



**JAHRESBERICHT  
2010 / 2011**



---

## **Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES**

---

### **Institutsleitung**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Reuter  
Institutsteil Bremerhaven  
Am Seedeich 45  
27572 Bremerhaven  
Tel: +49 471 14 290-210  
Fax: +49 471 14 290-111  
[andreas.reuter@iwes.fraunhofer.de](mailto:andreas.reuter@iwes.fraunhofer.de)

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmid  
Institutsteil Kassel  
Königstor 59  
34119 Kassel  
Tel: +49 561 7294-345  
Fax: +49 561 7294-300  
[juergen.schmid@iwes.fraunhofer.de](mailto:juergen.schmid@iwes.fraunhofer.de)

[info@iwes.fraunhofer.de](mailto:info@iwes.fraunhofer.de)  
[www.iwes.fraunhofer.de](http://www.iwes.fraunhofer.de)



**JAHRESBERICHT  
2010 / 2011**



## 6 Vorwort

---

### Das Institut im Überblick

---

- 8 Kurzportrait
- 10 Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick
- 12 Das Fraunhofer IWES in Zahlen
- 14 Zukunftsfeld Windenergie
- 16 Zukunftsfeld Energiesystemtechnik
- 18 Kompetenzen und Ansprechpartner
- 20 Testzentren und Labore
  
- 24 Forschungsabteilungen
- 24 Kompetenzzentrum Rotorblatt
- 26 Tragstrukturen
- 27 Technische Zuverlässigkeit
- 28 Anlagensimulation und -bewertung
- 29 Strömungs- und Systemdynamik
- 30 Anlagentechnik und Netzintegration
- 32 Energiewirtschaft und Netzbetrieb
- 34 Energiemeteorologie und Systemintegration
- 35 Bioenergie-Systemtechnik
- 36 Regelungstechnik und Energiespeicher



---

## Highlights aus der Forschung

---

- 38 Rotorblattprüfung in neuer Dimension
- 40 Prüfverfahren für Offshore-Materialien
- 42 Instandhaltungsstrategien für Offshore-Windenergieanlagen
- 44 Designoptimierung von Jacket-Strukturen durch Simulation
- 46 Optimierte Simulation von Eislasten
- 48 Standortbewertung auf Basis geophysikalischer Vermessungen
- 50 Seegangs- und Strömungsmessung
- 52 Charakterisierung von Standortbedingungen
- 54 Regelung von Windenergieanlagen und Windparks
- 56 Regelung von Meeresströmungsturbinen und Wellenenergiekonvertern
- 58 Integration von Bioenergie in Versorgungsstrukturen
- 60 Integration von Photovoltaiksystemen
- 62 Analysen und Werkzeuge zur Netzintegration
- 64 Bidirektionales Energiemanagement
- 66 E-Energy: Modellregionen für intelligente Netze
- 68 Elektromobilität und erneuerbare Energien
- 70 »Power-to-Gas« – Erneuerbares Gas verbindet Energienetze
- 72 Transformation der Energiesysteme

## Dokumentation

- 74 Ereignisse und Ehrungen
- 82 Forschungs- und Entwicklungsprojekte
- 87 Veröffentlichungen
- 101 Lehrveranstaltungen an Hochschulen
- 102 Dissertationen, Diplomarbeiten und Masterarbeiten
- 103 Patente und weitere Schutzrechte
- 106 Mitgliedschaften
- 107 Normungsgremien und Richtlinienausschüsse
- 109 Publikationen
- 111 Förderer
- 112 Impressum

# VORWORT

---

## Gut aufgestellt

---

Der Stellenwert der erneuerbaren Energien für nachhaltige Versorgungssysteme spiegelt sich im Energiekonzept der Bundesregierung wider: 80 Prozent der elektrischen Energie sollen bis Mitte des Jahrhunderts aus erneuerbaren Quellen kommen, wobei der Windenergie eine dominierende Rolle zugewiesen wird. Neben der Weiterentwicklung einzelner Quellen mit dem Ziel der Kostenreduktion und Effizienzerhöhung hat das Energiekonzept die Integration erneuerbarer Energien in Versorgungsstrukturen als einen wichtigen Forschungsschwerpunkt bezeichnet.

