (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR-Recherche, Angaben Projektteilnehmer)

Zielsetzung des Projektes ist die Weiterentwicklung der bestehenden Windenergietechnik und die Untersuchung innovativer technologischer Ansätze. Dadurch soll der Ausbau des Windenergiesektors unterstützt werden und die Konkurrenzfähigkeit zu anderen Energieträgern verbessert werden.

Durch das UpWind-Projekt soll Know-how aufgebaut werden, das die Windindustrie für das Anlagendesign und die Produktion von Groß-WEA für künftige Anwendungsbereiche wie Offshore-Windparks mit Leistungen von mehreren 100 MW benötigt. Im Fokus stehen dabei Groß-WEA mit Nennleistungen von ca. 8 bis 20 MW [11], [12]. Es handelt sich hier um eine Anlagenkategorie, die mit den derzeitigen Design-Methoden sowie den bislang verfügbaren Komponenten und Materialien nach Einschätzung der EWEA kaum realisiert werden kann.

Das gesamte Großforschungsprojekt umfasst 15 verschiedene Arbeitspakete, die aufgrund thematischer Schnittstellen z.T. miteinander in Verbindung stehen:

- **Integral Design Approach and Standards**
  - Entwicklung ganzheitlicher Design- und Standardisierungsansätze für Windenergieanlagen
- **Metrology**
  - Entwicklung von neuen windenergiespezifischen Messtechnik-Tools, die zu einer Verbesserung der Mess- und Testverfahren führen sollen
- **Training**
  - Erstellung eines einheitlichen und modularen Lehrkonzeptes im Bereich Windenergie
  - Berücksichtigung bereits bestehender Lehrkonzepte sowie aktueller Forschungsergebnisse des UpWind-Projektes
  - Aufbau des EDV-basierten „Wind Energy Information and Education Networks (WEIEN)“
- **Innoblade**
  - Innovatives Rotorblattdesign (Materialien, Struktur, Aerodynamik etc.)
- **Transmission and Conversion**
  - Forschungen und Untersuchungen im Bereich Antriebsstrang und Antriebsstrangkomponenten (u.a. Lasten, Design)
  - Generatortechnologie
  - Leistungselektronik
- **Smart rotor blades and rotor control**
  - Entwicklung und Vermessung neuer lärmreduzierter sowie leistungsfähiger und lastenoptimierter Profilschnitte zum Einsatz bei adaptiven Rotoren [13] [10]
- **Upscaling**
  - Trends, Kostenanalysen, Identifikation von grundsätzlichen Grenzen und Barrieren etc.
- **Aerodynamics and aero-elastics**
  - Weiterentwicklung numerischer Berechnungsmethoden für aerodynamische, aeroakustische und aeroelastische Simulationen
- **Rotor structure and materials**
- **Offshore foundations and support structures**
  - Untersuchung innovativer und kostengünstiger Tragstrukturen von Offshore-Windkraftanlagen
  - Integrierter Entwurf von Tragstrukturen und Rotor-Gondel-Systemen
- **Control systems**
  - Weiterentwicklung von Kontrollsystemen vor dem Hintergrund der Reduktion von Lasten
  - Validierung der erwarteten Lastreduktion im Rahmen eines Feldtests
  - Entwicklung von WEA- und Windparkkontrollsystemen, die zu einer Verbesserung der Netzintegration und Energiequalität beitragen

---

[10] *adaptive Rotoren = Rotorblätter, bei denen die Stromungsverhältnisse durch Veränderung der Profilform oder direkte Beeinflussung der Strömung mit Hilfe sog. Aktuatoren kontinuierlich optimiert werden*

- **Remote sensing**
  - Kalibrierung und Verbesserung von SODAR- und LIDAR-Messungen
  - Vergleich von Messverfahren in flachem und komplexem Gelände
  - Strömungssimulation, u.a. über numerische Strömungsmodelle
- **Condition monitoring**
  - Optimierung von Condition Monitoring Systemen für WEA der nächsten Generation, Fehler-Statistiken, Standardisierung
- **Flow**
  - Untersuchung von Nachlauf-Effekten bei Windparks in komplexem Gelände, Reduzierung von Nachlauf-Effekten
  - Optimierung der Wirtschaftlichkeit von Windparks durch betriebliches Lastmanagement
- **Electric grid**
  - Elektrotechnische Aspekte von Windenergieanlagen vor dem Hintergrund der Netzintegration
  - Grid-Code-Anforderungen, windklimatologische Extremsituationen, windparkspezifische Kontrollmöglichkeiten

4.3 Fazit Windenergieforschung international

Die Strukturanalyse ausgewählter Windenergieforschungsinstitute zeigt, dass in den einzelnen Untersuchungsländern bis auf wenige Ausnahmen (Schweden und Großbritannien) historisch bedingt ein wesentlicher Teil der Windenergieforschung tendenziell über zentrale Forschungs- und Ausbildungsstrukturen abgedeckt wird. Besonders erfolgreich konnten sich die niederländische Einrichtung ECN und das dänische Risø-Institut in der internationalen Forschungslandschaft positionieren.

Beide Institute sind seit den 70er Jahren in der Windenergieforschung aktiv und haben sich mit dem Wachstum des WEA-Marktes kontinuierlich weiterentwickelt. Unter den jüngeren Forschungseinrichtungen ist die höchste Wachstumsdynamik bei dem spanischen Institut CENER zu verzeichnen. Seit dem offiziellen Start im Jahr 2002 wird bei CENER sukzessive ein umfangreicher und leistungsfähiger Bestand an Testeinrichtungen aufgebaut.

Die führende Position von Dänemark und den Niederlanden in der internationalen Windforschung kann neben dem fachlichen Know-how in erster Linie auf die ähnliche Struktur und den Aufbau einer eigenen Forschungsindustrie zurückgeführt werden. Während Dänemark allerdings mit dem Weltmarktführer Vestas und Siemens Wind Power sowie dem Rotorblatthersteller LM Glasfiber über wichtige Marktplayer der Windindustrie verfügt, ist in den Niederlanden kein industrieller Schwerpunkt mehr vorhanden. Am Beispiel von ECN (Niederlande) lässt sich dies folgendermaßen darstellen (Abbildung 4.2):

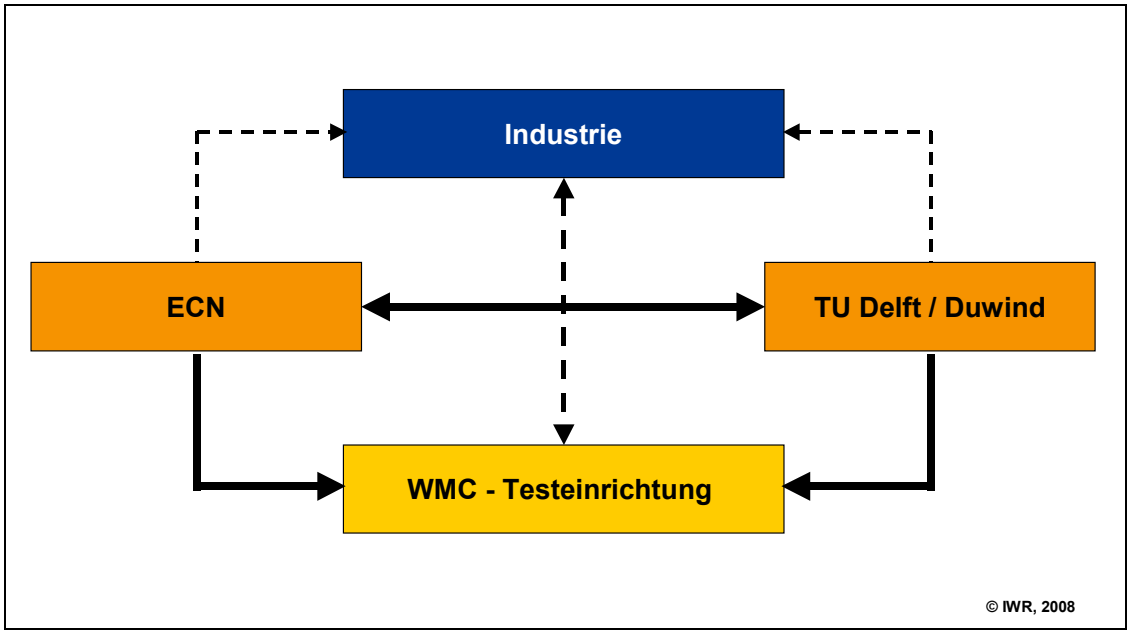


Abbildung 4.2: Schema der Forschungsstruktur bzw. -organisation am Beispiel der Niederlande (Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

Als zentrale Großforschungseinrichtung der Niederlande im Energiesektor ist ECN im Windenergie-Segment eher auf die angewandte Forschung ausgerichtet.

Gleichzeitig besteht seit vielen Jahren bereits eine enge Kooperation zwischen ECN und der TU Delft bzw. der auf den Bereich Windenergie spezialisierten Abteilung Duwind, die tendenziell eher im Bereich der Grundlagenforschung aktiv ist. Darüber hinaus gibt es eine enge Kooperation zwischen ECN und der Testeinrichtung WMC, die ursprünglich aus der TU Delft hervorgegangen ist. Durch diese Verbindungen und Kooperationsansätze wurden in der niederländischen Forschungslandschaft wichtige Voraussetzungen für einen funktionierenden Wissenskreislauf geschaffen. Studierende erhalten so in ihrem Studium die Möglichkeit, die wichtige Verbindung zur Praxis aufzubauen. Zudem bieten sich durch die enge Zusammenarbeit zwischen angewandter sowie universitärer Forschung und Testeinrichtungen interessante Ausgangsbedingungen für Industrieunternehmen, um gezielt Forschungskooperationen einzugehen.

Mit der direkten Anbindung des Risø-Instituts an die Technische Universität des Landes im Jahr 2007 hat sich auch in Dänemark ein Wandel vollzogen, der vom grundsätzlichen Ansatz her zu einer ähnlichen Forschungsstruktur wie der in den Niederlanden geführt hat.

5 Klassifizierung nationaler und internationaler Forschungsstrukturen

5.1 Struktur-Modelltypen von Forschungseinrichtungen im Windenergiesektor

Um eine systematische und vergleichende Betrachtung der Organisations- und Forschungsstrukturen in den verschiedenen Ländern vornehmen zu können, wurden vier theoretische Struktur-Modelltypen mit einem zunehmenden Grad der Zentralisierung definiert (Abbildung 5.1).

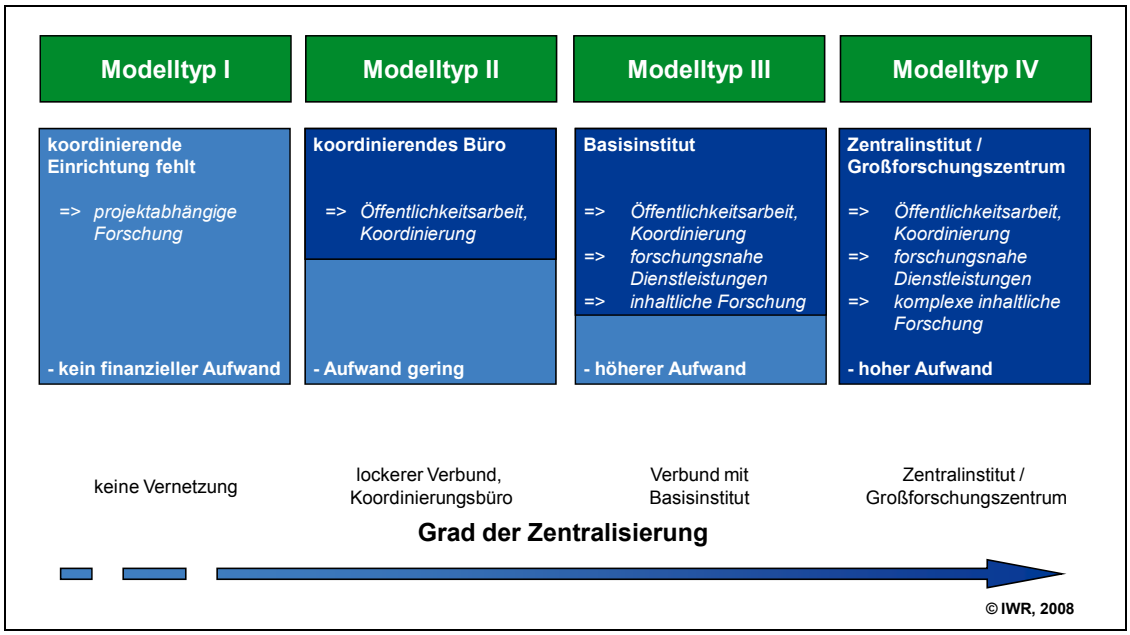


Abbildung 5.1: Klassifikation und Modelltypen von Forschungsstrukturen im Windenergiesektor (Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

Modelltyp I – dezentrale Forschungsstruktur

Modelltyp I ist durch eine fehlende koordinierende Einrichtung gekennzeichnet. Die Forschung erfolgt daher auf vielfältigen Ebenen und ist in erster Linie projektabhängig. Vernetzungen einzelner Einrichtungen untereinander zur Erschließung von Synergie-Effekten sind nicht oder nur eingeschränkt vorhanden. Für diesen Fall der Forschungsstruktur fallen daher neben den Kosten für die Abwicklung der Forschungsprojekte keine zusätzlichen Finanzierungskosten an.

Modelltyp II – Forschungsstruktur mit Koordinierungsbüro

Für eine Windenergieforschungslandschaft, die nach dem Modelltyp II organisiert ist, wird angenommen, dass ein Minimum an Koordinierung landesspezifischer Forschungsaktivitäten durch Koordinierungsstellen erfolgt. Diese beschränkt sich jedoch auf organisatorische Aufgaben und übernimmt zusätzliche Aufgaben aus dem Bereich Öffentlichkeitsarbeit. Das zentrale Büro verfügt jedoch nicht über Kompetenzen und Aktivitäten auf der inhaltlichen Forschungsebene.

Modelltyp III – Forschungsstruktur mit Basisinstitut

Modelltyp III erfordert einen höheren Grad an Koordination. Neben der Koordinierung der Forschung und Öffentlichkeitsarbeit werden auch eigenständige Dienstleistungen angeboten, eigene Forschung auf ausgewählten Feldern kann durchgeführt werden. Dazu könnten z.B. gehören:

- die Vertretung der nationalen Forschungsinteressen auf internationaler Ebene durch eine ausreichende Präsenz,
- der Betrieb von Testeinrichtungen (Windtestfeld, Prüf- und Teststände etc.),
- die Unterstützung nationaler Positionen in internationalen Normungsprozessen sowie
- die Durchführung inhaltlicher Forschung.

Im Unterschied zu Modelltyp II ist der finanzielle Aufwand für die Einrichtung und den Betrieb im Vergleich zum reinen Koordinierungsbüro höher.

Modelltyp IV – Forschungsstruktur mit Zentralinstitut

Eine Forschungsstruktur nach dem Modelltyp IV findet sich in internationalen zentralen Forschungseinrichtungen wie z.B. Risø/DTU in Dänemark. Hier handelt es sich um zentrale FuE-Institute, die unter dem Dach einer Großforschungseinrichtung neben einer breiten Palette an organisatorischen Aufgaben und einer entsprechenden leistungsstarken Infrastruktur auch umfangreiches Forschungs-Know-how vorhalten. Der Aufwand für die Einrichtung und den Betrieb ist im Vergleich zu einem Basisinstitut höher.

5.2 Auswertung nach Ländern

Auf der Grundlage der o.g. Modelltypen können von den neun betrachteten Ländern Großbritannien und Deutschland in die Kategorie I eingeordnet werden. Tendenziell weist die Forschungsstruktur auf nationaler Ebene zum jetzigen Zeitpunkt die Merkmale des Modelltyps I auf, allerdings werden durch die Bildung von Netzwerkstrukturen vor allem auf dem Forschungsgebiet außerhalb der Maschine selbst erste Ansätze eines Übergangs zum Modelltyp II sichtbar.

Obwohl es in Schweden mit der Umweltschutzbehörde und Elforsk zwei Institutionen gibt, die koordinierende Aufgaben innerhalb der Windenergieforschung übernehmen, kann diese Struktur tendenziell dem Modelltyp II zugeordnet werden. Strukturen aus einer Mischung zwischen Modelltyp III und IV finden sich beispielsweise in Portugal. Neben der landesspezifischen Großeinrichtung INETI ergänzen sich zwei weitere Non-Profit-Institute z.T. durch Aufgabenteilung bzw. unterschiedliche Forschungsschwerpunkte.

Die am häufigsten anzutreffende Struktur in den verschiedenen Ländern ist die des Zentralinstituts (Modelltyp IV). Neben den USA weisen in Europa Dänemark (Risø/DTU), die Niederlande (ECN), Spanien und Griechenland derartige Organisationsstrukturen auf.

6 Trends und Rahmenbedingungen

Ausgehend von den derzeitigen Forschungsstrukturen auf nationaler bzw. internationaler Ebene ist es für die Positionierung eines Forschungsstandortes von entscheidender Bedeutung, wie sich zentrale Rahmenbedingungen der Windenergiemärkte in Zukunft entwickeln. Wesentliche Einflussfaktoren dabei sind

- Internationaler Windenergiemarkt/Entwicklung neuer Leitmärkte,
- der Einfluss der EU sowie
- die internationale Normung.

6.1 Zur internationalen Entwicklung des Windenergiemarktes

Um ihre Wettbewerbsfähigkeit auf den internationalen Märkten zu sichern, müssen die Unternehmen ihre Prozesse kontinuierlich den sich ändernden Rahmenbedingungen anpassen. Dabei ist auch die räumliche Nähe zu den Leitmärkten von hoher Bedeutung, d.h. Forschungs- und Produktionskapazitäten werden dort errichtet, wo es am effizientesten ist.

Es ist zu erwarten, dass mit dem internationalen Marktwachstum weltweit neue Forschungs-, Ausbildungs- und Produktionseinrichtungen auch in der Nähe der wichtigsten neuen Absatzmärkte entstehen. Vor diesem Hintergrund ist die Entwicklung zukünftiger Leitmärkte von hoher Bedeutung. Nachfolgend erfolgt zunächst eine rückwirkende Betrachtung der Entwicklung des globalen Windenergiemarktes ab 1990 sowie ein Ausblick bis zum Jahr 2020.

6.1.1 Marktentwicklung nach Kontinenten und Ländern (1990 – 2007)

Anhand der nachfolgenden Weltkarte mit dem Stand und der Verteilung der Windenergieleistung in den Jahren 1990, 2000 und 2007 wird die zunehmende Internationalisierung und die Entwicklung neuer Märkte deutlich (Abbildung 6.1).

Weltweiter Stand und Verteilung der Windkraftleistung 1990

Im Jahr 1990 war die Windenergienutzung noch auf wenige Länder beschränkt. Mit einer installierten Gesamtleistung von rd. 1.500 MW wurde das Länderranking deutlich von den USA vor Dänemark (rd. 340 MW) angeführt. Ursache für die relativ hohe installierte Windenergieleistung in den USA ist die Lieferung dänischer Kleinwindkraftanlagen in den 80er Jahren nach Kalifornien. In Deutschland waren zu diesem Zeitpunkt etwa 60 MW Windkraftleistung installiert, die Niederlande folgten auf Rang vier (etwa 50 MW).