Beide Schwerpunktthemen, die Windenergienutzung und die Systemintegration, stehen im Fokus unserer Institutsarbeit. Deshalb kann erwartet werden, dass sich das Wachstum der letzten beiden Jahre auch in Zukunft mit großer Dynamik fortsetzen wird.

Viele der dafür erforderlichen Infrastrukturmaßnahmen wurden im vergangenen Jahr eingeleitet: So entsteht am Standort Bremerhaven eine weitere Einrichtung zum Test von Rotorblättern bis zu 90 Metern Länge, wie sie für zukünftige Offshore-Anwendungen im Leistungsbereich über 10 MW zum Einsatz kommen werden. Zur Untersuchung von Onshore-Windströmungsverhältnissen in großen Höhen wird in Wolfhagen bei Kassel ein Messzentrum einschließlich eines 200 Meter hohen Messmasts aufgebaut. Für die Netzintegration entsteht das »Testzentrum Intelligente Netze und Elektromobilität« (SysTec) in Fulda-Rothwesten bei Kassel und in Bad Hersfeld am landeseigenen »Eichhof« das Bioenergie-Forschungszentrum zur optimalen Nutzung der Bioenergie für den Ausgleich von Fluktuationen bei der Wind- und Solarenergienutzung. Mit diesen Maßnahmen wird die Stellung des IWES als europäisches Spitzeninstitut auch für Fragen der Netzintegration erneuerbarer Energien weiter ausgebaut.

Ebenso macht die Kooperation mit den Universitäten große Fortschritte: So wurden die Arbeitsgruppe »Strömungs- und Systemdynamik« unter Leitung von Prof. Joachim Peinke in Oldenburg und die Gruppe »Tragstrukturen« unter Leitung der Professoren Raimund Rolfes und Peter Schaumann in Hannover etabliert. An der Universität Bremen arbeiten Mitarbeiter des IWES an der Offshore-Standortbewertung. Mit der Universität Stuttgart wurde auf dem Gebiet der intelligenten Netze eine Kooperation vereinbart. Die historisch gewachsene Partnerschaft mit der Universität Kassel wurde um den »Forschungsverbund Fahrzeugsysteme« (FAST) erweitert.



Das IWES sieht sich mit diesen Maßnahmen gut aufgestellt, die für eine Transformation der globalen Energiesysteme erforderlichen Forschungs- und Entwicklungsleistungen erfolgreich im Verbund mit der Industrie zu meistern.

Wir danken den Vertretern des Bundes und der Länder Bremen, Hessen und Niedersachsen für die Unterstützung beim Aufbau und der Weiterentwicklung unseres Instituts. Unseren Kooperationspartnern und Auftraggebern danken wir für die vertrauensvolle Zusammenarbeit und last but not least bedanken wir uns bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die sich mit großem Enthusiasmus der Weiterentwicklung nachhaltiger Energiesysteme widmen.

Prof. Dr. Andreas Reuter  
Institutsleiter Bremerhaven

Prof. Dr. Jürgen Schmid  
Institutsleiter Kassel

# KURZPORTRAIT

---

## Ziele und Schwerpunkte

---

Die Forschungsgebiete des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES umfassen das gesamte Spektrum der Windenergie sowie die Integration der erneuerbaren Energien in Versorgungsstrukturen. Forschungsschwerpunkte sind:

- Technik und Betriebsführung von Windenergieanlagen und -parks
- Dynamik von Windenergieanlagen und Komponenten
- Komponentenentwicklung Rotor, Antriebsstrang und Gründung
- Test- und Bewertungsverfahren für Anlagen und Komponenten
- Umweltanalytik Wind, See und Boden für die Wind- und Meeresenergienutzung
- Regelung und Systemintegration dezentraler Energiewandler und Speicher
- Energiemanagement und Netzbetrieb
- Energieversorgungsstrukturen und Systemanalyse

---

## Entwicklung

---

Das Fraunhofer IWES wurde zum Jahresbeginn 2009 gegründet und ist aus dem ehemaligen Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik CWMT in Bremerhaven sowie dem Institut für Solare Energieversorgungstechnik ISET e.V. in Kassel hervorgegangen.

Die Institutsleitung ist in Kooperation mit der Fraunhofer-Gesellschaft an Professuren der Universitäten in Hannover und Kassel gekoppelt. Der Institutsteil Bremerhaven wird seit dem 1. Oktober 2010 von Prof. Dr. Andreas Reuter geleitet, der gleichzeitig auf die Professur für Windenergietechnik an der Universität Hannover berufen wurde. Er trat die Nachfolge des kommissarischen Leiters Dr. habil. Hans-Gerd Busmann an, der zuvor seit 2006 das CWMT aufgebaut und geleitet hatte. Den Kasseler Institutsteil leitet Prof. Dr. Jürgen Schmid, der seit 1998 Vorstandsvorsitzender des ISET war. Die altersbedingte Neubesetzung in Kassel wird voraussichtlich im Herbst 2011 erfolgen.

Das Institut konnte seinen Wachstumskurs auch im Jahr 2010 kontinuierlich fortsetzen und die Erträge auf rund 22 Mio. Euro steigern. Besonders erfreulich ist der überproportionale Anstieg der Wirtschaftserträge um gut ein Drittel auf 3,7 Mio. Euro. Für die neuen Herausforderungen konnte das IWES mit über 230 Personen in das Jahr 2011 starten. Ein Jahr zuvor waren es rund 200.

Neben dem Wachstum in Bremerhaven und Kassel wurde der Institutsteil Bremerhaven 2010 zusätzlich um zwei Außenabteilungen erweitert. Die neue Projektgruppe an der Universität



Hannover widmet sich unter der Leitung von Prof. Dr. Raimund Rolfes und Prof. Dr. Peter Schaumann dem Thema Tragstrukturen. Die neue Projektgruppe an der Universität Oldenburg hat den Schwerpunkt Strömungs- und Systemdynamik und wird von Prof. Dr. Joachim Peinke geleitet. Das Fraunhofer IWES konnte dadurch seine hohe nationale und internationale Reputation weiter ausbauen.

---

## Kooperationen

---

Das Fraunhofer IWES arbeitet sehr intensiv mit den im ForWind-Verbund zusammengeschlossenen Universitäten in Hannover, Oldenburg und Bremen sowie mit der Universität Kassel zusammen. Darüber hinaus wurden die Kontakte zur Hochschule Bremerhaven sowie anderen Hochschulen weiter gefestigt. Eine neue Kooperation ist mit der Universität Stuttgart über die Berufung von Prof. Dr. Martin Braun auf die Juniorprofessur Smart Power Grids entstanden.