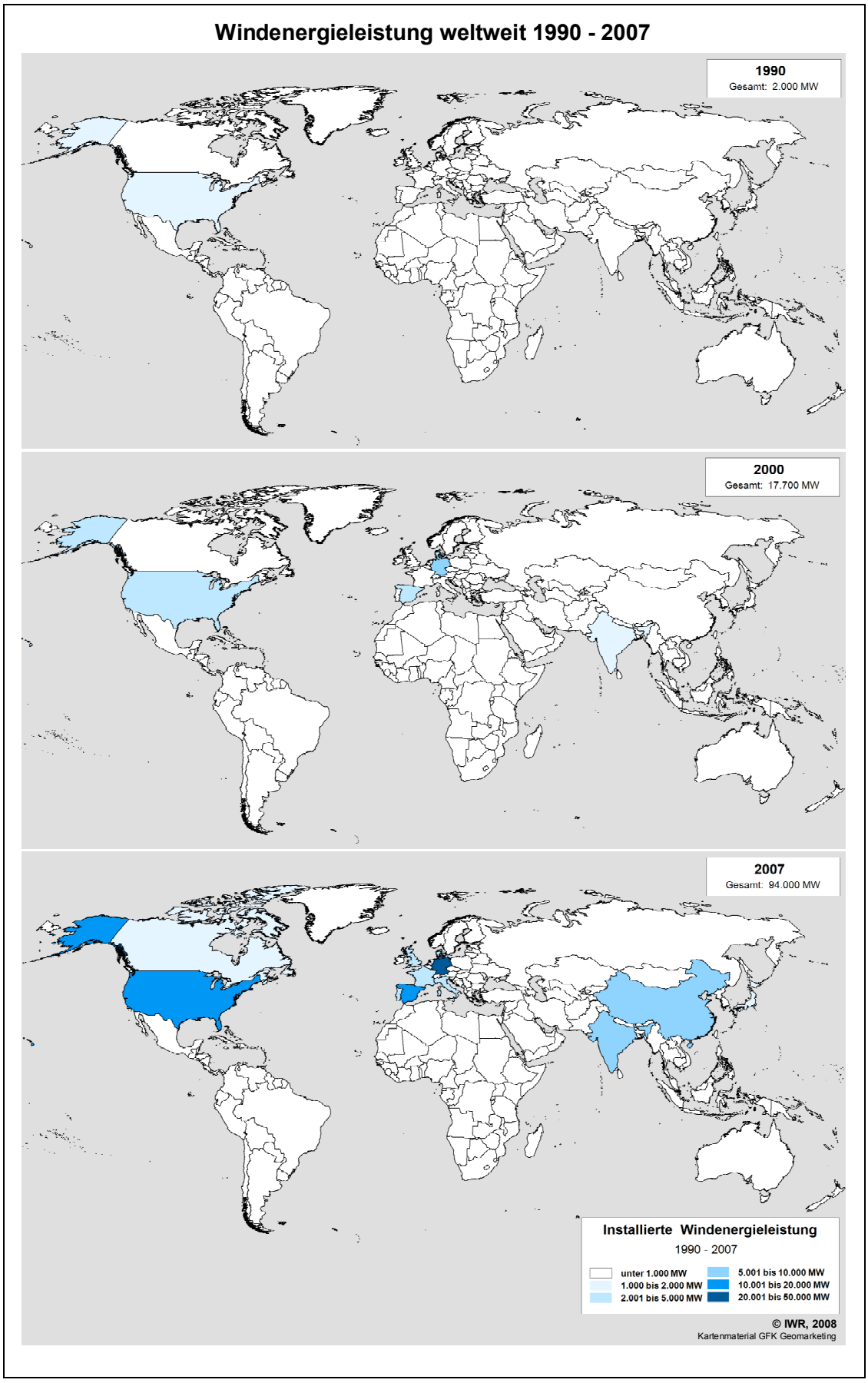


Abbildung 6.1: Stand und Verteilung der globalen Windenergieleistung in den Jahren 1990, 2000 und 2007 (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR, WPM, GWEC, EWEA)

Weltweiter Stand und Verteilung der Windkraftleistung 2000

Im Jahr 2000 wird die zunehmende Internationalisierung des WEA-Markt erstmals erkennbar. Mit einer installierten WEA-Gesamtleistung von über 6.000 MW hat sich Deutschland im weltweiten Vergleich zum zentralen Leitmarkt entwickelt. Auf den Rängen zwei, drei und vier liegen mit den USA (rd. 2.500 MW), Dänemark (rd. 2.400 MW) und Spanien (rd. 2.300 MW) drei weitere Länder, deren installierte Gesamtleistung mehr als 2.000 MW erreicht. Fünftstärkste Nation ist zu diesem Zeitpunkt bereits Indien (rd. 1.200 MW).

Weltweiter Stand und Verteilung der Windkraftleistung 2007

Ende 2007 hat der globale Windenergiemarkt mit einem Gesamtzubau von rd. 20.000 MW den aktuellen Stand von über 90.000 MW erreicht. Deutschland ist zwar die einzige Nation, die bereits eine installierte Gesamtleistung von mehr als 20.000 MW aufweist und damit im Ranking immer noch führt. Im Vergleich zu 2000 hat der deutsche Markt angesichts der nachlassenden Neubaudynamik allerdings als Leitmarkt an Bedeutung verloren.

Mit den USA und Spanien sind derzeit zwei Nationen vertreten, deren Windenergieleistung deutlich oberhalb von 10.000 MW liegt. Neue Leitmärkte zeichnen sich vor dem Hintergrund hoher Wachstumsdynamik zudem insbesondere in Asien ab.

6.1.2 Aspekte der weltweiten Entwicklung der Windenergienutzung (1990 – 2007) im Überblick

Bis auf zwei Ausnahmen mit Marktrückgängen in den Jahren 1991 und 1992 ist die Entwicklung des internationalen Windenergiemarktes seit Anfang der 90er Jahre bis heute durch ein positives Wachstum gekennzeichnet. Von 1991 bis 2007 lag die jährliche Zuwachsrate der neu installierten Windenergieleistung weltweit bei rd. 31 % p.a.

Im Jahr 1990 erreichte das Volumen des internationalen WEA-Marktes gerade einmal rd. 2 Prozent des Jahres 2007. Weltweit wurden 1990 WEA mit einer Leistung von knapp 400 MW errichtet, 2007 lag die neu installierte Leistung bei etwa 20.000 MW (Abbildung 6.2). Dies entspricht gegenüber dem Vorjahr 2006 (Zubau: rd. 15.000 MW) einem Marktwachstum von etwa 32 Prozent. Der Gesamtumsatz der WEA-Hersteller dürfte 2007 – bei einem spezifischen Umsatz von rd. einer Mio. € pro MW – ein Volumen von etwa 20 Mrd. € erreicht haben. Die weltweit installierte WEA-Gesamtleistung lag Ende 2007 bei etwa 94.000 MW.

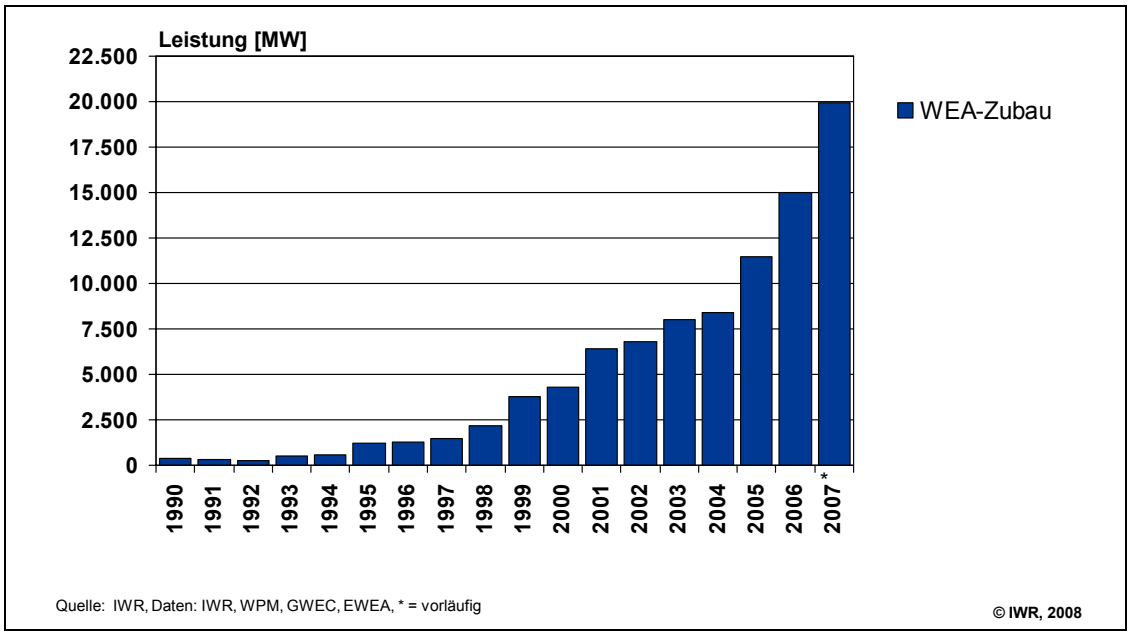


Abbildung 6.2: Die Entwicklung der weltweit jährlich neu installierten WEA-Leistung im Zeitraum 1990 bis 2007 (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR, WPM, GWEC, EWEA)

Während sich der weltweite WEA-Markt zu Beginn der 90er Jahre noch auf wenige Teilmärkte fokussiert hat, ist in den letzten Jahren eine zunehmende Differenzierung zu verzeichnen. Hauptmotor für die internationale Marktentwicklung ist vor allem der europäische Markt, der im Zeitraum von 1990 bis 2007 einen großen Teil des internationalen Zubaus absorbiert hat (Abbildung 6.3).

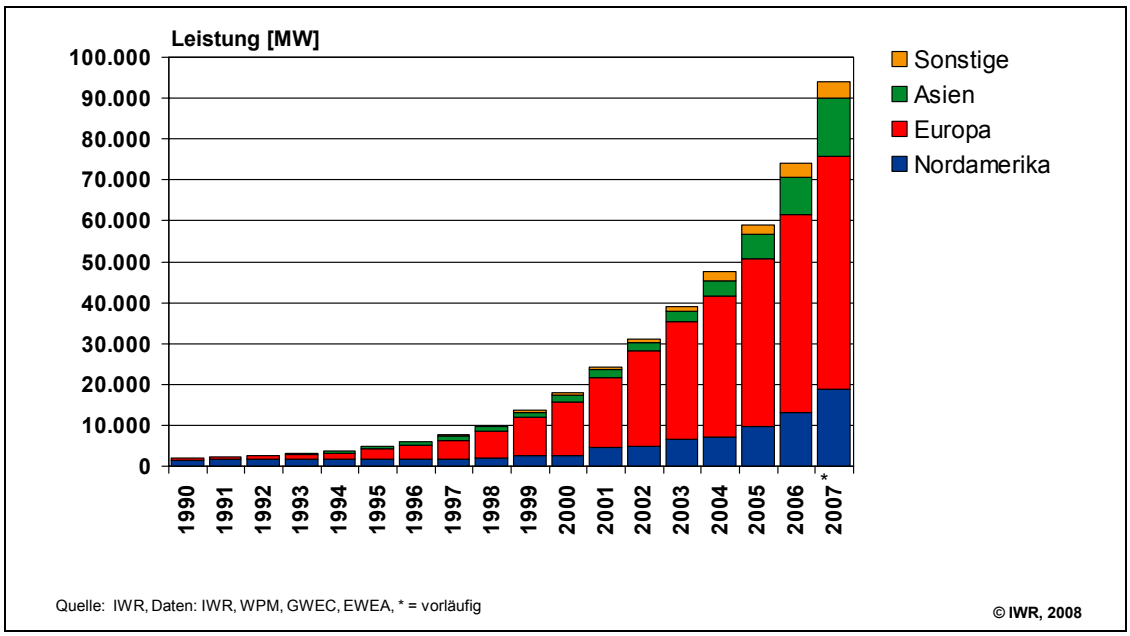


Abbildung 6.3: Die Entwicklung der weltweit installierten WEA-Leistung (kumuliert) im Zeitraum 1990 bis 2007 nach Regionen (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR, WPM, GWEC, EWEA)

Gestützt durch flankierende Vergütungsregelungen für den eingespeisten Windstrom haben sich vor allem Deutschland und Spanien zu den europäischen Top-Nationen im Bereich der Windenergie entwickelt. Hinzu kommen Programme wie die Steuervergünstigungen in den USA (PTC), die nach der Verlängerung ab 2005 eine Wachstumsphase des US-amerikanischen Marktes eingeläutet haben. Seit 2005 hat sich das internationale Wachstum des globalen Windenergiemarktes weiter verstärkt.

Die internationale Länderrangliste wird Ende 2007 mit rd. 22.200 MW installierter Gesamtwindkraft-Leistung (2006: rd. 20.500 MW) von Deutschland vor den USA mit einer Gesamtleistung von ca. 16.800 MW (2006: rd. 11.700 MW) angeführt. Auf Rang drei liegt Spanien mit rd. 15.200 MW (2006: rd. 11.600 MW), gefolgt von Indien mit insgesamt knapp 8.000 MW (2006: rd. 6.300 MW) und China mit einer installierten WEA-Leistung von rd. 6.000 MW (2006: rd. 2.600 MW) auf dem fünften Rang.

Die gute Platzierung Deutschlands in Bezug auf die insgesamt installierte WEA-Leistung spiegelt jedoch nicht den Bedeutungsverlust wider, den der nationale Markt beim Neubau derzeit im internationalen Vergleich aufweist. Mit knapp 1.700 MW neu installierter Leistung rangiert Deutschland 2007 vor Indien (rd. 1.600 MW) auf dem vierten Rang. Wichtigste Wachstumsmärkte waren demnach die USA mit einem Rekordzubau von rd. 5.200 MW sowie Spanien und China mit jeweils rd. 3.500 MW (Stand: Februar 2008).

6.1.3 Entwicklung des nationalen Windenergiemarktes

Die Entwicklung des nationalen WEA-Marktes in Deutschland ist seit Ende der 80er Jahre sehr unterschiedlich verlaufen. Ab 1993 ist der Markt nach dem Ende der Pionier- und Initialisierungsphase zunächst in eine langjährige Wachstumsphase eingeschwenkt. Den bislang höchsten Zubau konnte die Windindustrie in Deutschland mit rd. 3.200 MW neuer Windenergieleistung im Jahr 2002 verzeichnen. Seitdem ist die installierte Jahresleistung in Deutschland mit Ausnahme des Jahres 2006 rückläufig (Abbildung 6.4).

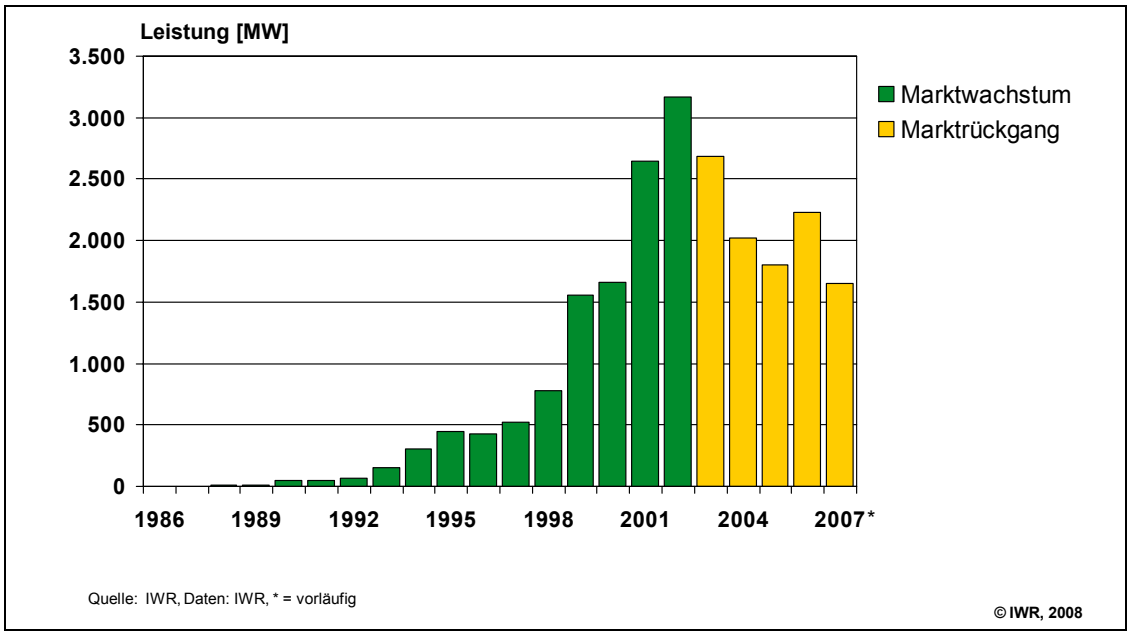


Abbildung 6.4: Entwicklung der installierten WEA-Leistung in Deutschland zwischen 1986 und 2007 (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR)

Im Unterschied zu den Marktrückgängen in den 90er Jahren bzw. von 2003 bis 2005 sind die direkten Auswirkungen in der nationalen Windindustrie bei den exportorientierten Unternehmen derzeit allerdings eher gering. Die WEA-Hersteller und Zulieferunternehmen verfügen vor dem Hintergrund des international boomenden Marktes über gut gefüllte Auftragsbücher. Die zunehmende Entkopplung zwischen Absatzmärkten und Produktionsstandorten hat v.a. für die international aufgestellten Hersteller bzw. den Standort Deutschland bislang noch keine nachteiligen Konsequenzen.

Gleichwohl hat der nationale Marktrückgang in anderen Bereichen des Windenergiesektors zu einer Verschlechterung der Geschäftslage geführt. Davon betroffen sind insbesondere Gutachterbüros sowie Planungs- und Projektierungsgesellschaften.

Unklar bleibt, welche Auswirkungen die zukünftige Entstehung neuer Leitmärkte und das damit verbundene Auseinanderdriften von Forschungsstandort und Absatzmarkt für die nationale Windenergieforschung haben kann. Es ist jedoch zu erwarten, dass neue Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen künftig auch in der Nähe neuer Absatzmärkte entstehen.

6.1.4 Entwicklung des Windenergiemarktes in Dänemark und Deutschland im Vergleich

Während in Deutschland das Maximum der Neuinstallationen im Jahr 2002 zu verzeichnen ist, wurde in Dänemark der höchste Zubau bereits im Jahr 2000 erreicht. Seit dem Jahr 2004 ist der dänische Markt beinahe vollständig weg gebrochen (Abbildung 6.5).

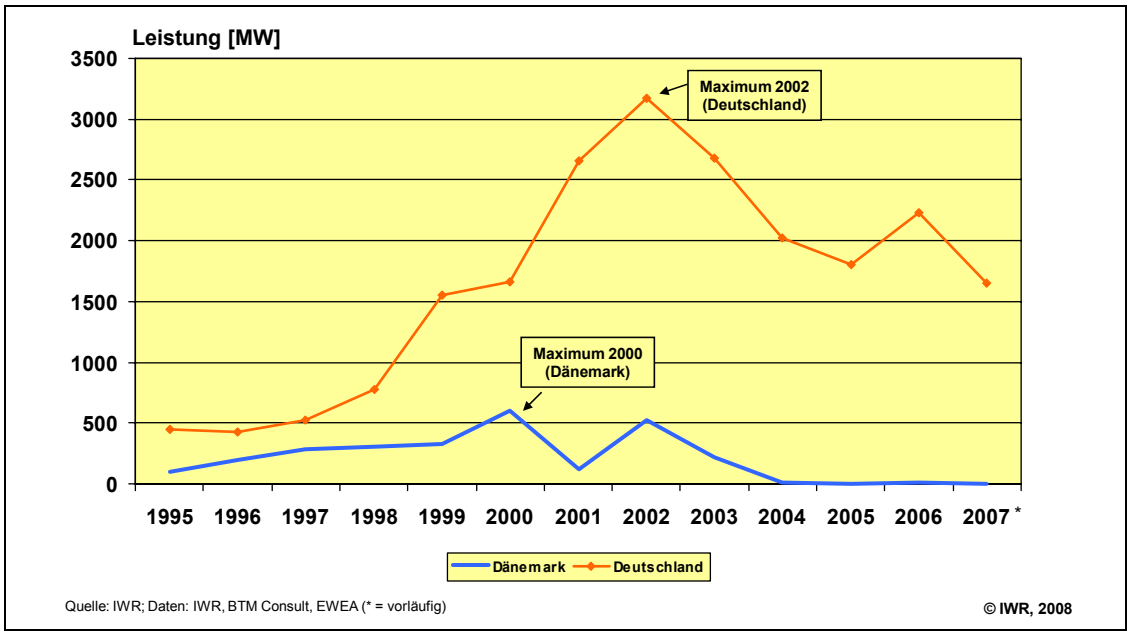


Abbildung 6.5: Vergleich der WEA-Neuinstallationen in Dänemark und Deutschland
(Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR, BTM Consult, WPM, GWEC)

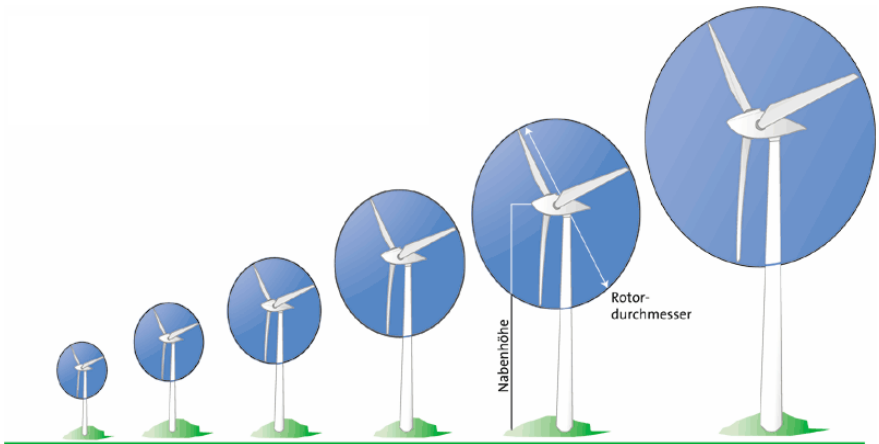
Vor diesem Hintergrund hat sich in der dänischen Windindustrie und Forschungslandschaft bereits ein Anpassungsprozess vollzogen. Dieser Prozess könnte auch Deutschland bevorstehen. Die dänischen Unternehmen haben auf die veränderten Rahmenbedingungen mit dem Ausbau ihrer internationalen Produktionsstandorte reagiert. Davon betroffen sind auch die unternehmensspezifischen Forschungseinrichtungen. So unterhält z.B. der dänische WEA-Hersteller Vestas seit 2005 mit Vestas Technology R & D einen unabhängigen Forschungsbereich. Organisiert ist diese Einheit mittlerweile als weltweites Netzwerk von Forschungs- und Entwicklungszentren. Neben der Hauptniederlassung in Dänemark verfügt Vestas Technology R & D nach eigenen Angaben heute über Forschungszentren in Singapur und Indien, Rotorblatttechnologie-Zentren in Dänemark und Großbritannien sowie Entwicklungsniederlassungen in Deutschland und USA. Für die nächsten Jahre hat Vestas die Errichtung weiterer Standorte angekündigt, u.a. auch ein neues Forschungszentrum in den USA.

Gleichwohl konnte in Dänemark mit einer zentralen Einrichtung wie dem Risø-Institut sowie weiterer Forschungs- und Testeinrichtungen die starke Position der Forschungsindustrie bislang gesichert werden.

6.1.5 Technische Entwicklung

Die technische Entwicklung im Bereich der WEA-Technik ist bereits seit mehr als zehn Jahren durch das stetige „Upscaling“ der Anlagen gekennzeichnet. Ein Ende dieses Prozesses ist vor dem Hintergrund der politischen Zielsetzungen zum weiteren Ausbau der Windenergienutzung und großer EU-weiter Forschungsprojekte nicht erkennbar.

Im Jahr 1996 entfielen die meistverkauften WEA in Deutschland noch auf den Leistungsbereich 400 bis 750 kW, 2005 lagen die höchsten Verkaufsanteile bereits bei WEA mit einer Leistung zwischen 1.500 bis 3.000 kW. Im Jahr 2005 hatten bereits drei WEA-Hersteller Multi-Megawatt-Anlagen mit bis zu 5 MW entwickelt (Abbildung 6.6) [1]. Seitdem hat sich diese Entwicklung weiter fortgesetzt.



	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Nennleistung	: 30 kW	80 kW	250 kW	600 kW	1.500 kW	5.000 kW
Rotordurchmesser	: 15 m	20 m	30 m	46 m	70 m	115 m
Nabenhöhe	: 30 m	40 m	50 m	78 m	100 m	120 m
Jahresenergieertrag	: 35.000 kWh	95.000 kWh	400.000 kWh	1.250.000 kWh	3.500.000 kWh	ca. 17.000.000 kWh

Abbildung 6.6: Leistungssteigerung von Windenergieanlagen in den Jahren 1980 und 2005 (Quelle: BWE 2007, verändert) [14]

Parallel zum Upscaling werden die Anlagen kontinuierlich optimiert. Wichtige Weiterentwicklungen der letzten 10 Jahre betrafen z.B.

- den Umgang mit Lasten,
- die Verringerung des Gewichts durch neue Designansätze und
- die Verbesserung der Systeme und Komponenten.

6.1.6 Szenarien zur weltweiten Entwicklung der Windenergie

Die Aussagen verschiedener Szenarien und Prognosen können für eine Einschätzung einer möglichen künftigen Entwicklung der weltweiten Windenergienutzung als Grundlage herangezogen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse aufgrund unterschiedlicher Herangehensweisen und Annahmen eine recht hohe Bandbreite aufweisen, der allgemeine Trend geht allerdings zu einer dynamischen Internationalisierung.

6.1.6.1 Szenarien zur weltweiten Entwicklung des Windenergiemarktes bis 2010

Das weltweit erste regenerative Szenario 2010 für den Stromsektor wurde vom IWR im Jahr 2000 unter dem Titel „Zur weltweiten Entwicklung der regenerativen Energien“ veröffentlicht [15]. Die Basis für die Entwicklung bis zum Jahr 2010 in den einzelnen regenerativen Teilbereichen bildet ein Trendszenario, für das eine Fortsetzung der damaligen Marktentwicklung angenommen wird. Zusätzlich werden eine optimistische und eine pessimistische Verlaufsvariante skizziert. Im optimistischen Szenario wird eine Beschleunigung des Trends aufgrund zusätzlicher Förderimpulse, steigender Ölpreise sowie anhaltender Klimaschutzdiskussionen erwartet. Im pessimistischen Szenario wird dagegen eine unterdurchschnittliche Entwicklung durch niedrige Energiepreise bzw. eine restriktive Förderpolitik angenommen. Ausgehend von dem weltweiten Stand der installierten Leistung in Höhe von 13.500 MW im Jahr 1999 zeigt sich bis heute, dass die reale Marktentwicklung innerhalb der erwarteten Bandbreite verläuft (Abbildung 6.7). Mit aktuell über 90.000 MW Ende 2007 verläuft die tatsächliche Entwicklung mittlerweile entlang des optimistischen Pfades. Bis zum Jahr 2010 werden danach weltweit rund 150.000 MW erwartet.

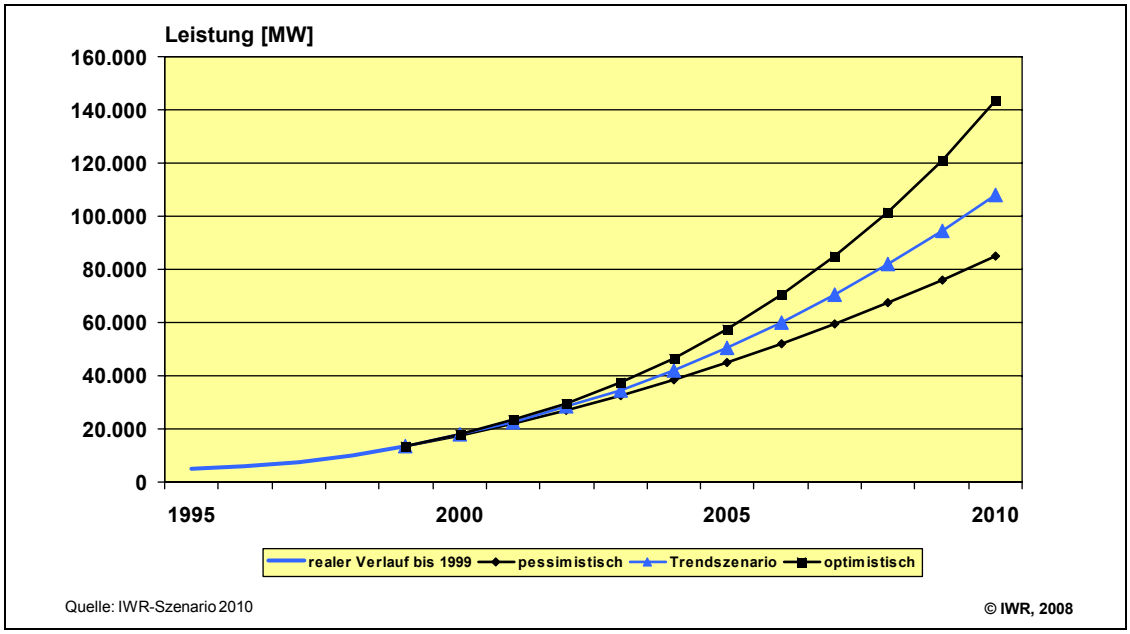


Abbildung 6.7: IWR-Szenario 2010: Entwicklung der weltweit installierten WEA-Leistung bis zum Jahr 2010 (Quelle: IWR, 2000) [15]

Szenarien zur weltweiten Entwicklung des Windenergiemarktes ab 2010 bis 2020

Für die weitere weltweite Marktentwicklung ab dem Jahr 2010 werden im Rahmen der Studie drei weitere Prognosen/Szenarien einander gegenübergestellt, aus denen sich Aussagen über die mögliche Entwicklung der weltweiten Windenergieleistung ableiten lassen.

Deutsches Windenergie-Institut (DEWI) – WindEnergy-Studie 2006: Entwicklung der Windenergie und der Welt bis zum Jahr 2010, 2014 und 2030 [16]

Das DEWI hat 2006 nach 2001 und 2004 die dritte Version der WindEnergy-Studie veröffentlicht. Ziel dieser Studie ist es, mit Blick auf den Weltmarkt, die Prognose für die weltweite Entwicklung der Windenergie bis zum Jahr 2014 fortzuschreiben. Darüber hinaus beinhaltet die Untersuchung ein Szenario für die nationale Entwicklung der Windenergienutzung bis zum Jahr 2030. Methodische Grundlage der Studie ist eine Befragung (schriftlich/mündlich) von WEA-Herstellern, Projektentwicklern und sonstigen Marktteilnehmern. In die Ermittlung der weltweiten Zubauzahlen fließen Angaben über die Rahmenbedingungen und Zielsetzungen einzelner Länder sowie Erkenntnisse aus Expertengesprächen ein.

Global Wind Energy Council (GWEC)/Greenpeace – Global Wind Energy Outlook 2006 [17]

Das gemeinsame Szenario des GWEC und von Greenpeace beschreibt die mögliche Marktentwicklung im Bereich Windenergie auf der Grundlage von drei Szenarienansätzen, und zwar bis zum Jahr 2050:

- Das „Referenz"-Szenario fußt nach GWEC-/Greenpeace-Angaben auf einer Projektion des weltweiten Ausbaus der Windenergienutzung unter den Randbedingungen, wie sie von der Internationalen Energie-Agentur (IEA) im World Energy Outlook 2004 angenommen wurden.
- Das „Moderate"-Szenario berücksichtigt in Gang gebrachte politische Maßnahmen und staatliche Ausbauziele in Bezug auf regenerative Energien.
- Das „Advanced"-Szenario geht davon aus, dass im Jahr 2020 weltweit rd. 10 bzw. 12 Prozent des Weltstrombedarfs durch Windenergie gedeckt werden können. Diese Annahme basiert auf den Entwicklungspfaden, die im Rahmen der GWEC-/Greenpeace-/EWEA-Studien Windforce 10 bzw. Windforce 12 zugrundegelegt wurden [18], [19]. Es wird angenommen, dass von den einzelnen Staaten alle in diesem Zusammenhang vorgesehenen politischen Maßnahmen zum Ausbau der Windenergienutzung erfolgreich umgesetzt werden können.

BTM Consult ApS – Forecast, Wind Power to 2020, First 5 year forecast from BTM´s WMU 2006 – extended with one year (2012), Prediction for 2013 through 2020 [20]

Die jüngste Publikation zur künftigen Entwicklung des Weltmarktes stammt von BTM Consult. Die Grundlage der im Herbst 2007 veröffentlichten Prognose bildet eine bereits zuvor getroffene Vorhersage zur Entwicklung des weltweiten Marktes aus dem Jahr 2007, die um den Zeitraum 2013 bis 2020 erweitert wurde. Während die Kurzfristprognose bis zum Jahr 2012 sich in erster Linie aus länder- bzw. regionsspezifischen Annahmen ergibt, gelten für den Zeitraum von 2013 bis 2020 folgende Annahmen:

Prognoserelevant sind weniger die Randbedingungen in den einzelnen Ländern, sondern geopolitische und -wirtschaftliche Entwicklungen und Tendenzen. Berücksichtigt werden in diesem Zusammenhang z.B. die EU-Ziele zum Klimaschutz, ein zunehmender Selbstversorgungsanspruch der USA sowie die Entwicklung der Energiepreise.

Vergleich der verschiedenen Szenarien

Aufgrund unterschiedlicher Bezugszeiträume ist ein direkter Vergleich der verschiedenen Ansätze maximal bis zum Jahr 2020 möglich. Die DEWI-Vorhersage für die weltweite Entwicklung endet bereits 2014 und kann daher nur für fünf Jahre in die Betrachtung mit einbezogen werden. Nach dem Jahr 2020 lässt sich die mögliche Marktentwicklung des weltweiten Windenergiemarktes mit dem GWEC-/Greenpeace-Ansatz darstellen.

Ein Vergleich der einzelnen Weltmarktprognosen zeigt eine hohe Bandbreite der möglichen Entwicklung der weltweiten Windenergienutzung. Insbesondere ab dem Jahr 2015 gehen sowohl BTM Consult als auch GWEC/Greenpeace in der optimistischen Annahme von einem starken jährlichen Wachstum des Marktes aus.

Nach Berechnungen/Annahmen von BTM Consult könnte die weltweit installierte Gesamtleistung im Jahr 2020 bei rd. 940.000 MW liegen, GWEC/Greenpeace erwarten sogar mehr als 1 Mio. MW.

Ausgehend von dem jeweils für 2015 erwarteten Status quo von 410.000 MW (BTM Consult) bzw. 390.000 MW (GWEC/Greenpeace) ergibt sich damit für den Zeitraum 2016 bis 2020 im Schnitt ein jährlicher Leistungszubau zwischen ca. 106.000 MW bis etwa 136.000 MW. Das entspricht mehr als der Ende 2007 weltweit insgesamt installierten Windenergieleistung (Abbildung 6.8).

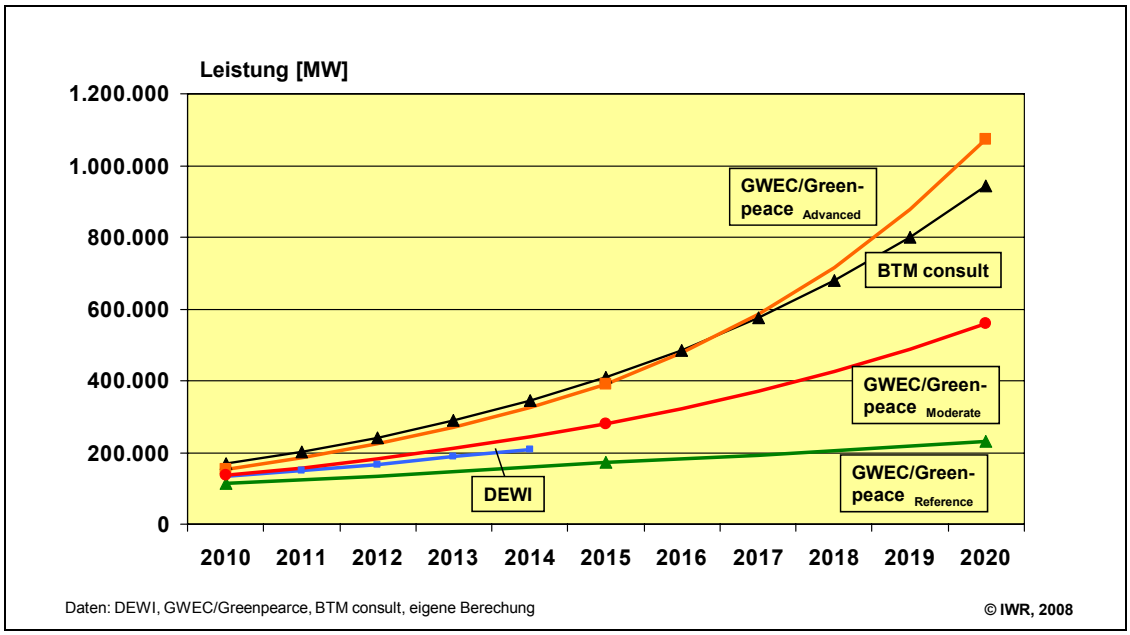


Abbildung 6.8: Vergleich der erwarteten Entwicklung der weltweit installierten WEA-Gesamtleistung zwischen 2010 und 2020 (Quelle: IWR, 2008, Daten: DEWI, GWEC/Greenpeace, BTM Consult, eigene Berechnung) [16], [17], [20]

In der Projektion bis 2050 wird die weltweit installierte Windenergieleistung nach den GWEC-/Greenpeace-Berechnungen je nach Szenario-Variante in einer Bandbreite zwischen knapp 600.000 MW (Reference-Szenario) und 3 Mio. MW (Advanced-Szenario) liegen. Für den Fall, dass die Marktentwicklung eher nach dem Moderate-Ansatz verlaufen sollte, wird eine Leistung von knapp 1,6 Mio. MW erwartet (Abbildung 6.9).

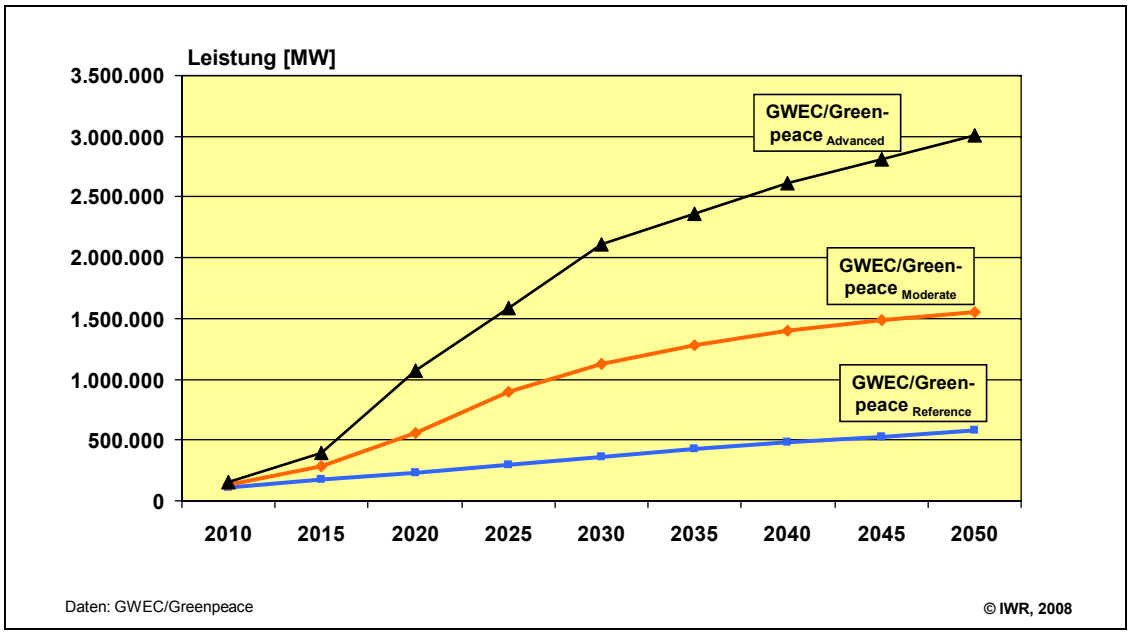


Abbildung 6.9: Entwicklung der weltweit installierten WEA-Gesamtleistung zwischen 2010 und 2050 nach dem GWEC-/Greenpeace-Szenario (Quelle: IWR, 2008, Daten: GWEC/Greenpeace, eigene Berechnung) [17]

Zukünftige Wachstumsregionen und Kernmärkte

Im Jahr 2006 befanden sich noch rd. 65 Prozent (etwa 48.000 MW) der installierten WEA-Gesamtkapazität von etwa 74.000 MW in Europa, 18 Prozent (rd. 13.200 MW) entfielen auf Nordamerika und rd. 12 Prozent (ca. 9.200 MW) auf Asien.