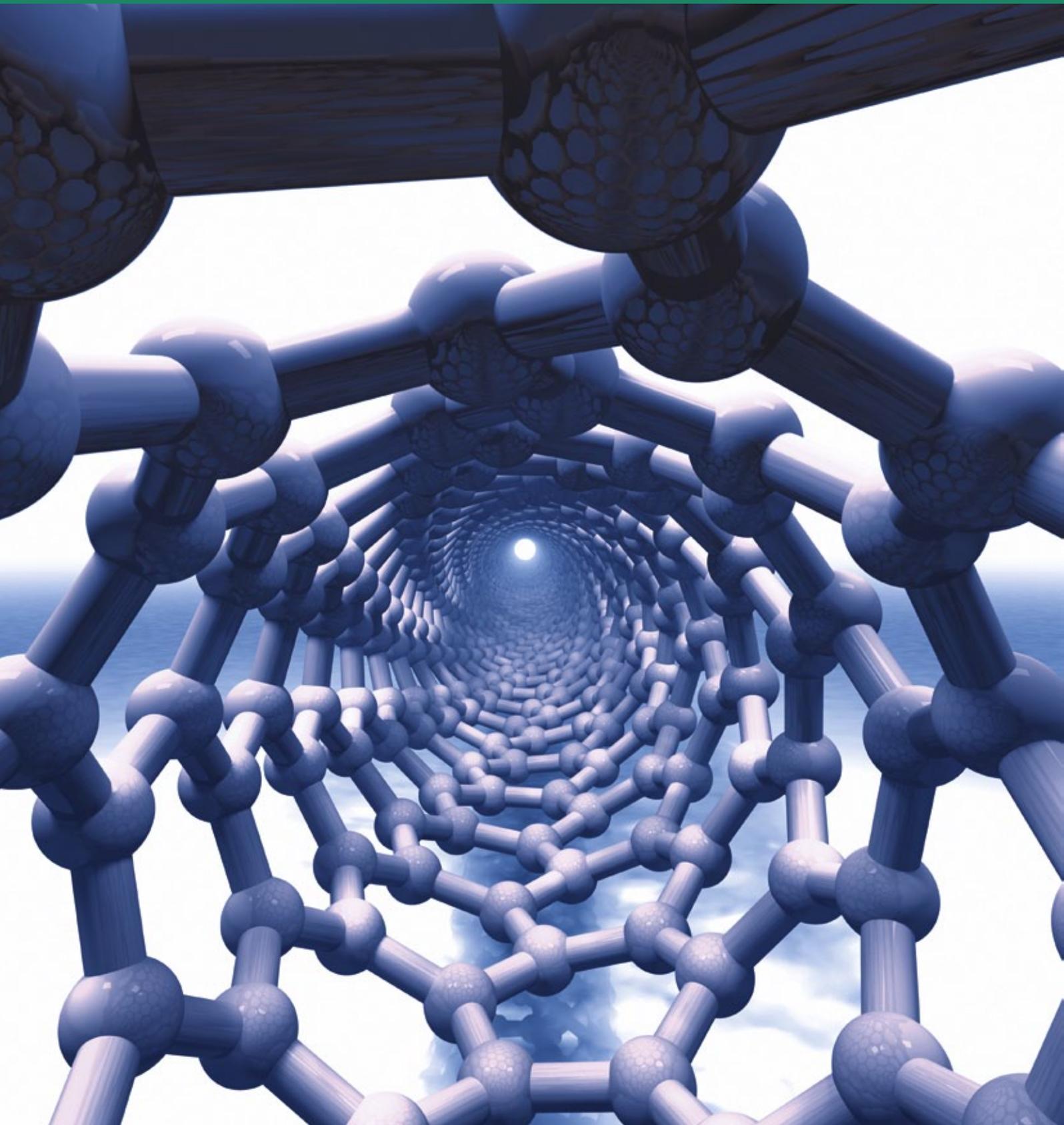
Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft werden ergänzende Kompetenzen und Erfahrungen der Partnerinstitute insbesondere über die Fraunhofer-Allianz Energie und die Fraunhofer-Netzwerke Windenergie sowie Intelligente Energienetze erschlossen.

Auf nationaler und internationaler Ebene arbeitet das Institut mit zahlreichen öffentlichen und industriellen Forschungseinrichtungen erfolgreich zusammen. Die Anwendungsnähe des Fraunhofer IWES dokumentiert sich u. a. in der großen Zahl von Projektkooperationen mit der Industrie und direkten Aufträgen von Unternehmen.

Die Forschungsergebnisse fließen über die Mitarbeit zahlreicher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts in nationalen und internationalen Gremien wie DKE, CENELEC und IEC in die Standardisierung und Normung ein. Als fachlicher Berater bringt das Fraunhofer IWES sein Know-how auch in politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen ein. Beispielsweise in die Gestaltung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, die Erschließung der Offshore-Windenergienutzung, die Entwicklung zukünftiger Energieversorgungsstrukturen sowie in die Arbeit des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU).

- 1 *Neubau eines Insitutsgebäudes und Erweiterung des Rotorblattprüfzentrums am Standort Bremerhaven*
- 2 *Hauptgebäude am Standort Kassel*

# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK



Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,65 Milliarden Euro. Davon fallen 1,40 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