In Bezug auf die künftige regionale Differenzierung gehen sowohl BTM Consult als auch GWEC/Greenpeace davon aus, dass bis zum Jahr 2020 zunehmend die außereuropäischen Märkte in den Focus rücken. In Tabelle 6.1 sind die erwarteten Marktanteile nach Regionen für die Jahre 2010 und 2020 dargestellt, Grundlage ist die BTM-Prognose.

Region	2010	2020
	Anteile [%]	Anteile [%]
Amerika (Nord- u. Südamerika)	22,5	30,1
Europa	54,3	33,3
Asien	17,6	23,1
OECD-Pazifik	4,0	8,1
Sonstige	1,6	5,4
Gesamt	**100,0**	**100,0**

Tabelle 6.1: Anteile an der erwarteten WEA-Leistung nach Regionen in den Jahren 2010 und 2020 (Quelle: IWR, 2008, Daten: IWR, BTM Consult, eigene Berechnung) [20]

Demnach ist zu erwarten, dass bis 2010 der europäische Anteil an der prognostizierten weltweiten WEA-Gesamtleistung (rd. 170.000 MW im Jahr 2010) auf etwa 54 Prozent abnimmt. Im gleichen Zeitraum steigt der amerikanische Anteil (Nord- und Südamerika) auf etwa 23 Prozent und der asiatische Anteil auf rd. 18 Prozent.

Bis zum Jahr 2020 setzt sich diese Entwicklung weiter fort. In Summe entfallen dann von den insgesamt erwarteten rd. 940.000 MW Windenergieleistung auf Europa (rd. 315.000 MW) und Amerika (rd. 280.000 MW) in etwa jeweils ein Drittel der installierten WEA-Gesamtleistung.

Für Asien ergibt sich ein Anteil von rd. 23 Prozent (rd. 217.000 MW). Für die OECD-Pazifikstaaten wird ausgehend von einem Leistungsanteil von rd. 3 Prozent im Jahr 2006 bis 2020 ein Anstieg auf etwa 8 Prozent (rd. 77.000 MW) erwartet. Auf sonstige Staaten entfallen 2020 rd. 5 Prozent (ca. 51.000 MW).

6.1.7 Auswirkungen des globalen Windenergiemarktes auf die Windenergieforschung

Ausgehend von der skizzierten Marktentwicklung auf internationaler und nationaler Ebene können sich Konsequenzen für die nationale Windenergieforschung ergeben. In den 90er Jahren waren Absatzmarkt und Forschungslandschaft überwiegend deckungsgleich auf wenige Länder konzentriert. Die Forschungsindustrie war in den Ländern ansässig, in denen auch die Unternehmen der Windindustrie ihre Hauptproduktionsstätten hatten. Grundsätzlich war ein Austausch zwischen Forschung und Industrie durch die räumliche Nähe vergleichsweise einfach möglich.

Derzeit konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten der Windindustrie zwar noch auf die EU-Länder. Mit der weiter voranschreitenden internationalen Marktentwicklung wächst jedoch zusehends die Möglichkeit, dass die Forschung mittelfristig mit dem Markt wandert. Ein Beispiel für die Folgen der zunehmenden Internationalisierung der Industrieforschung stellt die neue Forschungsstruktur des weltweit führenden WEA-Herstellers Vestas aus Dänemark dar (vgl. Kap. 6.1.4).

Wie das Forschungs-Know-how in einem Land gehalten und zu einem Standortfaktor ausgebaut werden kann, zeigen die vergleichbaren Länder Dänemark und die Niederlande mit ihren Forschungsstrukturen. So gibt es zwar in den Niederlanden keine Herstellerindustrie mehr, da diese in den 90er Jahren den technologischen Anschluss verpasst hat. Trotzdem verfügen die Niederlande über eine leistungsstarke „Forschungsindustrie“, die auf EU-Ebene in zahlreiche Forschungsprojekte involviert ist und in internationalen Gremien an Entscheidungen mitwirkt, die letztendlich Auswirkungen auf die gesamte Herstellerindustrie haben.

6.1.8 Fazit zur internationalen Marktentwicklung

Ausgehend vor der bisherigen Entwicklung der Windenergie-Leitmärkte seit 1990 wird auf der Grundlage der skizzierten Szenarien und Prognosen deutlich, dass in Zukunft voraussichtlich

- eine weitere Internationalisierung der Marktentwicklung und
- ein weiterer Anstieg der Wachstumsdynamik

zu erwarten sind. Künftig dürften die Leitmärkte außerhalb von Deutschland liegen. Insbesondere der asiatische Raum und Amerika werden nach Auswertung verschiedener Szenarien voraussichtlich profitieren, während die Bedeutung von Europa abnimmt. Auf Deutschland bezogen bedeutet dies eine weitere Entkopplung von Forschungsstandort und Absatzmarkt. Zur Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit und zur Deckung der steigenden Nachfrage dürften die Unternehmen weltweit neue Produktionskapazitäten unter dem Gesichtspunkt größtmöglicher Marktnähe und maximaler Effizienz errichten. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass auch neue Forschungseinrichtungen verstärkt in den neuen Kernmärkten entstehen. Für die nationale Windforschung verstärkt sich dadurch die Notwendigkeit zur Weiterentwicklung, Anpassung und Stärkung der bestehenden Strukturen.

6.2 Rahmenbedingungen auf europäischer Ebene

In der Europäischen Union werden seit 2006 die Bestrebungen verstärkt, einen gemeinsamen energiepolitischen Ansatz zu verfolgen und in diesem Zusammenhang auch Forschungsaktivitäten und -kapazitäten der einzelnen Mitgliedsländer zu bündeln. Die Basis dazu ist das im März 2006 durch die Kommission veröffentlichte Grünbuch „Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie“ [21].

Auf dieser Grundlage hat die Kommission in der Folgezeit Vorschläge für eine gemeinsame energiepolitische Ausrichtung entwickelt und im Januar 2007 eine überarbeitete EU-Energiestrategie vorgestellt. Kernzielsetzungen dieser Strategie sind:

- die Bekämpfung des Klimawandels durch Senkung der Treibhausgasemissionen,
- die Verringerung der Importabhängigkeit der Energieversorgung und
- die Förderung von Wachstum und Beschäftigung durch eine wettbewerbsfähige Energieversorgung [22].

Beim Frühjahrsgipfel des Europäischen Rates im März 2007 wurde diese Strategie grundsätzlich bestätigt und ein gemeinsamer Aktionsplan beschlossen. Im Wesentlichen haben sich die Mitgliedsstaaten auf folgende Ziele verständigt:

- verbindliche Reduktion der Treibhausgasemissionen um 20 Prozent (30 Prozent) bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990,
- verbindliche Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch der EU auf 20 Prozent im Jahr 2020,
- Reduktion des Energieverbrauchs bis 2020 um 20 Prozent (Vergleichswert ist die Business as usual-Entwicklung),
- Erhöhung des Anteils von Biokraftstoffen am gesamten verkehrsbedingten Benzin- und Dieselverbrauch auf mindestens 10 Prozent im Jahr 2020 [23].

Europäischer Strategieplan für Energietechnologien (SET-Plan)

Zu den Maßnahmen, die zur Erreichung der drei Kernziele eingeleitet werden sollen, gehört u.a. auch der „Strategieplan für Energietechnologien“. Dieser sogenannte SET-Plan soll dazu beitragen, die Verbreitung umweltfreundlicher und effizienter Technologien zu beschleunigen und zu fördern, und zwar so, dass die europäische Wirtschaft in diesem Bereich weltweit die Führung übernehmen kann. Dabei kommt dem Bereich der Energieforschung eine wichtige Rolle zu.

In diesem Zusammenhang besteht auf EU-Ebene auch die Bestrebung, die Kräfte auf der Forschungsebene künftig weiter zu bündeln und eine effizientere Verwendung der Forschungsmittel anzustreben.

EU-Technologieplattformen

Vor diesem Hintergrund wurden auf EU-Ebene bereits eine Reihe von Technologieplattformen gestartet. Zu den Kernzielen der einzelnen Technologieplattformen gehört es, die relevanten Akteure eines Sektors zu bündeln, um eine gemeinsame Forschungsstrategie für den technologischen Ausbau zu entwickeln und zu verfolgen.

Im Bereich regenerative Energien/Energieeffizienz gibt es u.a. Technologieplattformen (TP) für Biokraftstoffe, Brennstoffzellen, Photovoltaik sowie Plattformen, die sich allgemein mit innovativen Technologien in den Segmenten Holz und Biomasse befassen. Im Oktober 2006 fiel zudem der Startschuss für eine eigene Technologieplattform Wind (TP Wind). Auf der europäischen Windenergie-Konferenz EWEC 2008 (31. März bis 03. April 2008) ist ein Workshop der TP Wind geplant, auf dem die erste gemeinsame strategische Forschungs-Agenda sowie Dokumente zur Marktentwicklungsstrategie vorgestellt werden sollen (vgl. Kap. 4.2.3) (Stand: Februar 2008).

Mit der TP Wind gibt die EU erstmals eine inhaltliche Forschungsstruktur für den Windenergiesektor vor, die aufgrund der Wechselwirkungen zwischen der EU und den einzelnen Mitgliedsstaaten auch für die Forschungsstrategie auf Länderebene von Bedeutung sein dürfte (Abbildung 6.10). Dezentrale Forschungsstrukturen, wie sie derzeit beispielsweise noch in Deutschland bestehen, laufen der EU-Ausrichtung einer stärkeren Bündelung von Forschungs-Know-how und der Entwicklung einer zentralen Forschungsstrategie sowie der Unterstützung von Großprojekten tendenziell derzeit eher entgegen.

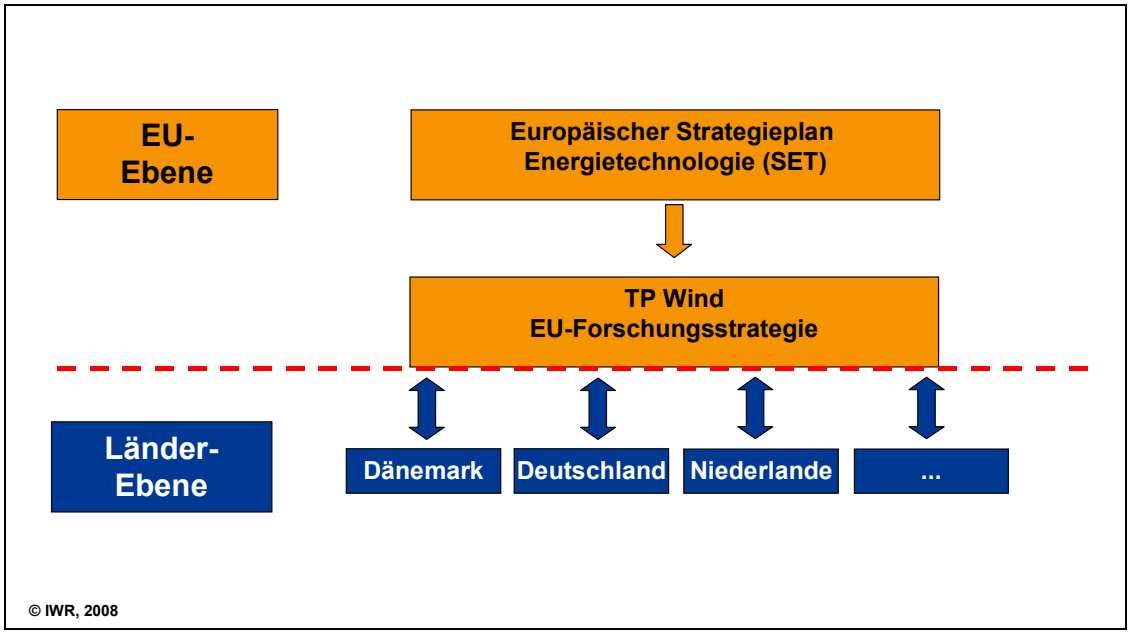


Abbildung 6.10: Wechselwirkungen zwischen der europäischen und nationalen Forschungsstrategie vor dem Hintergrund der TP Wind (Quelle: IWR, 2008)

Zentrale Großforschungsprojekte auf EU-Ebene

Eine weitere Maßnahme, in der Forschungsaktivitäten und -kapazitäten gebündelt werden, ist die Durchführung von gemeinsamen Großforschungsprojekten auf EU-Ebene. In diesem Zusammenhang wurde im Windenergiesektor unter dem 6. EU-Forschungsrahmenprogramm 2006 das Projekt UpWind gestartet. Nach Angaben der beteiligten Institutionen handelt es sich bei UpWind um das bislang größte europäische Forschungsprojekt im Windenergiesektor (vgl. Kap. 4.2.5). Ziel von UpWind ist es, bestehende WEA-Technologien weiterzuentwickeln und neue innovative technische Möglichkeiten und Entwurfsmethoden zu untersuchen. Dadurch sollen die Grundlagen geschaffen werden, die ein Upscaling von Groß-WEA auf Leistungen zwischen etwa 8 und 20 MW ermöglichen [11], [12].

6.3 Entwicklungen im Bereich Normung und Richtlinien

Zeitgleich mit der wachsenden Internationalisierung der Windenergiemärkte wird die internationale Normung für die Unternehmen der Windindustrie zunehmend wichtiger. Durch die internationalen Normen werden die technischen Randbedingungen festgelegt, die bei Windenergieanlagen und Komponenten auf internationaler Ebene relevant sind, um die Kompatibilität der Produkte mit internationalen Standards sicherzustellen. Aus Sicht einzelner Länder ist es daher wichtig, dass nationale Vertreter in einzelnen Technologiebereichen in den Normierungsprozess effektiv eingebunden sind, um die Interessen der heimischen Windindustrie möglichst optimal vertreten zu können.

IEC- und CENELEC-Normen – Richtlinienarbeit auf internationaler Ebene

Auf internationaler Ebene werden windenergiespezifische Normen v.a. bei der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in dem technischen Komitee TC 88 erarbeitet. Diese Abteilung ist speziell für die Normung im Bereich Windenergie zuständig. Über die in entsprechenden Arbeitskreisen entwickelten Normen, technischen Berichte und technischen Spezifikationen wird parallel auch auf europäischer Ebene im Europäischen Komitee für elektrische Normung (CENELEC) abgestimmt. Nach der Zustimmung werden die Dokumente als IEC-Norm und als Europäische Norm (EN) veröffentlicht. Danach erfolgt eine Übersetzung der Dokumente und Veröffentlichung auf nationaler Ebene.

Beteiligung/Mitarbeit in internationalen Normungsgremien

Nach Ansicht der befragten Branchenexperten sind deutsche Vertreter in internationalen Normungsgremien in vielen Fällen nicht ausreichend präsent. Die deutschen Mitglieder setzten sich größtenteils aus Mitarbeitern von Zertifizierungsstellen (z.B. GL Wind, TÜV), Forschungsinstituten (z.B. ISET) oder Beratungsgesellschaften (Garrad Hassan) zusammen. WEA-Hersteller sind dagegen relativ schwach vertreten.

Im TC88-Arbeitskreis ist Deutschland über die nationalen Mitglieder zwar formal nicht schlechter eingebunden als andere Länder, diese nehmen aber nach Angaben von Experten nur verhältnismäßig selten an den Sitzungen teil. Eine Ausnahme bildet lediglich der Bereich WEA-Antriebstechnik, so ein Branchenexperte. Im Arbeitskreis zur Normierung der Antriebstechnik sei tendenziell ein deutsches Übergewicht zu verzeichnen.

Ansonsten sind andere Länder wie z.B. Dänemark oder die Niederlande aufgrund einer stärkeren Präsenz intensiver in den Normierungsprozess eingebunden. Daher ist es aus deutscher Sicht in den Beratungen schwieriger, nationale Interessen und Positionen durchzusetzen. Dazu ist nach Expertenangaben wie in anderen Ländern (z.B. Dänemark) eine mehrköpfige Delegation erforderlich, die entsprechende Lobbyarbeit leisten und den Normungsprozess bereits in der Entwurfsphase beeinflussen kann. Zwar hat jede Nation in den Abstimmungen nur eine Stimme, dennoch erhöht sich die Einflussmöglichkeit eines Landes, wenn mehrere Vertreter präsent sind. Durch die zahlenmäßige Überlegenheit wird es aus Expertensicht einfacher, bestimmte Entscheidungen zu beeinflussen. Dies kann auch Auswirkungen auf den Betrieb und die Auslastung von Testeinrichtungen haben, etwa wenn durch die Normung Standards für Komponententests definiert werden, die nur an bestimmten bestehenden Testeinrichtungen erfüllt werden. Ein Beispiel dafür bietet die aktuelle Diskussion im Zusammenhang mit Testverfahren im Bereich der Rotorblätter. So sind internationale Vertreter daran interessiert, bestimmte Testverfahren verbindlich durchzusetzen, welche auch die Auslastung der eigenen Testeinrichtungen sicherstellen.

Im Wesentlichen wird die vergleichsweise schwache Beteiligung deutscher Vertreter auf der internationalen Normungsebene folgendermaßen begründet.

- **Anpassungsimpulse durch rückläufigen nationalen Windenergiemarkt in Dänemark und den Niederlanden**

Die historische Entwicklung der Windenergiemärkte hat dazu beigetragen, dass sich Länder wie Dänemark oder die Niederlande aufgrund des schrumpfenden nationalen Marktes schon früh mit der Entwicklung von Standards auf internationaler Ebene beschäftigt haben. Für Unternehmen der deutschen Windindustrie bestand dagegen aufgrund des starken Heimatmarktes lange Zeit nur eine geringe Notwendigkeit, sich mit internationalen Normierungsfragen zu befassen.

- **Finanzierungsmodalitäten für die Normungsarbeit**

Im Gegensatz zu Deutschland gibt es in anderen Ländern nach Expertenangaben staatliche Angebote zur finanziellen Unterstützung der Normungsarbeit. Dadurch werde es eher möglich, mit mehreren Vertreten an den Normungs-Veranstaltungen teilzunehmen. So habe der dänische Staat in der Vergangenheit Forschungsprojekte finanziert bzw. initiiert, in denen Normungsarbeit geleistet wird. Darüber hinaus werden in verschiedenen Ländern Reisekosten, die im Rahmen der nationalen bzw. internationalen Normungsarbeit entstehen, übernommen bzw. erstattet. Da die Sitzungen der Gremien weltweit stattfinden, können die Reisekosten eine entsprechende Größenordnung annehmen, die bei feh-

lender Unterstützung zu einem KO-Kriterium werden. Hinzu kommt, dass die Normungsarbeit eine Aufgabe im Interesse der gesamten Forschungsindustrie ist; der mit einer Teilnahme verbundene finanzielle Aufwand sollte aus Sicht von Beteiligten deshalb auch zentral getragen werden.

6.4 Szenarien: Mögliche Auswirkungen der sich ändernden Rahmenbedingungen auf die Windenergieforschung

Für die Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung der nationalen Windenergieforschung sind die Wechselwirkungen zwischen den künftigen Rahmenbedingungen der weltweiten Windenergienutzung und der Windenergieforschung von zentraler Bedeutung. Nachfolgend werden vor dem Hintergrund der zuvor skizzierten aktuellen Randbedingungen der weltweiten Windenergienutzung zwei Szenarien und der damit einhergehende Einfluss auf die Windenergieforschung skizziert.

Vor dem Hintergrund der erwarteten Entwicklung der Windenergiemärkte und der sich abzeichnenden Entwicklung der weiteren Rahmenbedingungen (EU-Strategien, internationale Normung) spricht vieles für das mittelfristige Eintreffen des Szenarios II.

Szenario I – Moderate Änderung der Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren (Business as usual)

Szenario I spiegelt den Business as usual-Ansatz wider, d.h. die Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren ändern sich langsam, aber kontinuierlich. Im Wesentlichen konzentriert sich dieser Ansatz auf die Annahme, dass die zentralen Windenergiemärkte auch künftig in Europa bleiben.

Ein stärkeres räumliches Auseinanderdriften zwischen den Windenergiemärkten und den Forschungsstandorten wird noch nicht erwartet. Zudem wird die Bedeutung der EU als übergeordnete Institution bzw. deren Aktivitäten für die Ausrichtung der Windenergieforschung als eher gering eingeschätzt.

Szenario II – Beschleunigte Änderung der Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren

Szenario II geht von einer beschleunigten Internationalisierung und Änderung der Rahmenbedingungen aus. Im Einzelnen sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Der Einfluss der EU als zentrale Instanz nimmt weiter zu, d.h. die bereits erkennbare Absicht, gemeinsame Forschungsstrategien zu entwickeln und Synergie-Effekte zu nutzen, wird sich in Zukunft weiter verstärken und führt dazu, dass sich die Forschungsstrukturen und -aktivitäten in den einzelnen Mitgliedsstaaten denen auf der EU-Ebene angleichen.

- Die Internationalisierung der Märkte setzt sich beschleunigt fort. Die zentralen Windenergiemärkte liegen nicht mehr in Europa, sondern in Asien und den USA. Die Industrie verlagert zunehmend Teile der Produktion und der Forschung in die Nähe der neuen Märkte.
- Im Zuge der Marktverlagerung wird die Windforschung zunehmend internationaler. Bereits jetzt erkennbare Tendenzen in der Industrieforschung, weltweite Forschungsnetzwerke aufzubauen, verstärken sich weiter. Die Wahrscheinlichkeit steigt, dass mit der Industrie auch die Forschung dem Markt zumindest teilweise folgt und bestehende nationale Forschungseinrichtungen an Bedeutung verlieren können, wenn sie eine kritische „Forschungsmasse“ in Bezug auf Infrastruktur und qualifiziertes Fachpersonal unterschreiten.

7 Zur Weiterentwicklung der nationalen Windenergieforschung – Grundlagen und Handlungsoptionen

7.1 Identifizierung wichtiger Handlungsfelder

Die Windenergieforschung in Deutschland hat trotz der im Vergleich zu anderen regenerativen Energiesparten deutlich ungünstigeren Randbedingungen unbestreitbar große Erfolge erzielen können. So wurden in Deutschland die bisher weltweit leistungsstärksten Windkraftanlagen mit Leistungen von über 5 MW entwickelt und gebaut. Mit den sich abzeichnenden Änderungen der Rahmenbedingungen ist allerdings eine zeitnahe strukturelle Anpassung erforderlich. Nachfolgend werden sechs Kernfelder vorgestellt, die für eine zukunftsorientierte Windforschung und Stärkung der Windindustrie von Bedeutung sind.

Die Handlungsfelder zur Stärkung der Windenergieforschung	
1.	Forschung und Lehre an Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen
2.	Technische Kompetenzen und Infrastruktur (Prüfstände, Testeinrichtungen)
3.	Normungs- und Gremienarbeit
4.	Strukturelle Handlungsoptionen - Modelltypen
5.	Regionale Entwicklung und Kerncluster
6.	Internationale Außendarstellung

7.1.1 Forschung und Lehre an den Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen

Der Beitrag der Forschung und Lehre an den Hochschulen ist für die nationale Windenergieforschung sowie für die Qualifikation der Mitarbeiter/innen in der Windindustrie unverzichtbar. Der hohe Grad an Interdisziplinarität (Luft- und Raumfahrttechnik, Maschinenbau, Elektrotechnik etc.), die fehlende abgestimmte Kombination bzw. Unschärfe in den verschiedenen Studiengängen und die Verankerung in voneinander unterschiedlichen Netzwerken hat allerdings bisher dazu beigetragen, dass sich kein Hochschulstandort mit ganzheitlicher Ausstrahlungskraft herausbilden konnte. Von zentraler Bedeutung für die Forschung und die Ausbildung bzw. Qualifizierung der Studierenden ist zudem eine Verbindung zwischen Hochschule und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Dies umfasst auch den Zugang zu Test- und Prüfständen bzw. die Möglichkeit zur Auswertung von projektspezifischen Daten, wie dies z.B. in Dänemark oder den Niederlanden der Fall ist.

7.1.2 Technische Kompetenzen und Infrastruktur

In Deutschland kann die Windforschung bereits auf zahlreiche unterschiedliche Prüf- und Teststände an dezentralen Standorten verweisen, die z.T. durch das BMU gefördert wurden. Diese befinden sich vorzugsweise an diversen Hochschulstandorten, bei außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Herstellern oder der Zulieferindustrie.

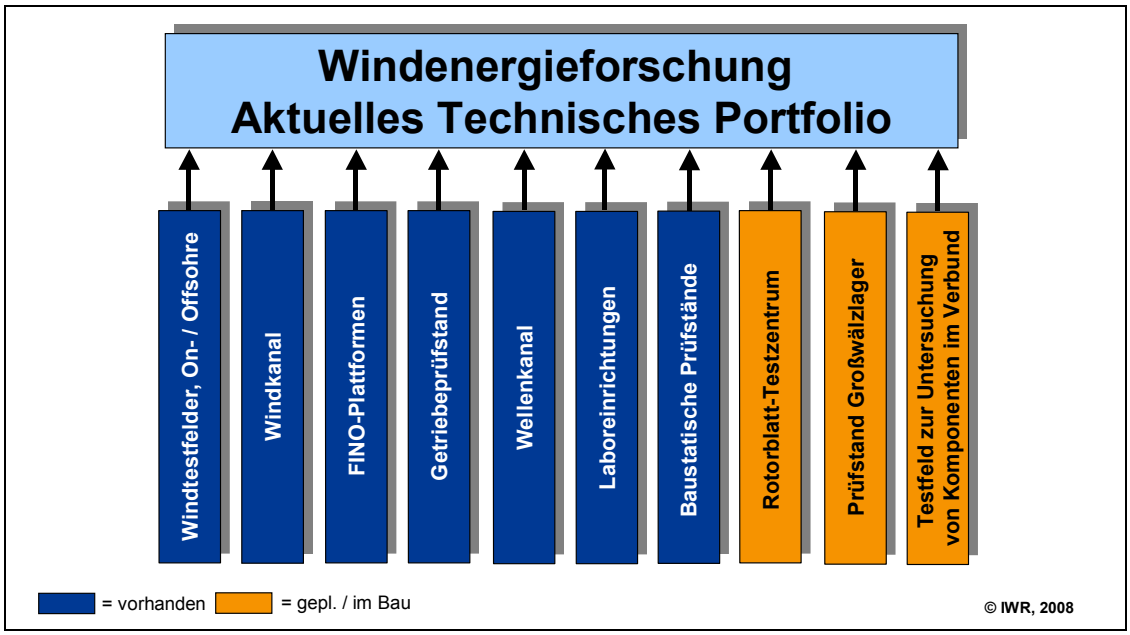


Abbildung 7.1: Aktuelles technisches Portfolio der deutschen Windenergieforschung (Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

Bei den bereits vorhandenen Testeinrichtungen handelt es sich u.a. um Windtestfelder an der Küste und im Binnenland, Windkanäle, die FINO-Offshore-Plattformen, einen Wellenkanal (Offshore-Gründungsstrukturen), das Offshore-Testfeld oder verschiedene Getriebeprüfstände. In Bau befinden sich ein Rotorblatt-Testzentrum sowie ein Prüfstand für Großwälzlager (Abbildung 7.1) (Stand: März 2008).

Derzeit sind die technischen Forschungseinrichtungen an räumlich unterschiedlichen Standorten angesiedelt. Mit Blick auf die Bündelung der nationalen Stärken sowie des zunehmend internationaler werdenden Forschungswettbewerbs ist ein technisch-inhaltlich abgestimmtes Prüf- und Testanlagen-Portfolio in Verbindung mit einer einfachen Erreichbarkeit der Einrichtungen ein entscheidender Standortvorteil.

7.1.3 Normungs- und Gremienarbeit

In den internationalen Normungsgremien sind die deutschen Akteure nach derzeitigen Erkenntnissen zwar oft mit großem persönlichem Engagement, aber im Wesentlichen punktuell aktiv. Eine systematische bzw. koordinierte Mitwirkung ist

nicht erkennbar. So ist beispielsweise im Arbeitskreis zur Normierung der Antriebstechnik tendenziell ein deutsches Übergewicht zu verzeichnen, in anderen Bereichen fehlt eine Beteiligung gänzlich. Dänemark und die Niederlande sind sehr viel stärker und breiter in die Gremienarbeit eingebunden.

7.1.4 Strukturelle Handlungsoptionen: Modelltyp Koordinierungsstelle versus Basisinstitut

Ausgehend von der Strukturanalyse wurden insgesamt vier theoretische Struktur-Modelltypen von Forschungseinrichtungen im Windenergiesektor definiert (vgl. Kap. 5.1, S. 106). Angesichts der künftigen Herausforderungen an die Windforschung im nationalen und internationalen Kontext erscheint die gegenwärtige dezentrale Struktur in Deutschland (Modelltyp I) suboptimal.

Wegen der gewachsenen Forschungsstrukturen stellt aber auch die Einrichtung eines neuen Zentralinstituts auf der „grünen Wiese“ bzw. die Ansiedlung der Forschung an einer Großforschungseinrichtung (Modelltyp IV) nach dem Vorbild des dänischen Risø-/DTU-Instituts oder der niederländischen Einrichtung ECN keine realistische Option dar.

Unter strukturellen Gesichtspunkten bieten Forschungsstrukturen auf der Basis der Modelltypen II (Koordinierungsstelle) bzw. III (Basisinstitut) die effektivsten Anknüpfungspunkte. Nachfolgend werden diese beiden Optionen sowie eine Variation des Modelltyps III mit mehreren „kleineren“ Basisinstituten näher konkretisiert.

Handlungsoption 1:
Einrichtung einer Koordinierungsstelle Windenergie
(Tabelle 7.1)

Option 1: Nationale Forschungs-Koordinierungsstelle Windenergie	
Kategorie der Einrichtung	Koordinierungsstelle
Organisationsform	Stiftung, Verein, Non-Profit-Gesellschaft, Anbindung an ein bestehendes Institut, Kapitalgesellschaft Optional: Beirat
Mitarbeiterbedarf (geschätzt)	Max. 15
Aufgaben	Mögliche Schwerpunktaktivitäten • Bildung u. Wissenstransfer (Forschung u. Lehre) a. nationale Schnittstelle, Moderation zwischen Industrie, Hochschulen, Curriculum der Studiengänge, Doktoranden-Förderung b. internationale Ausbildung (Beteiligung am EAWE-Netzwerk) • Albert-Betz-Forschungspreis (Entwicklung, Vergabe) • Internationale Normungs- und Gremienarbeit • Präsentation im Außenverhältnis, zentrale bundesweite Anlaufstelle (Vermarktung Windforschungs- und Industriestandort Deutschland) • Jahresbericht zur nationalen Windforschung • Veranstaltungen zur Windforschung

Tabelle 7.1: Eckdaten für eine nationale Forschungs-Koordinierungsstelle Windenergie auf der Grundlage des Modelltyps II (Quelle: IWR, 2008)

Die Weiterentwicklung der Forschungsstrukturen in Deutschland nach dem Prinzip von Modelltyp II entspräche einer Bottom-up-Strategie. Dabei können die bestehenden dezentralen Strukturen gezielt weiterentwickelt werden.

Mit den Aufgabenschwerpunkten Bildung und Wissenstransfer, der Entwicklung und Vergabe eines nationalen Forschungspreises (Albert-Betz-Forschungspreis), der Normungs- und Gremienarbeit sowie der Außenpräsentation sind wichtige Kernaufgaben abgedeckt.

Gleichwohl dürfte im Falle der Umsetzung die tatsächliche „Durchschlagskraft“ und Wahrnehmung der Einrichtung sehr stark von der Höhe der Akzeptanz bzw. dem erkennbaren Nutzen für die übrigen Akteure abhängig sein.

Handlungsoption 2:
Ausbau und Stärkung eines „mittleren“ Basisinstituts Windenergie
(Tabelle 7.2)

Option 2: Nationales „mittleres“ Basisinstitut Windenergie	
Kategorie der Einrichtung	Institut
Organisationsstruktur	Stiftung, Verein, Non-Profit-Gesellschaft, Anbindung an ein bestehendes Institut, Kapitalgesellschaft Optional: Beirat
Mitarbeiterbedarf (geschätzt)	40 – 80
Aufgaben	Mögliche Kernaufgaben • Forschung u. Lehre (Kooperation/Anbindung an Universität mit Basisausbildung im Maschinenbau, Elektrotechnik und/oder außeruniversitäre Einrichtungen) • Bildung a. nationale Schnittstelle, Moderation zwischen Industrie, außeruniversitärer Forschung, Hochschulen, Curriculum der Studiengänge, Doktoranden-Förderung b. internationale Ausbildung (Beteiligung am EAWE-Netzwerk) • Albert-Betz-Forschungspreis (Entwicklung, Vergabe) • Betrieb und Vermarktung großer Test- und Prüfeinrichtungen, u.a. a) FINO-Plattformen b) Groß-Prüfstand für Maschinen c) große Versuchsanlage • (Minderheits)-Beteiligung oder Partnerschaft mit vorhandenen Testeinrichtungen, Windtestfeldern etc. • nationale und internationale Präsenz, zentrale Anlaufstelle (Vermarktung Windforschungs- und Industriestandort Deutschland) • Internationale Normungs- und Gremienarbeit

Tabelle 7.2: Eckdaten für ein nationales „mittleres“ Basisinstitut Windenergie auf der Grundlage des Modelltyps III (Quelle: IWR, 2008)

Die Umsetzung des Zielkatalogs auf der Basis des Modelltyps III geht einen Schritt weiter als bei Typ II. Im Hinblick auf die Organisationsform des zentralen Basisinstituts sind die Anbindung an ein bestehendes Hochschulinstitut oder eine außeruniversitäre Einrichtung, die Gründung einer Stiftung, eines Vereins oder einer Kapitalgesellschaft denkbar.

Im Unterschied zur Handlungsoption 1 ist das Aufgabenspektrum des Forschungsinstituts deutlich komplexer. Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Koordinierungsaufgaben könnte das Institut beispielsweise den Betrieb von sehr großen und kapitalintensiven Prüf- und Testeinrichtungen (u.a. FINO-Plattformen, große Versuchs- und Testanlagen) übernehmen, wozu kleine Forschungsinstitutionen nicht der Lage sind. Zudem können weitere Testeinrichtungen aus dem technischen Gesamtportfolio (vgl. Kap.7.1.2) über zusätzliche gezielte strategische Kooperationen mit genutzt werden.

Durch die Weiterentwicklung der nationalen Forschungsstruktur auf der Basis des Struktur-Modelltyps III wäre eine stärkere Bündelung der Forschungskräfte und beispielswiese eine stärkere Einbindung von Test- und Prüfeinrichtungen in Forschung und Lehre möglich. Gleichzeitig dürfte auch international die Wahrnehmung und Akzeptanz des Instituts allein aufgrund der faktischen Größe deutlich höher sein als im Modelltyp II.

Handlungsoption 3:
Ausbau und Stärkung von mehreren „kleineren“ Basisinstituten
(Tabelle 7.3)

Option 3: mehrere „kleinere“ Basisinstitute	
Kategorie der Einrichtung	Mehrere Institute, ggf. unter dem Label: **Deutsches Forschungszentrum Windenergie** ***(German Research Center for Wind Energy)***, z.B. • Windenergieinstitut mit Schwerpunkt Hochschulausbildung • Windenergieinstitut für Maschinenbau, Elektrotechnik und Energiewirtschaft • Windenergieinstitut für Windphysik, Aerodynamik und Offshore-Windenergie
Organisationsstruktur der Institute	Stiftung, Verein, Non-Profit-Gesellschaft, Anbindung an bestehende Institute, Kapitalgesellschaft Optional: Beirat
Mitarbeiterbedarf der Institute (geschätzt)	15 – 40 pro Institut
Aufgaben	**Windenergieinstitut mit Schwerpunkt Hochschulausbildung** • Forschung u. Lehre (Kooperation/Anbindung an Universität mit Basisausbildung im Maschinenbau, Elektrotechnik und/oder Bauingenieurwesen) • Bildung a. nationale Schnittstelle, Moderation zwischen Industrie, außeruniversitärer Forschung, Hochschulen, Curriculum der Studiengänge, Doktoranden-Förderung b. internationale Ausbildung (Beteiligung am EAWE-Netzwerk) • Albert-Betz-Forschungspreis (Entwicklung, Vergabe)

Option 3: mehrere „kleinere“ Basisinstitute	
	Windenergieinstitut für Maschinenbau, Elektrotechnik und Energiewirtschaft • Forschung u. Bildung (Kooperation mit Ausbildungsinstitut für Windenergie in maschinentechnischen Forschungs- bzw. Ausbildungsfragestellungen) • Betrieb und Vermarktung großer Test- und Prüfeinrichtungen, u.a. a) Groß-Prüfstand für Maschinen b) große Versuchsanlage (optional) • (Minderheits)-Beteiligung oder Partnerschaft mit vorhandenen Testeinrichtungen, Windtestfeldern, etc. • Kooperation mit der Industrie in maschinentechnischen Fragestellungen
Aufgaben	**Windenergieinstitut für Windphysik, Aerodynamik und Offshore-Windenergie** • Forschung u. Bildung (Kooperation mit Ausbildungsinstitut für Windenergie in fachspezifischen Forschungs- bzw. Ausbildungsfragestellungen) • Betrieb und Vermarktung großer Test- und Prüfeinrichtungen, u.a. a) FINO-Plattformen b) große Versuchsanlage (optional) • (Minderheits)-Beteiligung oder Partnerschaft mit vorhandenen Testeinrichtungen, Windtestfeldern, etc. • Kooperation mit der Industrie in fachspezifischen Fragestellungen
Aufgaben der verschiedenen Institute, noch ohne Zuordnung	• nationale und internationale Präsenz, zentrale Anlaufstelle (Vermarktung Windforschungs- und Industriestandort Deutschland) • Internationale Normungs- und Gremienarbeit

Tabelle 7.3: Eckdaten für eine Gruppe von mehreren „kleineren“ Windenergie-Basisinstituten auf der Grundlage des Modelltyps III (Quelle: IWR, 2008)

Die Handlungsoption 3 stellt eine Variation der Überlegungen zum „mittleren“ Basisinstitut dar. Ausgehend von der Forschungskarte (vgl. Abbildung 3.7, S. 40) und den bereits bestehenden regionalen Forschungsclustern könnten mehrere „kleinere“ Basisinstitute weiter entwickelt werden. Dabei kommt es weniger auf die Anzahl der „Basisinstitute“ an. Entscheidend ist vielmehr, dass diese in Summe alle wichtigen Fachdisziplinen der Windenergieforschung (Maschinen-

bau, Elektrotechnik, Energiewirtschaft, Windphysik, Aerodynamik, Offshore, Gründung etc.) inkl. der Hochschulausbildung abdecken und jeweils eine „kritische“ Masse und Bündelung aufweisen.

Auch geht es nicht in erster Linie darum, mittels institutioneller Förderung (Grundfinanzierung) neue Institute in einem langwierigen Prozess zu gründen bzw. Kompetenzen erst aufzubauen. Vielmehr kann das BMU mit dem bereits eingesetzten Instrument „Infrastrukturförderung“ die vorhandenen Stärken der bestehenden Institute nutzen und auf dieser Grundlage deren Ausbau wesentlich schneller, effektiver und zielgerichteter vorantreiben.

Dabei ist es auch denkbar, speziell für die Hochschulausbildung im Windenergiesektor an einer Universität in den Basis-Fachbereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen ein eigenes Institut zu unterstützten bzw. einen infrastrukturellen Anschub für den Aufbau zu leisten. Aufgabe dieser Einrichtung wäre die Übernahme grundlegender Lehr- und Forschungsaktivitäten vor allem mit dem Ziel, die windenergiespezifische Hochschulausbildung weiter zu entwickeln bzw. eine Leuchtturmfunktion für andere Hochschulen zu übernehmen.