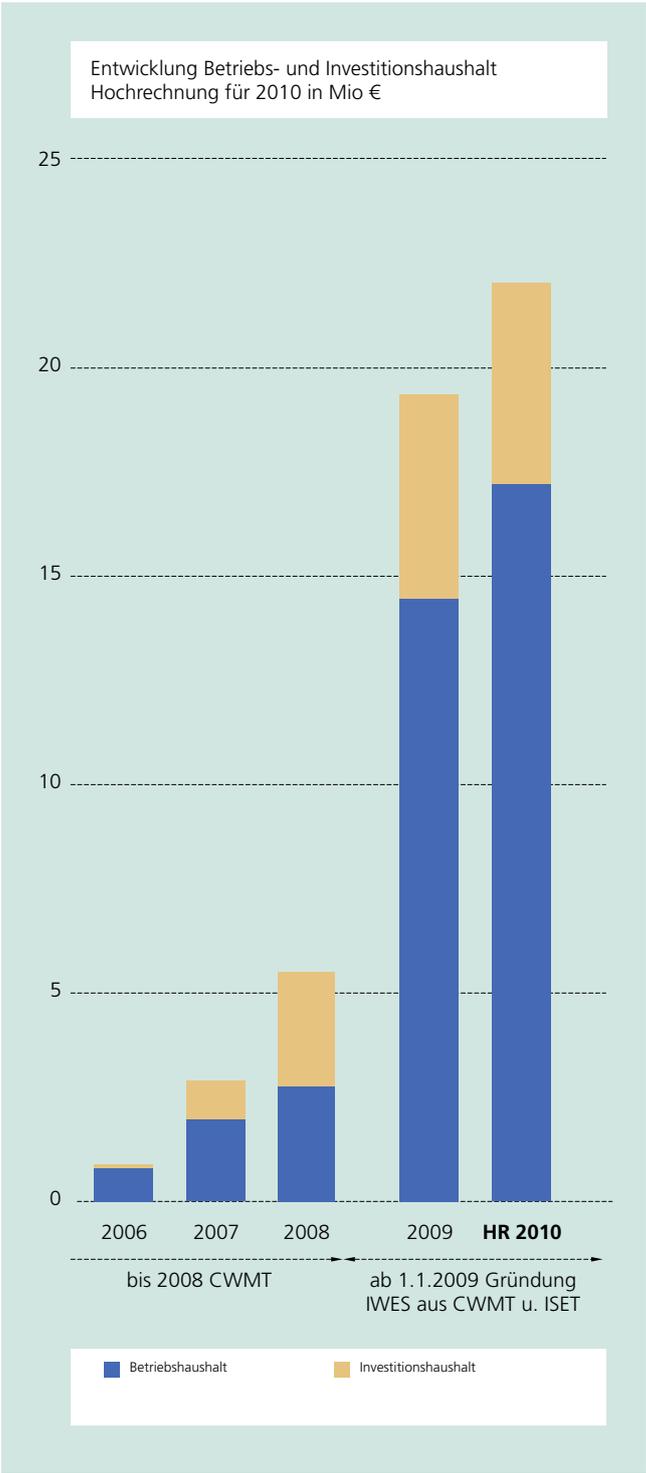
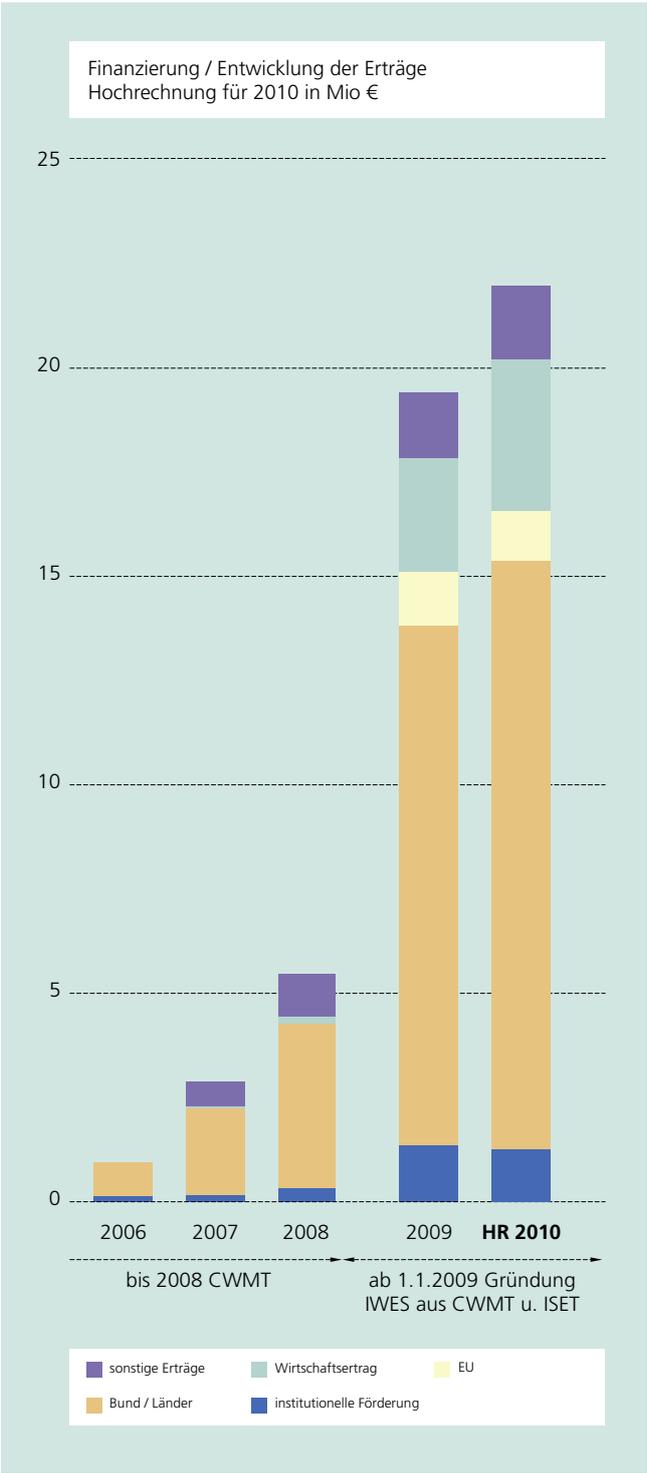
Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

*Kohlenstoff-Nanoröhren (Carbon-Canotubes) zählen zu den Materialien des 21. Jahrhunderts. Nanotubes sind auch Forschungsgegenstand am Fraunhofer IWES, um ihre Eignung für den Leichtbau in Rotorblättern zu prüfen.*  
[www.inno-cnt.de](http://www.inno-cnt.de)

# DAS FRAUNHOFER IWES IN ZAHLEN



---

## Finanzen

---

Das IWES konnte seinen Wachstumskurs auch im Jahr 2010 kontinuierlich fortsetzen. Das auf Basis einer Hochrechnung vorläufig ermittelte Volumen des Gesamthaushalts liegt bei rund 22 Mio. €, gegenüber 19,4 Mio. € in 2009.

Die Wirtschaftserträge konnten dabei im Vergleich zum Vorjahr von 2,7 Mio. € auf 3,7 Mio. € um gut ein Drittel, also überproportional gesteigert werden.

Das Wachstum im Bereich der öffentlichen Erträge betrug 13 % und erreichte einen Wert von 14,2 Mio. €.

Die EU-Erträge blieben mit einem Wert von 1,2 Mio. € in etwa auf Vorjahresniveau und tragen ca. 6 % zum Gesamtergebnis bei.

Die anhaltend erfolgreiche Entwicklung des Gesamtinstituts resultiert im Wesentlichen aus der Erhöhung des Betriebshaushalts um knapp 19 %. Der Anteil des Investitionshaushalts am Gesamthaushalt entspricht mit einem Wert von 4,8 Mio. € dem Vorjahreswert und hat einen Anteil von knapp 22 % am Gesamthaushalt.

Schwerpunkte der Investitionen sind am Standort Bremerhaven der weitere Ausbau der Rotorblattprüfhallen sowie am Standort Kassel der Aufbau von Testzentren für intelligente Netze und Elektromobilität sowie Bioenergiesystemtechnik in Bad Hersfeld.

---

## Personal

---

per 31.12.	2009	2010
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler	110	138
Technische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	30	29
Verwaltung / Interne Dienste	25	31
Hilfskräfte, Praktikantinnen und Praktikanten	29	27
<b>Gesamt</b>	<b>194</b>	<b>225</b>