7.1.5 Regionale Entwicklung und Kerncluster

Ausgehend von der Forschungskarte Windenergie (vgl. Abbildung 3.7, S. 40) für Deutschland sind innerhalb eines gedachten Kerndreiecks auf der Achse von Aachen über Bochum und Dortmund bis Hannover (Osten), Bremerhaven (Norden) und über Duisburg bis Aachen zwei regionale Schwerpunktcluster zu verzeichnen, in denen eine erkennbar hohe Bündelung der Forschungsaktivitäten vorhanden ist. In Bezug auf den wichtigen Aspekt Forschung und Lehre liegen die thematischen Schwerpunkte an den Hochschulen im Norden außerhalb der eigentlichen Maschine (Windphysik, Offshore-Windenergie, Luft- und Raumfahrttechnik bzw. Aerodynamik), während im Westcluster neben der Zulieferindustrie vor allem die Forschung und Lehre rund um den Maschinenbau, die Elektrotechnik sowie die Energiewirtschaft gebündelt ist. Im Osten dieses Dreiecks (Hannover) befindet sich ein bedeutendes Zentrum für Gründungsstrukturen.

7.1.6 Internationale Außendarstellung

Die Darstellung der nationalen Windforschung im Außenverhältnis erfolgt aufgrund der dezentralen Forschungsstruktur derzeit, wenn überhaupt, durch die einzelnen Institute selbst und damit unstrukturiert. Angesichts von über 300 Einrichtungen an 200 Standorten in Deutschland können Akteure aus Deutschland bzw. Interessenten aus dem Ausland das gesamte Leistungsspektrum der deutschen Windforschung derzeit kaum überblicken.

7.2 Zielkatalog und Anforderungen

Ausgehend von den genannten Handlungsfeldern in den Kernbereichen technisches Know-how und Wissensvermittlung ergibt sich ein Zielkatalog, der das Anforderungsprofil für eine Stärkung der nationalen Windforschung beschreibt. Dieser Zielkatalog umfasst die nachfolgenden Schwerpunkte:

Zielkatalog zur Stärkung der Windenergieforschung	
1.	Systematischer Ausbau und Intensivierung der Forschung und Lehre an den Hochschulen sowie Organisation des Wissenskreislaufs (Hochschulen, Industrie)
2.	Ausbau des technischen Portfolios, d.h. konsequente Erweiterung und Intensivierung des technischen Know-how (Prüfstände, Testlabors, Testfelder etc.)
3.	Abgestimmte und koordinierte Vertretung der nationalen Windforschung in internationalen Normungsgremien
4.	Stärkung und Weiterentwicklung der Kompetenzen in den Kernclustern
5.	Erhöhung der Repräsentanz und gezielte Präsentation der nationalen Forschungskompetenzen auf internationaler Ebene

8 Empfehlungen und Maßnahmen zur Weiterentwicklung der nationalen Windenergieforschung

Auf der Grundlage der identifizierten Handlungsfelder, des aufgestellten Zielkatalogs sowie der strukturellen Handlungsoptionen 1 bis 3 wird ein Katalog mit insgesamt zehn konkreten Handlungsempfehlungen zur Stärkung der Windforschung abgeleitet.

8.1 Katalog Handlungsempfehlungen

Katalog der Handlungsempfehlungen	
1.	Strukturoptionen (Institutsfrage)
2.	Organisation Weiterentwicklung des Wissenskreislaufs
3.	Implementierung Studiengänge (Forschung und Lehre)
4.	Inhaltlich abgestimmtes Technik-Portfolio (Prüf- und Testeinrichtungen)
5.	Abstimmung unter den Akteuren
6.	Normungs- und Gremienarbeit
7.	Regionalentwicklung und Kerncluster
8.	Ausbau Strategiegespräche und Statusseminare
9.	Der „Albert-Betz-Forschungspreis“
10.	Außendarstellung

8.1.1 Strukturoptionen (Institutsfrage)

In Kapitel 7.1.4 wurden die möglichen Handlungsoptionen 1 bis 3 aufgezeigt, die grundsätzlich zu einer strukturellen Verbesserung der Windenergieforschung in Deutschland beitragen könnten. Nachfolgend werden diese Handlungsoptionen im Hinblick auf ihre Übertragbarkeit auf die derzeitige dezentrale Forschungsstruktur analysiert.

Vernetzende Koordinierungsstelle (Modelltyp II, Handlungsoption 1)

Die Erfahrungen mit Netzwerken vom Modelltyp II (Koordinierungsstelle) zeigen, dass die Effektivität bzw. die Außenwirkung solcher Einrichtungen eingeschränkt sein kann. Dies wird beispielsweise am PV-Uni-Netz (www.PV-Uni-Netz.de) deutlich, einem Verbund von Hochschulprofessoren aus dem PV-Bereich. Zielsetzung des Netzes ist es, neue Ideen zu diskutieren und die Interessen und Aktivitäten der universitären PV-Forschung in Deutschland zu koordinieren und gegenüber

der Öffentlichkeit transparenter zu machen. In Bezug auf die Akquisition von Forschungsprojekten und Forschungsmitteln spielt dieses Netzwerk im Vergleich zu den außeruniversitären PV-Instituten bislang jedoch eine eher untergeordnete Rolle. Ein Nachteil solcher Koordinierungsstellen dürfte vor allem sein, dass die wettbewerbsbedingten Partikularinteressen oft sehr ausgeprägt sind und eine ernsthafte Beteiligung daher lediglich im Falle der Bündelung von komplementären Interessen in Betracht kommt.

„Mittleres“ Basisinstitut (Modelltyp III, Handlungsoption 2)

Unklar ist auch, ob ein einzelnes „mittleres“ Basisinstitut nach dem Prinzip von Modelltyp III aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtung insbesondere der Schwerpunktregionen Nord (Offshore-Windenergie, Windphysik, Luft- und Raumfahrttechnik bzw. Aerodynamik) und West (Maschinenbau, Elektrotechnik und Energiewirtschaft) ausreichend sein kann, um die nationale Windenergieforschung ganzheitlich zu stärken und die Wahrnehmung und Präsenz national und international zu erhöhen. Derzeit ist auch nach eingehender Analyse kein einzelner Standort erkennbar, der alle Anforderungen allein und ausnahmslos erfüllen kann. Daraus ergibt sich im Ergebnis, dass die Stärkung der Forschungsstrukturen an mehreren Punkten ansetzen muss.

Mehrere „kleinere“ Basisinstitute (Variation des Modelltyps III, Handlungsoption 3)

Vielversprechend erscheint dagegen die Unterstützung von mehreren „kleineren“ Basisinstituten (Handlungsoption 3). Diese „Basisinstitute“ sind nicht notwendigerweise neue, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen mit institutioneller Förderung (vgl. Kap. 7.1.4). Es sollte vielmehr angestrebt werden, dass die bereits vorhandenen Forschungsaktivitäten in den Schwerpunktregionen gezielt intensiviert und durch Kooperationen weiterentwickelt werden. Auf diese Weise kann nahezu das gesamte Leistungsspektrum der nationalen Windenergieforschung konzentriert innerhalb des in der Forschungskarte dargestellten Wirtschaftsraumes abgebildeten werden.

Denkbar wäre es, im Rahmen der Umsetzung der Handlungsoption 3 in einer ersten Startphase zunächst drei „kleinere“ Basisinstitute zu unterstützen. Dazu könnte ein Hochschulinstitut an einer Universität mit den Kern-Fachbereichen Maschinenbau und Elektrotechnik sowie optional auch Bauingenieurwesen etabliert werden. Dieses Institut kann zusätzlich eine „Leuchtturmfunktion“ in Bezug auf eine Intensivierung des Wissenstransfers und der Hochschulausbildung übernehmen und den inhaltlichen Dialog zwischen Hochschulen und Industrie moderieren.

In der Schwerpunktregion West könnten die vorhandenen Kernkompetenzen in den Bereichen Maschinenbau und Elektrotechnik aufgegriffen werden, um ein entsprechend spezialisiertes Basisinstitut aufzubauen. Im Norden ist es denkbar, die Forschungsaktivitäten in den Bereichen Windphysik, Strömungstechnik (Luft-

und Raumfahrttechnik) sowie Offshore-Windenergie in einem eigenen Institut zu bündeln.

Zur Stärkung der internationalen Präsenz und der Außenwirkung der deutschen Windforschung besteht die Möglichkeit, den Basisinstituten ein einheitliches Qualitäts- bzw. Identifikationslabel zu verleihen, z.B. den Namenszusatz „Einrichtung oder Mitgliedsinstitut des Deutschen Forschungszentrums Windenergie“.

Nach der Startphase der drei Basisinstitute könnte die nationale Windforschung unter Berücksichtigung regionaler Kompetenzen sukzessive durch weitere Basisinstitute gestärkt werden. Dies kann z.B. durch die Eigeninitiative der Forschungseinrichtungen bzw. mit Unterstützung der Industrie oder der Länder erfolgen, in denen die Institute ansässig sind. Diesbezüglich hat sich gezeigt, dass bereits die Analyse der nationalen Forschungsstrukturen durch das IWR im Vorfeld dieser Studie einen Prozess der Bündelung von Forschungsaktivitäten und Intensivierung von Kooperationen zwischen den Forschungsakteuren angestoßen hat.

Umsetzung von Handlungsoption 3 (mehrere „kleinere“ Basisinstitute)

In Bezug auf die Realisierung der Handlungsoption 3 sind verschiedene Ausführungsvarianten denkbar. Eine Möglichkeit besteht darin, den Aufbau und die Führung der Basisinstitute über ein Ausschreibungsverfahren zu vergeben. Ein solches Verfahren könnte auch zu neuen Allianzen und einer engeren Vernetzung der Akteure führen. Die Einrichtung und der Betrieb der Basisinstitute könnte auch als zeitlich befristetes Projekt, z.B. über fünf oder zehn Jahre ausgeschrieben und regelmäßig evaluiert werden. Dadurch würde sich für die Institute die Notwendigkeit ergeben:

- einen hohen Qualitäts- und Leistungsstandard zu halten,
- aktuelle Entwicklungstendenzen in der Windenergietechnik und -forschung kontinuierlich mitzugestalten und
- die Ausrichtung immer wieder neu den Anforderungen anzupassen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einzelne Institute, die sich bereits im Vorfeld durch anwendungsnahe Forschung im Windbereich etabliert haben, gezielt durch die staatliche Förderung von infrastrukturellen Einrichtungen wie Testständen, Prüfeinrichtungen etc. zu unterstützen und zu Basisinstituten aufzuwerten.

8.1.2 Weiterentwicklung des Wissenskreislaufs

Ein zentraler Aspekt bzw. eine wichtige Voraussetzung für eine leistungsstarke Windforschung und Ausbildung ist ein funktionierender Wissenskreislauf zwischen Industrie und Hochschulen. Bei der Auswahl eines entsprechenden Basisinstituts sollte daher Wert darauf gelegt werden, dass der inhaltliche und personelle Austausch gewährleistet ist. Eine effiziente Hochschulausbildung in Verbindung mit außeruniversitärer Forschung kann vor allem durch infrastrukturelle Maßnahmen (Einrichtungen wie Prüf- und Teststände, Triebstrang) flankiert und

begünstigt werden. Beispiele für eine enge Bindung zwischen Hochschulen und Forschungsinstituten sind die vorhandenen Strukturen in Dänemark (TU Denmark/Risø) oder in den Niederlanden (TU Delft/ECN). Durch solche Strukturen kann eine unmittelbare Einbeziehung der Lehrenden und Studierenden in zentrale und aktuelle Fragen der Windenergieforschung gewährleistet und damit zu einer qualifizierten Ausbildung beigetragen werden.

8.1.3 Windenergie-Studiengänge (Lehre und Forschung)

Die anhaltende technische Entwicklung hin zu Großanlagenlagen der Multimegawattklasse, das expansive Marktwachstum sowie neue Anwendungsfelder wie beispielsweise die Nutzung der Offshore-Windenergie stellen die Branche vor große Herausforderungen und erfordern spezifisch ausgebildete Ingenieure. Bislang werden für die Windbranche relevante Fragestellungen im Rahmen der Hochschulausbildung oft nur tangential berücksichtigt. Insgesamt wurden im Rahmen der nationalen Forschungsanalyse lediglich fünf bestehende bzw. geplante Studiengänge ermittelt, die in Deutschland speziell auf das Thema Windenergie ausgerichtet sind (vgl. Kap. 3.2.2). Hier erscheint ein Fokus auf die verstärkte Entwicklung ganzheitlich aufgebauter Windenergie-Studiengänge notwendig, die auf der breit ausgerichteten Grundausbildung in den Kernbereichen Maschinenbau und Elektrotechnik basieren und den Studierenden anschließend eine optionale Schwerpunktwahl (Windphysik, Gründungsstrukturen, etc.) ermöglichen sollten.

8.1.4 Technik-Portfolio (Prüf- und Testeinrichtungen)

Derzeit verfügen die nationalen Forschungseinrichtungen bereits über einen umfangreichen Bestand an technischen Testeinrichtungen, die z.T. durch das BMU gefördert wurden. Zum Portfolio gehören u.a. das Onshore-Testfeld der Windtest-Grevenbroich GmbH in Grevenbroich oder das DEWI-Testfeld für Offshore-Prototypenanlagen in Cuxhaven. Obwohl die Standortkapazitäten gering sind, sind die Testfelder aus Sicht von Branchenvertretern von hoher Bedeutung, da z.B. Baugenehmigungen für neue Anlagen nach kurzer Zeit vorliegen, die vorhandene Messinfrastruktur genutzt werden kann und konstante Standort- und Anströmungsbedingungen vorliegen.

Wichtige technische Einrichtungen sind zudem das Windkanal-Zentrum der Deutschen WindGuard in Bremerhaven, die FINO-Offshore-Plattformen in Nord- und Ostsee, der Wellenkanal an der Universität Hannover oder ein Getriebeprüfstand der DMT in Bochum. Hinzu kommen Prüf- und Teststände der Industrie, die i.d.R. jedoch nur unternehmensintern genutzt werden.

Weitere, z.T. durch das BMU geförderte Testanlagen wie z.B. Rotorblatt-Prüfstände in Bremerhaven, das Offshore-Testfeld alpha-ventus in der Nordsee sowie ein Prüfstand für Wälzlager in Hannover befinden sich in der konkreten Planung bzw. Umsetzungsphase. Dazu gehört auch das im Aufbau befindliche

ISET Systems Test Centre SysTec in Kassel. In dieser Einrichtung sollen künftig verschiedene Komponenten und Anlagen regenerativer Energiesysteme im Verbund untersucht werden.[11]

Um das Portfolio an technischen Versuchseinrichtungen zu vervollständigen und eine ganzheitliche Aufstellung der nationalen Forschungsindustrie zu gewährleisten, wurde im Rahmen der Expertengespräche zudem die Errichtung weiterer Testeinrichtungen angeregt, die nachfolgend vorgestellt werden. Dabei kann ein wichtiger Beitrag zur Reduzierung der derzeit weitgehenden Trennung zwischen der Forschung im Bereich Maschinenbau und den übrigen Bereichen der Windenergie (Offshore, Aerodynamik, Windphysik etc.) von der zentralen Vergabe und Unterstützung neuer Testeinrichtungen durch das BMU ausgehen.

Die gezielte Ansiedlung einzelner Testeinrichtungen in Hochschulnähe (z.B. Errichtung einer Versuchsanlage inkl. Praxislabor) bietet dabei die Möglichkeit, die Ausbildungsqualität weiter zu verbessern und über die Brückenfunktion der Testeinrichtungen den Austausch zwischen Industrie und Forschung bzw. Lehre zu verbessern.

Durch Fortsetzung seiner schon bisher praktizierten Unterstützung für den Ausbau der Forschungsinfrastruktur könnte das BMU wichtige Beiträge zur Verbesserung der Struktur der Windenergieforschung leisten.

[11] *Das Testzentrum ist allerdings nicht ausschließlich auf den Bereich Windenergie beschränkt.*

Errichtung eines Simulations- und Großprüfstandes für MW-Windenergieanlagen

Ein Vorschlag zum Ausbau der Testeinrichtungen zielt auf die Errichtung eines Simulations- und Prüfstandes für Groß-WEA ab. Damit können bodennah umfangreiche Tests an der gesamten Anlage durchgeführt werden. Insbesondere die Analyse von Lasteinwirkungen auf die Maschine sowie die Berücksichtigung von Komponentenwechselwirkungen sind unter realen Bedingungen durchführbar und können zukünftig in Simulationsprogrammen berücksichtigt werden. (Abbildung 8.1).

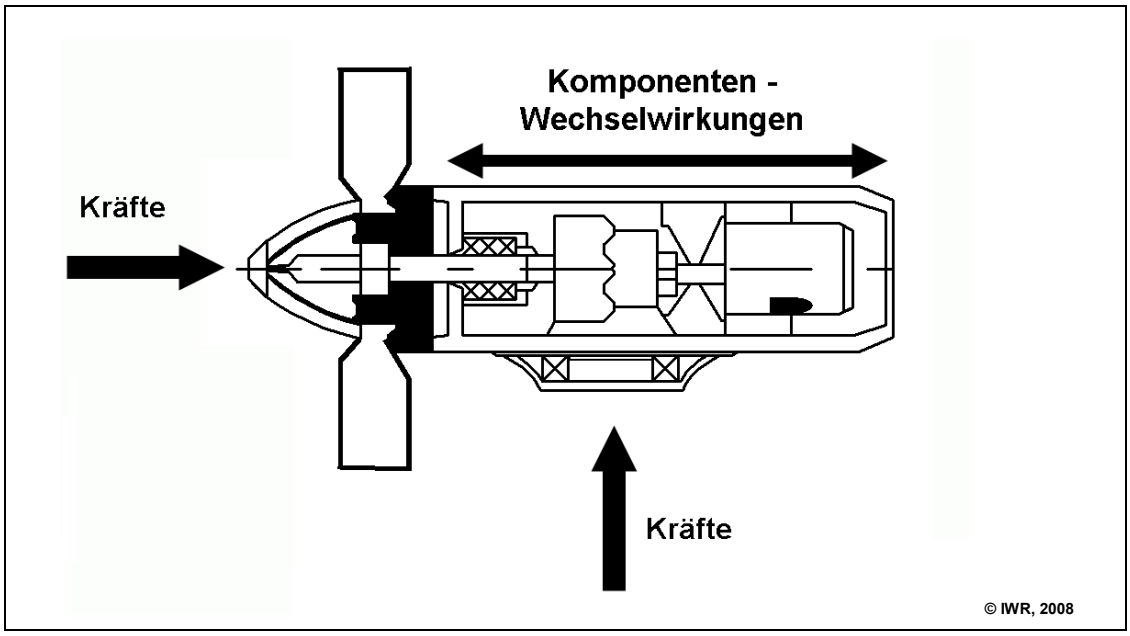


Abbildung 8.1: Funktionsschema eines Simulations- und Prüfstandes für Groß-WEA
(Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

Zudem wäre es denkbar, den Teststand mit einer Klimakammer zu kombinieren. Dadurch könnten auch witterungsklimatische Extremsituationen (z.B. Vereisung) in ihren Wirkungen auf die Anlage und Komponenten sowie die auftretenden Wechselwirkungen untersucht werden.

Die Einrichtung eines derartigen Teststandes hatte nicht für alle im Rahmen der Studie kontaktierten Experten eine gleichermaßen hohe Priorität. Kritisch wurde angemerkt, dass es auf Seiten der WEA-Hersteller aus Kostengründen u.U. eine mangelnde Bereitschaft zur Nutzung einer solchen Einrichtung geben könnte.

Dadurch könnte die Wirtschaftlichkeit des Teststandes beeinträchtigt werden. Dem stehen Stimmen gegenüber, die davon ausgehen, dass Anlagentypen, die einen solchen Test erfolgreich durchlaufen und damit ein Qualitätssiegel aufweisen, leichter durch die Banken finanziert werden. Dies gelte insbesondere im Hinblick auf das hohe Finanzierungsvolumen, das mit der Errichtung geplanter Offshore-Windparks verbunden ist.

Errichtung einer Versuchsanlage

Um im Rahmen der Hochschulausbildung den Praxisbezug der Ausbildung zu stärken, wurde aus dem Kreis der kontaktierten Experten vorgeschlagen, eine WEA zu errichten, die mit entsprechendem Messequipment versehen wird. Neben grundlegenden Forschungen soll durch die Kombination aus WEA und Messeinrichtungen ein „praktischer Laborbetrieb“ ermöglicht werden, der umfangreiche praktische Ausbildungsansätze bietet. Für diese Art der Testeinrichtung besteht bereits ein Interessentenkreis, der die Errichtung der Anlage an einem Standort in Norddeutschland plant.

Errichtung eines Teststandes zur Netzintegration

Angeregt wurde zudem die Errichtung eines speziellen Teststandes zur Netzintegration, durch die wichtige Erkenntnisse über die Netzverträglichkeit von WEA gewonnen werden könnten. Abbildung 8.2 gibt einen zusammenfassenden Überblick über bestehende (blau), geplante (orange) und die im Rahmen der Expertengespräche als optional bzw. wünschenswert (gelb) genannten Testeinrichtungen der nationalen Windenergieforschung.

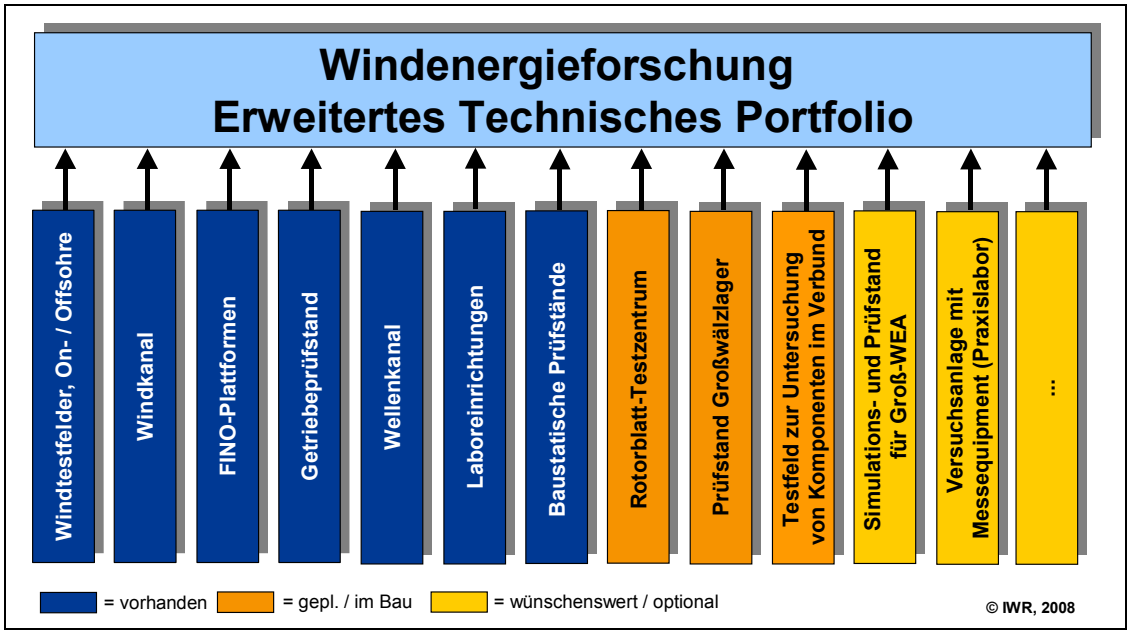


Abbildung 8.2: Erweitertes technisches Portfolio der nationalen Forschung im Bereich Windenergie (Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

Kooperation mit weiteren, übergeordneten Testeinrichtungen

Neben den windenergiespezifischen Testeinrichtungen gibt es weitere Zentren, die allgemeiner auf den Bereich Energietechnik ausgerichtet sind. Dabei sind auch die Themen erneuerbare Energien sowie Windenergieforschung von Bedeutung. Es erscheint sinnvoll, mögliche Anknüpfungspunkte mit diesen Zentren zu prüfen, um ggf. in Bereichen wie Netzintegration oder Speicherung zu koope-

rieren bzw. Testeinrichtungen gemeinsam zu nutzen. Diesbezüglich relevant wären z.B. das EWE-Forschungszentrum in Oldenburg oder das neue E.ON Energy Research Center an der RWTH Aachen.

8.1.5 Abstimmung unter den Akteuren

Derzeit gelingt es den vorhandenen Forschungsinstitutionen, Netzwerken und Verbänden nicht, eine Weiterentwicklung der Strukturen aus eigener Kraft zu initiieren. Ein Grund hierfür liegt auch darin, dass das BMU bisher vor allem die dezentrale Entwicklung der Forschungslandschaft mittels infrastruktureller Förderung unterstützt und auch mitbestimmt hat. Dies hat zur Folge, dass gegenwärtig dem BMU bei der strategischen Neuausrichtung der Forschung eine zentrale Rolle zufällt. Es erscheint daher sinnvoll, wenn dem BMU in der Startphase übergangsweise eine stärkere Koordinierungs- bzw. Moderationsrolle zugedacht wird. Dabei ist es in einem ersten Schritt von zentraler Bedeutung, dass die bisherige Zweigleisigkeit der Forschung mit Aktivitäten in den Bereichen Windphysik, Luft- und Raumfahrttechnik bzw. Aerodynamik und Offshore einerseits und Maschinenbau und Elektrotechnik andererseits überwunden wird. Dazu wird vorgeschlagen, dass das BMU im Rahmen der Moderation eine verstärkte Einbindung des auf maschinenbauspezifische Forschungsfragen fokussierten VDMA anstrebt. So könnte ein Harmonisierungsprozess angestoßen werden, der letztendlich einen ganzheitlicheren Forschungsansatz im Bereich Windenergie unterstützt.

Die Moderationsrolle des BMU sollte allerdings auf die Startphase beschränkt bleiben. Das bedeutet auch, dass die Verantwortung für strukturelle Entscheidungen nicht allein auf Seiten des BMU liegt. Vielmehr sollten letztendlich auch die Windenergiebranche (Industrie, Verbände) sowie die Hochschulen – und damit auch interessierte Bundesländer – den Prozess der Weiterentwicklung der Forschungsstrukturen und die Einrichtung zentralerer Forschungsstrukturen aktiv mit gestalten.

Vorstellbar wäre es auch, dass einige für den Aufbau und die Weiterentwicklung der Forschungsstrukturen wichtige Teilmodule durch einen Umlage- oder Stiftungsfonds der Windbranche mit finanziert werden.

8.1.6 Normungs- und Gremienarbeit

Eine Option zur Verbesserung der Präsenz und Akzeptanz der deutschen Windforschung auf internationaler Ebene ist die Intensivierung der Normungs- und Gremienarbeit. Dabei ist die zentrale und systematische Koordinierung wichtig. Diese Aufgabe könnte z.B. von einem der neu aufzubauenden „kleineren“ Basisinstitute übernommen werden. So könnte eher sichergestellt werden, dass die Interessen der deutschen Windenergiebranche auf der internationalen Ebene stärker in den Normierungs- und Standardisierungsprozess eingebunden werden.

8.1.7 Regionalentwicklung und Kerncluster

Die regionale Analyse der Windenergieforschung in Deutschland und Darstellung der Standorte in der Forschungskarte Windenergie hat gezeigt, dass es zwei regionale Schwerpunktcluster der Windenergieforschung gibt, in denen zahlreiche Kompetenzen bereits gebündelt vorgehalten werden. Diese sollten mit Blick auf die weitere Entwicklung der Windenergieforschung in Abhängigkeit von der Klärung der Institutsfrage gezielt weiterentwickelt und miteinander vernetzt werden. Es bietet sich an, dabei die Kompetenzen einzelner Forschungsakteure aufzugreifen und konzentriert weiter auszubauen. So könnten Synergie-Effekte für die gesamte Windenergieforschung in Deutschland erschlossen und die Wettbewerbsfähigkeit der Forschungseinrichtungen im internationalen Vergleich deutlich verbessert werden.

8.1.8 Strategiegespräche und Statusseminare

Bislang finden in Bad Zwischenahn im Zweijahresrhythmus regelmäßig Strategiegespräche zur nationalen Forschungsförderung Windenergie statt. Im kleinen Kreis wird dabei mit ausgewählten Vertretern der Windenergiebranche die strategische Ausrichtung der Windenergieforschung diskutiert. Grundsätzlich erscheint es sinnvoll, diese vom BMU initiierten Gespräche auch weiterhin in dem bisherigen Rahmen fortzusetzen. Allerdings dürfte in Zukunft eine thematisch intensivere Abstimmung der nationalen Forschungsstrategie mit den EU-Aktivitäten von Bedeutung sein.

In Ergänzung zu den Strategiegesprächen wird vorgeschlagen, ein jährlich stattfindendes „Statusseminar Windforschung“ durchzuführen. Dabei könnten beispielsweise ausgewählte BMU-Forschungsergebnisse, aber auch Ergebnisse aus dem nationalen EAWE-Verbund oder von Hochschulen der Industrie und Interessierten öffentlich vorgestellt werden. Parallel hierzu sollte zwecks Rückkopplung bezüglich der Ausbildung, Qualifikation und Lehrinhalte an Hochschulen ein Austauschforum zwischen den in die Windforschung involvierten Hochschulen und der Industrie eingerichtet werden. Die Ergebnisse dieser Foren könnten in ein entsprechendes Rahmenkonzept einfließen und die zweijährigen Strategiegespräche hinsichtlich der nationalen Forschungsstrategie ergänzen. Abbildung 8.3 gibt einen Überblick über die Inhalte und mögliche Vernetzung zwischen Strategiegesprächen des BMU und den Statusseminaren zur Windenergieforschung/Ausbildung.

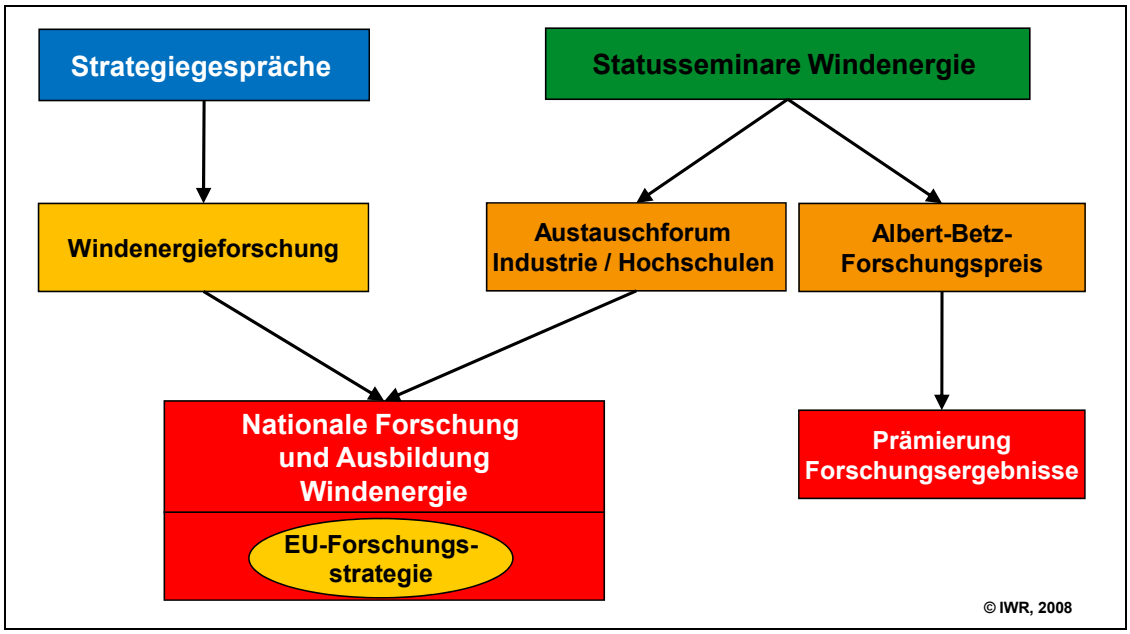


Abbildung 8.3: Inhalte und Vernetzung zwischen Strategiegesprächen und Statusseminaren zur nationalen Windenergieforschung und Ausbildung
(Quelle: IWR, 2008, eigene Darstellung)

8.1.9 Der „Albert-Betz-Forschungspreis“

Um den Stellenwert der Forschung zu auf dem Windenergiesektor zu erhöhen, wird die Vergabe eines speziellen Forschungspreises vorgeschlagen. In Anlehnung an einen deutschen Pionier der Windenergie, Albert Betz, ist es denkbar, diese Auszeichnung als „Albert-Betz-Forschungspreis“ auszuloben. Das BMU könnte die Preisidee zunächst initiieren und zu Beginn moderieren, die weitere Durchführung und Vergabe dann jedoch der Windenergiebranche überlassen.

Ziel der Preisverleihung ist es, mit finanzieller Unterstützung der Industrie herausragende Forschungsleistungen auf dem Gebiet der Windenergie zu prämieren. Die Nominierung für den Preis könnte z.B. im Rahmen der „Statusseminare Windforschung“ erfolgen. Für die Auswahl der zu prämierenden nationalen Forschungsarbeiten bietet sich die Einberufung einer nationalen bzw. internationalen Jury an.

In diesem Zusammenhang wird empfohlen, die Vergabe eines Forschungspreises nicht auf den Windenergiesektor zu beschränken, sondern auch auf die anderen regenerativen Energiesparten auszudehnen. Die Nominierung einzelner Forschungsarbeiten für den Preis in den verschiedenen Kategorien (Windenergie, Solarenergie, Bioenergie, Geoenergie und Wasserkraft) könnte zunächst im Rahmen der jeweiligen Statusseminare veröffentlicht werden. Die eigentliche Bekanntgabe der Gewinner und Preisverleihung in der jeweiligen regenerativen Energiekategorie würde erst auf einer zentralen Veranstaltung der gesamten „Regenerativen Energiewirtschaft“ erfolgen.

8.1.10 Außendarstellung

Eine verbesserte Darstellung der Leistungsfähigkeit und Kompetenzen der nationalen Windforschung und damit des Standfortfaktors Forschung ist insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden internationalen Marktentwicklung und des stärkeren Forschungswettbewerbs von hoher Bedeutung. Ein erster Anknüpfungspunkt für eine bessere Präsentation nationaler Forschungsinnovationen könnte die Weiterentwicklung des vom BMU bereits veröffentlichten Jahresbericht zur Forschungsförderung im Bereich regenerative Energien sein [2]. Hier bietet es sich z.B. an, den mehrsprachigen Jahresbericht um inhaltliche und technische Forschungskompetenzen der regenerativen Branchen zu erweitern oder zusammen mit den Forschungsakteuren der Windbranche einen eigenen „Jahresforschungsbericht Windenergie“ herauszugeben.

Zu einer verbesserten Wahrnehmung der Windenergieforschung im In- und Ausland dürfte auch der „Albert-Betz-Forschungspreis“ beitragen. Unabhängig von diesen Maßnahmen wird angesichts der für nationale wie für internationale Interessenten kaum überschaubaren Zahl an Instituten und Einrichtungen vorgeschlagen, ein Basisinstitut oder eine andere geeignete Institution damit zu beauftragen, die Funktion einer nationalen Kontakt- und Anlaufstelle für Forschungsanfragen zu übernehmen.

8.2 Handlungsempfehlungen: Kurz- und mittelfristige Maßnahmen

Die Realisierung der zehn Handlungsempfehlungen ist im konkreten Einzelfall mit unterschiedlichen Zeithorizonten verbunden. Die einzelnen Maßnahmen können mit Blick auf den zur Umsetzung erforderlichen zeitlichen und administrativen Aufwand in kurz- und mittelfristige Maßnahmen aufgeteilt werden.

Kurz- und mittelfristige Maßnahmen
Kurzfristige Maßnahmen
1. Abstimmung unter den Akteuren
2. Ausbau Strategiegespräche und Einführung „Statusseminare Windforschung“
3. Der „Albert-Betz-Forschungspreis“
Mittelfristige Maßnahmen
1. Strukturoptionen (Institutsfrage)
2. Außendarstellung
3. Organisation Weiterentwicklung des Wissenskreislaufs
4. Implementierung Studiengänge (Forschung und Lehre)
5. Inhaltlich abgestimmtes Technik-Portfolio (Prüf- und Testeinrichtungen)
6. Normungs- und Gremienarbeit
7. Regionalentwicklung und Kerncluster

9 Fazit und Ausblick

Das Ziel dieser Studie ist es, eine strukturelle Analyse der deutschen Windforschung im internationalen Vergleich durchzuführen und eine Positionsbestimmung vor dem Hintergrund sich ändernder internationaler Rahmenbedingungen vorzunehmen. Darauf basierend werden zunächst wichtige Handlungsfelder identifiziert und zehn Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Windenergieforschung in Deutschland vorgestellt. Die Studie gliedert sich in die Kernbereiche:

- nationale und internationale Strukturanalyse sowie Windforschungskataster,
- Klassifizierung internationaler Forschungsstrukturen (Modelltypen I bis IV),
- Szenarien, Änderung von Rahmenbedingungen,
- Handlungsfelder zur Stärkung der Windenergieforschung,
- Empfehlungen sowie kurz- bzw. mittelfristiger Maßnahmenkatalog.

Die Windenergieforschung in Deutschland hat sich im Vergleich zu den anderen regenerativen Energiesparten unter deutlich ungünstigeren Randbedingungen entwickelt. Während auf nationaler Ebene entsprechende Forschungseinrichtungen im Bereich der Solarenergie (u.a. DLR, Fraunhofer ISE), Geothermie (u.a. Geoforschungszentrum Potsdam) oder Biomasse (Biomasseforschungszentrum i.G.) etabliert wurden, gibt es eine vergleichbare Einrichtung auf dem Windenergiesektor bisher nicht.

Auf internationaler Ebene wurde die Windenergieforschung bereits früh an großen zentralen Forschungseinrichtungen installiert (z.B. Risø etc.), allerdings hat sich in Deutschland keine dieser vergleichbaren zentralen Großeinrichtungen (Forschungszentrum Jülich, Forschungszentrum Karlsruhe) der Windenergie als Kernthema angenommen. In der Folge ist zwischen 1990 und 2007 auch wegen des interdisziplinären Produkts „Windkraftanlage“ eine heterogene und „kleinteilige“ Forschungslandschaft an unterschiedlichen Kompetenzstandorten entstanden.

Ein Ergebnis und Grundlage für diese nationale Strukturanalyse ist das im Rahmen dieser Studie erstmals erstellte Forschungskataster Windenergie (vgl. Kap. 3.1). Insgesamt verfügt Deutschland mit rd. 320 Einrichtungen an etwa 200 Standorten über ein breites Spektrum an Hochschul-, Industrie- bzw. außeruniversitärer Forschung. Darunter befinden sich über 60 Hochschulstandorte mit rd. 170 Instituten, die in die Windforschung involviert sind. Anhand der Forschungskarte Windenergie für Deutschland (Abbildung 3.7, S. 40) wird die räumliche Verteilung der Standorte sichtbar.

Zwar sind die Kompetenzen über das gesamte Bundesgebiet verteilt, dennoch ragen zwei regionale Kerncluster mit hoher Standortdichte heraus (vgl. Kap. 3.5). Während im Nordwesten vor allem die dort in den letzten Jahren entstandenen Aktivitäten rund um die Windphysik, Aerodynamik und Offshore-Windenergie dominieren, sind im Westen wichtige Standorte der „Wind-Schwerindustrie“ zusammen mit Hochschulen für Maschinenbau, Elektrotechnik und Energiewirtschaft anzutreffen.