# ZUKUNTSFELD WINDENERGIE



ZIELGERICHTETE ZUSAMMENARBEIT STATT EINZELAKTIONISMUS. DER STÄRKER VERNETZTE FORSCHUNGSVERBUND VON FRAUNHOFER IWES UND FORWIND IST IN DER LAGE, LANGFRISTIGE, STRATEGISCH WICHTIGE GROSSPROJEKTE DER WIND-ENERGIEFORSCHUNG KOMPETENT ZU BEARBEITEN. IM APRIL KANN DER OFFSHORE-TESTWINDPARK »ALPHA VENTUS« AUF EINE EINJÄHRIGE BETRIEBSLAUFZEIT ZURÜCKBLICKEN. DAS FRAUNHOFER IWES KOORDINIERT IN DER INITIATIVE RAVE DIE FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN AUF DEM TESTFELD. DIE »LESSONS LEARNT« KOMMEN DER GESAMTEN BRANCHE ZUGUTE. DIESE WEITERENTWICKLUNGEN WERDEN DURCH SYSTEMÜBERGREIFENDE FORSCHUNG AM FRAUNHOFER IWES UNTERSTÜTZT.

Windenergie ist zu einem bedeutenden Wirtschaftsfaktor geworden. Im ersten Halbjahr 2010 erreichte der Umsatz der Windenergieanlagenhersteller in Deutschland 6,4 Milliarden Euro, die Exportquote beträgt 75 Prozent\*. Die Wettbewerbsposition deutscher Windturbinenhersteller und Zulieferer wird stark von ihrer Fähigkeit zur zeitnahen technologischen Weiterentwicklung bestimmt. Das Fraunhofer IWES erzielt in Forschungsprojekten mit der Industrie Optimierungen, die den Grundstein für die Erschließung neuer Markt- und Kundensegmente legen. (\* Bundesverband Windenergie & Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau).

---

### **Bessere Wirtschaftlichkeit und Berechenbarkeit**

---

Die Herausforderungen der Offshore-Windenergienutzung fördern die intensive Vernetzung der Windenergiebranche mit maritimen Technologien. Die Steigerung der technischen Zuverlässigkeit und verbesserte Logistik- und Betriebskonzepte für die Nutzung der Windenergie an anspruchsvollen Hochseesandorten können dazu beitragen, die Stromgestehungskosten zu senken und somit auch die Wirtschaftlichkeit von Offshore-Windenergie zu erhöhen. Die Anpassung von Prognosemodellen für den Einsatz auf See optimiert die Netzeinspeisung. Zunehmende praktische Erfahrungen verbessern die Modelle der Risikobewertung, die Unsicherheiten auf Investorensseite entgegenwirken. Pionierprojekte an Tiefwasserstandorten, wie das Verbundprojekt HiPRWind, verbreitern die Wissensbasis.

---

### **Den Ernstfall »Offshore« proben**

---

Das Fraunhofer IWES stellt sich mit seiner aktuellen Entwicklung auf diese Zukunftsfelder ein. Eine Klimakammer für parallele mechanische und klimatische Belastung fördert die

*Morgendämmerung für Offshore-Windenergie? Anspruchsvolle Projekte erfordern neue technische Lösungen.*

Entwicklung von Schutzstrategien für Offshore-Materialien. Am IWES-Standort Hannover entsteht eine Versuchseinrichtung für Tragstrukturen. Das dynamische Verhalten der Gesamtstruktur soll dort unter anderem durch eine realitätsnahe Abbildung der Boden-Bauwerks-Interaktion ermittelt werden. Die experimentellen Untersuchungen werden durch neuartige Simulationsmodelle ergänzt, die zur Entwicklung innovativer Tragstrukturkonzepte beitragen. Mit der Eröffnung des 90-Meter-Prüfstands für Rotorblätter in Bremerhaven steht auch für weiter steigende Blattlängen eine Prüfinfrastruktur bereit.

Mehr Sicherheit für Betreiber und Investoren schaffen Methoden zur Systemvalidierung, die bereits vor der Prototypenphase greifen. Dazu zählen auch Windpotenzialberechnungen, Windleistungsprognosen, die Vorhersage der Wind-Rotor-Wechselwirkungen, Lastbestimmungen sowie die Berechnung von Nachlaufströmungen, aerodynamische Systemmodellierung mit detaillierten numerischen Verfahren und neue Regelungssysteme zur Lastreduktion.