Ein zentraler Standort bzw. ein Institut mit hoher nationaler Bündelungs- und Ausstrahlungskraft konnte sich in einem Umfeld heterogener Fachdisziplinen in der Forschung und der Lehre nicht herausbilden. Stattdessen haben sich in Deutschland teilweise von einander unabhängige Netzwerke gebildet. So sind beispielsweise einerseits Akteure aus der Luft- und Raumfahrttechnik, der Windphysik oder der Gründungstechnik vernetzt. Parallel dazu sind die Player aus wichtigen Kernbereichen des Maschinenbaus, der Elektrotechnik oder der Energiewirtschaft in eigenen Netzwerkkreisen organisiert, die in der Außenwirkung nicht direkt mit der Windenergie in Verbindung gebracht werden. Notwendig ist die Überwindung der historisch bedingten mehrgleisigen Entwicklung in den Fachdisziplinen Luft- und Raumfahrttechnik einerseits sowie im Maschinenbau und der Elektrotechnik andererseits. Dies wird als ein entscheidender Grund dafür angesehen, dass es bisher zu keiner nennenswerten inhaltlichen Überschneidung bzw. Koordinierung der Disziplinen und damit zur Betrachtung des Gesamtsystems „Windkraftanlage“ gekommen ist.

Die internationale Forschungsanalyse zeigt, dass im Ausland häufig „zentralere“ Forschungs- und Ausbildungsstrukturen vorgefunden werden (vgl. Kap. 4). In Dänemark und den Niederlanden dominieren staatlich unterstützte Zentraleinrichtungen, die die Windforschung bündeln und auf internationaler Ebene die Interessen koordiniert vertreten. In den Niederlanden arbeitet das ECN mit der Technischen Universität Delft zusammen, die wiederum über Duwind mit fünf Fakultäten (Luft- und Raumfahrttechnik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Bauingenieurwesen, Technologie) zusammenarbeitet. ECN und die TU Delft nutzen mit WMC gemeinsam eine Testeinrichtung. Mit dieser Struktur, d.h. der Nähe und Anbindung des Windinstituts an eine Technische Hochschule sowie der Beteiligung am Testzentrum, werden die industrienahe, angewandte Forschung, der Wissenstransfer und das Problem der praxisnahen Ausbildung an der Hochschule gelöst. Auch in Dänemark ist das Windinstitut Risø seit 2007 an eine TU angeschlossen. Die höchste Wachstumsdynamik beim Ausbau windspezifischer Forschungseinrichtungen ist gegenwärtig in Spanien (CENER) zu erkennen (vgl. Kap. 4.1).

Trotz der bisherigen strukturellen Benachteiligung kann die deutsche Windforschung große Erfolge verbuchen. In Deutschland wurden die bisher leistungsstärksten Windkraftanlagen mit Leistungen von 5 MW und darüber entwickelt und gebaut. Allerdings zeichnet sich auf Grund der sich zunehmend ändernden Rahmenbedingungen die Notwendigkeit struktureller Anpassungen immer deutlicher ab. So werden die Leitmärkte für Windkraftanlagen zukünftig immer häufiger außerhalb von Deutschland oder auch der EU zu finden sein, d.h. Forschungsstandort und Absatzmarkt driften immer weiter auseinander (vgl. Kap. 6.1).

Die globale Aufstellung der Unternehmen zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und die Bedeutung der räumlichen Nähe zu Leitmärkten haben entscheidende Auswirkungen auf die Wahl der Produktionsstandorte. Die Unternehmen passen ihre Prozesse an, produzieren und forschen dort, wo es am effizientesten ist. Neue Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen dürften daher weltweit auch in der Nähe der neuen Absatzmärkte entstehen. In Dänemark hat diese Entwicklung schon früher eingesetzt und zu einer Anpassung der nationalen Forschungsstruktur bzw. der Industrie geführt. Der dänische Hersteller Vestas hat im Jahr 2005 eine eigenständige Entwicklungsgesellschaft gegründet und betreibt

Forschungs-/Entwicklungseinrichtungen in Dänemark, Singapur, Indien, Großbritannien, Deutschland und den USA (vgl. Kap. 6.1.4).

Um zukünftig als Windenergie-Forschungsstandort erfolgreich bestehen zu können, wird empfohlen, die Forschungsaktivitäten in Deutschland auf der Grundlage von mehreren „kleineren“ Basisinstituten stärker zu bündeln, die Palette der technischen Forschungskompetenzen ganzheitlich und systematisch entlang der Forschungs-Wertschöpfungskette zu komplettieren und eine Schärfung des nationalen Forschungs-Standortprofils in Bezug auf die Außendarstellung vorzunehmen (vgl. Kap. 7 und 8).

Bei den Basisinstituten kann es sich grundsätzlich sowohl um Neugründungen als auch um den gezielten Ausbau bestehender Institute handeln. Aufgrund der gewachsenen Forschungsstrukturen in Deutschland wird empfohlen, die in der Forschungskarte erkennbaren Kerncluster im Norden und Westen weiter zu entwickeln und – je nach konkretem Zuschnitt und Kompetenzspektrum der einzelnen Institute - drei solcher Basisinstitute zu unterstützen, beispielsweise über eine infrastrukturelle Förderung. Bei den Instituten handelt es sich um:

- ein Hochschulinstitut (Ausbildung in den Kernbereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Bauingenieurswesen),
- ein Forschungs-Basisinstitut mit Schwerpunkt Maschinenbau, Elektrotechnik und Energiewirtschaft sowie
- ein Forschungs-Basisinstitut mit Schwerpunkt Windphysik, Aerodynamik und Offshore-Windenergie.

Die Basisinstitute könnten u.a. auch den Betrieb der FINO-Plattformen sowie mögliche neue und sehr große Test- und Prüfeinrichtungen übernehmen oder über die Vernetzung mit bereits vorhandenen Einrichtungen das technische Forschungsportfolio in Deutschland auch international präsentieren und ggf. mit vermarkten.

Eine wichtige Rolle kommt dem Hochschulinstitut mit einer technischen Basisausrichtung in den Studiengängen Maschinenbau, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen zu. Dieses Institut sollte auch eine „Leuchtturmfunktion“ in Bezug auf eine Intensivierung des Wissenstransfers und der Hochschulausbildung übernehmen und den inhaltlichen Dialog zwischen Hochschulen und Industrie ausbauen und moderieren. Letztlich könnte ein Wettbewerbsverfahren mit einer international besetzten Jury dazu führen, dass eine für die deutsche Windforschung optimale und effiziente Lösung erreicht wird.

Ausgehend von dem Vorschlag mit der Bündelung der Aktivitäten in drei „kleineren“ Basisinstituten sollte die Weiterentwicklung der Windforschung in Deutschland nach Möglichkeit durch eine Stärkung bestehender Forschungseinrichtungen vor allem innerhalb der bestehenden Schwerpunktregionen erfolgen. Die Konzentration auf diese Wirtschaftsräume empfiehlt sich vor dem Hintergrund der schnellen Erreichbarkeit der verschiedenen Prüf- und Testeinrichtungen an den jeweiligen Standorten auch für Interessenten aus dem Ausland.

Neben den strukturellen Handlungsoptionen wird zur Stärkung der Windforschung empfohlen, den Forschungsdialog zwischen Industrie und Hochschu-

len/Wissenschaft zu intensivieren und den Stellenwert der Windforschung durch die Vergabe des „Albert-Betz-Forschungspreises“ zu erhöhen.

Die zunehmende Globalisierung des Windmarktes lässt weltweit nicht nur neue Märkte, sondern in dem jeweiligen Produktionsumfeld lokale Wissenschaftseinrichtungen neu entstehen, die mittel- und längerfristig zu einem schärferen Wettbewerb zwischen den internationalen (Forschungs)-Standorten führen dürften. Es sprechen einige Anzeichen und die Maßnahmen in Nachbarländern dafür, dass mit der jetzigen Struktur die Zukunftsfähigkeit unter den sich ändernden Rahmenbedingungen nicht mehr in demselben Umfang wie bisher gewährleistet ist. Insbesondere eine koordinierte Profilbildung, eine stärkere Bündelung der Forschungsaktivitäten und die gezielte Besetzung der gesamten Forschungs-Wertschöpfungskette dürften die besten Voraussetzungen für eine Sicherung des Standortes Deutschland hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie, der Ausbildung hochqualifizierter Mitarbeiter und der damit verbundenen Sicherung von Arbeitsplätzen sein.

10 Literaturverzeichnis

[1] prognos AG, Fraunhofer ISE, IE, IWR, WindGuard (2007): Endbericht – Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms Erneuerbare Energien, Teilbericht F – Windenergie. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

[2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.) (2008): Innovation durch Forschung. Jahresbericht 2007 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien

[3] Allnoch, N.; Mohr, S.; Pochert, O.; Schluseman, R. (2006): Zur Lage der Regenerativen Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen 2005. Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWME)

[4] Allnoch, N.; Kleinmanns, B.; Pochert, O.; Schluseman, R. (2007): Zur Lage der Regenerativen Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen 2006. Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWME)

[5] Wissenschaftsladen Bonn (2007): Studienangebote für Erneuerbare Energien (Stand: September 2007) (Online verfügbar unter: http://www.jobmotor-erneuerbare.de, abgerufen am 08. Februar 2008)

[6] Handelsblatt-Artikel vom 02.03.2008: Forschung außerhalb der Uni blüht auf. In: Handelsblatt Nr. 43, 2008, S. 5

[7] Deutscher Akademischer Austausch Dienst e.V. (DAAD): Deutsche Forschungsinstitutionen auf einen Blick (Online verfügbar unter: http://www.daad.de, abgerufen 25. März 2008)

[8] Midwest Research Institute and Battelle to Jointly Pursue NREL M&O Contract, Pressemitteilung vom 27. Juni 2007

[9] Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2004): Kommissionsmitteilung COM(2004)353 „Science and technology, the key to Europe´s future – Guidelines for future European Union policy to support research“ vom 16. Juni 2004

[10] World Wind Energy Insitute (2007): News from World Wind Energy Institute, Issue 1, Volume 1, June 2007 (WWEI-Newsletter)

[11] UpWind-Projektinformationen (Online verfügbar unter: http://www.upwind.eu)

[12] Leif Sonderberg, Risø/DTU-Institut, mdl. Mitteilung vom 05. März 2008

[13] Universität Stuttgart (2006): Windkraft soll konkurrenzfähiger werden - Uni Stuttgart an größtem EU-finanzierten Forschungsprojekt für Windenergie beteiligt. Pressemitteilung Nr. 45/2006 der Universität Stuttgart vom 09. Mai 2006

[14] Bundesverband Windenergie (2007): Materialien zur Technik. (Online verfügbar unter: http://www.wind-energie.de/de/materialien/folien-sammlung)

[15] Allnoch, N. (2000): Zur weltweiten Entwicklung der regenerativen Energien. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 50. Jg., Heft 5, S. 344 – 348

[16] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI) (2006): WindEnergy-Studie 2006 – Entwicklung der Windenergie in Deutschland und der Welt bis zum Jahr 2010, 2014 und 2030

[17] Global Wind Energy Council (GWEC)/Greenpeace International (2006): Global Wind Energy Outlook 2006

[18] European Wind Energy Association (EWEA)/Forum for Energy and Development/Greenpeace International (1999): Wind Force 10

[19] Greenpeace International/European Wind Energy Association/ Global Wind Energy Council (GWEC) (2005): Wind Force 12

[20] BTM Consult ApS (2007): New medium term Scenario 2020 for Wind Power Development – Pressemitteilung Dezember 2007, ergänzt um Daten aus PowerPoint-Präsentation (zugesendet am 13. März 2008)

[21] Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2006): Kommissionsmitteilung KOM(2006) 105 endgültig - GRÜNBUCH - Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie

[22] Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2007): Kommissionsmitteilung KOM(2007) 1 endgültig – Eine Energiepolitik für Europa

[23] Rat der Europäischen Union (2007): Schussfolgerungen des Vorsitzes des Europäischen Rates zum EU-Frühjahrsgipfel (Tagung vom 08./09. März 2007) vom 09. März 2007

11 Abkürzungsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	
AWI	Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BTU Cottbus	Brandenburgische Technische Universität Cottbus
BWE	Bundesverband Windenergie e.V.
BZEE	Bildungszentrum für Erneuerbare Energien e.V.
CBEE	Brazilian Wind Energy Center
CCLRC	Council for the Central Laboratory of the Research Councils
CENELEC	Europäischen Komitee für elektrische Normung
CENER	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnólogicas
CEwind	Center of Excellence for Windenergy Schleswig-Holstein
CFD	comuputational fluid dynamics
CRES	Centre for Renewable Energy Sources
DEWI	Deutsches Windenergie-Institut
DHI	danish hydraulic institute
DK	Dänemark
DKK	Dänische Kronen
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DOE	Department of Energy
Duwind	Delft University Wind Energy Research Institute
EAWE	European Academy of Wind Energy (EAWE)
ECN	Energy research Centre of the Netherlands
EE	Energieeffizienz
EFP	Energieforschungsprogramm Erneuerbare Energien
EFRE-Fonds	Europäischen Fonds für regionale Entwicklung
EN	Europäische Norm
ES	Spanien
ESF-Fonds	Europäischer Sozialfonds
EU	Europäische Union

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	
EWEA	Europäische Windenergie-Vereinigung
EWEC 2007	European Wind Energy Conference & Exhibition 2007
EWTW	ECN Wind Turbine test site Wieringermeer
ExCo	Executive Committee
FGW	Fördergesellschaft Windenergie e.V.
FH	Fachhochschule
FHTW	Fachhochschule für Technik und Wirtschaft
FINO	Offshore-Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee
fk-wind	Forschungs- und Koordinierungsstelle Windenergie
ForWind	Zentrum für Windenergieforschung
Fraunhofer CWMT	Fraunhofer Center für Windenergie und Meerestechnik
Fraunhofer IFAM	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung
Fraunhofer IFF	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung
Fraunhofer IIS/EAS	Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen/Institutsteil Entwurfsautomatisierung
Fraunhofer IITB/AST	Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB/Anwendungszentrum Systemtechnik Ilmenau
Fraunhofer ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Fraunhofer ITWM	Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik
Fraunhofer IZPF	Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren
Fraunhofer LBF	Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit
Fraunhofer WKI	Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut
FuE	Forschung und Entwicklung
FVA	Forschungsvereinigung Antriebstechnik
FZ Jülich	Forschungszentrum Jülich
GB	Großbritannien
GFZ	Geoforschungszentrum Potsdam
GGA-Institut	Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben
GL Wind	Germanischer Lloyd Wind
GR	Griechenland
GWEC	Global Wind Energy Council

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	
HAT	Horizontal axis turbine
HAWT	Horizontal axis wind turbine
HMI	Hahn-Meitner-Institut
HTWK Leipzig	Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
IEA	Internationale Energie-Agentur
IEA Wind	Implementing Agreement for Co-operation in the Research, Development and Deployment of Wind Energy
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission
IfE	Institute for Energy Technology
INEGI	Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
INESC Porto	Instituto de Engenharia des Sistemas e Computadores
INETI	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação I.P.
IPC	internationale Patentklassen
IPP	Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
ISET	Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V.
ISFH	Institut für Solarenergieforschung in Hameln/Emmerthal
ITW	Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik an der Universität Stuttgart
IWR	Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien
JEN	Junta de Energía Nuclear
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt
M.Sc.	Master of Science
MAR	Maritime Technologien
Masterstudiengang MKM	Masterstudiengang Maschinenbau, Konstruktionstechnik und Erneuerbare Energien
Masterstudiengang RESY	Masterstudiengang Regenerative Energiesysteme
MW	Megawatt
NaREC	New and Renewable Energy Centre
NL	Niederlande
NO	Norwegen
NOK	Norwegische Kronen
NREL	National Renewable Energy Laboratory

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	
NTH	Norwegian Institute of Technology
NTNU	Norwegian University of Science and Technology
PSA	Plataforma Solar de Almería
PT	Portugal
PTC	Production Tax Credit
PV	Photovoltaik
RCN	Reactor Centrum Nederland
RE	regenerative Energien
Risø/DTU	Risø National Laboratory /Technical University of Denmark
SE	Schweden
SET-Plan	Europäischer Strategieplan für Energietechnologien
SFFE	Centre for Renewable Energy Research
TFH	Technische Fachhochschule
TP Wind	European Wind Energy Technology Platform
TU	Technische Universität
TU Delft	Technische Universität Delft
TÜV	Technischer Überwachungsverein
Uni	Universität
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
WEA	Windenergieanlage
WEIEN	Wind Energy Information and Education Networks
WMC	Wind turbine Materials and Constructions
WPM	Windpower Monthly – Englischsprachiges Magazin für die Windenergie-Branche
WVW	Wirtschaftsverband Windkraftwerke e.V.
WWEI	World Wind Energy Institute
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

12 IWR-Zerlegungskataster Regenerative Anlagentechniken und Dienstleistungen – Teilbereich Windenergie

Windenergie – Kategorie I: Komplettanlagen, Komponenten und Produktion	
Kategorie I *Komplettanlagen (I-1)*	⇨ Pilot- und Testanlagen (I-1.1) ⇨ Komplettanlagen (I-1.2)
Kategorie I *Komponenten (I-2)*	⇨ Fundamente und Gründungen (I-2.1) ⇨ Turmbau (I-2.2) ⇨ Gießereiprodukte (Gondel, Rotornabe etc.) (I-2.3) ⇨ Rotorblätter (I-2.4) ⇨ Rotorblattkomponenten (Pitchgetriebe, Sonstige) (I-2.4a) ⇨ Bremsen (I-2.5) ⇨ Lager (I-2.6) ⇨ Getriebe (I-2.7) ⇨ Generatoren (I-2.8) ⇨ Mess- und Kontrolltechniken (I-2.9) ⇨ Elektrische Regelungen (I-2.10)
Kategorie I *Produktion (I-3)*	⇨ Herstellungsprozess und -optimierung (I-3.1) ⇨ Grundstoff- und Materialforschung (I-3.2)

Tabelle 12.1: IWR-Analyseraster für regenerative Anlagentechniken und Dienstleistungen im Bereich Windenergie – Kategorie I: Komplettanlagen, Komponenten und Produktion (Quelle: IWR, 2008)

Windenergie – Kategorie II: Energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen und Hardware	
Kategorie II *Peripheriegeräte u. Hardware (II-1)*	⇨ Kräne, Schwimmkräne (II-1.1) ⇨ Schwertransporter und Transportschiffe (II-1.2) ⇨ Energiespeicher (II-1.3) ⇨ Messtechniken (II-1.4)
Kategorie II *Energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen (II-2)*	⇨ Planung (II-2.1) ⇨ Anlagenerrichtung/-bau (II-2.2) ⇨ Anlageneinbindung/Netzintegration (II-2.3) ⇨ Messungen und techn. Anlagenüberwachung (II-2.4) ⇨ Potenzialermittlung/Potenzialerschließung / Potenzialerschließungstechniken (II-2.5) ⇨ Meteorologische Dienstleistungen (II-2.6) ⇨ Betriebssicherheit (II-2.7) ⇨ Energiequalität (II-2.8) ⇨ Leistungs-Prognosemodelle (II-2.9)

Tabelle 12.2: IWR-Analyseraster für regenerative Anlagentechniken und Dienstleistungen im Bereich Windenergie – Kategorie II: Energiewirtschaftlich-technische Dienstleistungen und Hardware (Quelle: IWR, 2008)

Windenergie – Kategorie III: Begleitprojekte und Begleitstudien	
Kategorie III *Begleitprojekte, -studien (III-1)*	⇨ Monitoring (III-1.1) ⇨ Simulation (III-1.2) ⇨ Begleitstudien (III-1.3) ⇨ Wirtschaftlich-rechtliche Begleitstudien (III-1.4) ⇨ Öffentlichkeitsarbeit/Veranstaltungen/Kongresse (III-1.5) ⇨ Standortspezifische Untersuchungen und Studien (III-1.6) ⇨ Risikostudien und Umweltauswirkungen (III-1.7) ⇨ Prognose und Szenarien (III-1.8) ⇨ Qualifizierung und Fortbildung (III-1.9)

Tabelle 12.3: IWR-Analyseraster für regenerative Anlagentechniken und Dienstleistungen im Bereich Windenergie – Kategorie III: Begleitprojekte und Begleitstudien (Quelle: IWR, 2008)