---

### **Großräumige Nutzungskonzepte**

---

Trotz anspruchsvoller Planungen im Bereich Offshore – bis 2020 sollen 10 GW installiert werden – ist der Onshore-Sektor immer noch das »Brot-und-Butter-Geschäft« der Windenergiebranche. Ein Hemmnis für den Ausbau der Windenergie auf dem Festland ist die Beschneidung der Räume für Neuanlagen im Zuge der Flächenausweisungen in einigen Bundesländern. Abstandsregelungen und Höhenbegrenzungen erschweren die Entwicklung. Das Thema Akzeptanz ist hier der zentrale Punkt. Der Ausbau der Windenergie gemäß der verbindlichen EU-Klimaziele ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Angewandte Forschung leistet dazu durch die Bereitstellung technischer Lösungen – zum Beispiel von Anlagen mit großer Nabenhöhe für Waldgebiete und schalloptimierte Rotorblätter für geringere Geräuschemissionen – einen wichtigen Beitrag.

# ZUKUNTSFELD ENERGIESYSTEMTECHNIK

DER WEITERE AUSBAU DER REGENERATIVEN ENERGIEN UND DIE DAMIT VERBUNDENE VERDRÄNGUNG KONVENTIONELLER LEISTUNG ERFORDERT VOR ALLEM DIE NACHHALTIGE UMGESTALTUNG DER VERSORGUNGSSTRUKTUREN DURCH DEN EINSATZ MODERNER LEISTUNGSELEKTRONIK UND DIE INFORMATIONSTECHNISCHE VERNETZUNG UND KOORDINATION VON ERZEUGERN, NETZEN, SPEICHERN UND VERBRAUCHERN. ZIEL ZUKÜNFTIGER F&E-ANSTRENGUNGEN MUSS ES SEIN, DIE VERSORGUNGSSTRUKTUREN SO ZU GESTALTEN, DASS DIE NETZSTABILITÄT UND DIE VERSORGUNGSSICHERHEIT BEI WACHSENDE ANZAHL FLUKTUIERENDER ERZEUGER AUCH OHNE GROSSE LEISTUNGSRESERVEN GEWÄHRLEISTET BLEIBEN.

Neben dem richtigen Energiemix werden leistungsfähige Kommunikationsstrukturen, Online- und Prognoseverfahren für die Netzeinsatzplanung sowie bidirektionales Energiemanagement und Energiehandelssysteme für den Dialog zwischen Energieerzeuger, Verteiler und Verbraucher von besonderer Bedeutung sein. Interaktive Netze für Strom und Gas (smart grids) und die Integration intelligenter Stromzähler (smart metering) ermöglichen in Zukunft über zeitvariable Tarife eine flexible Anpassung zwischen Erzeugung und Verbrauch.

### **Enge europäische Zusammenarbeit**

Um für die nationale Versorgung mit erneuerbaren Energien zu Zeiten mit Erzeugungsüberschüssen oder Erzeugungsdefiziten einen Ausgleich zu schaffen, wird ein europäisches Hochleistungs-Gleichstromübertragungsnetz (HGÜ) gebraucht. Dieses dient zusätzlich der Ergänzung und Sicherung der Energieversorgung z.B. durch die Nutzung von Wind- und Solarenergie an anderen europäischen und außereuropäischen Standorten. Dazu zählen solarthermische Kraftwerke wie im Desertec-Projekt und Photovoltaik sowie Strom aus europäischen Onshore- und Offshore-Windparks im Verbund mit Pump- und Schwallwasserkraftwerken in Skandinavien. In dieser Hinsicht ist eine enge europäische Zusammenarbeit eine wichtige Voraussetzung für die schrittweise Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien im Stromnetz. In virtuellen Kraftwerken liefert die Einbeziehung von elektrisch-thermisch gekoppelten Erzeugungsanlagen sowie die Produktion von Wasserstoff oder Methan aus Erzeugungsüberschüssen weitere Freiheitsgrade für die Betriebsführung. In solchen Systemen mit Kraft-Wärme-Kopplung können die lokal im Gebäude vorhandenen Kapazitäten genutzt werden, um weitere Speicherkapazitäten für den Netzbetrieb und die Integration erneuerbarer Energien zu erschließen.

### **Informations- und Kommunikationstechnologien**

Eine dezentrale, auf regenerativen Erzeugern basierende Energieversorgung erfordert den massiven Einsatz moderner Techniken zur Regelung und Betriebsführung für Erzeuger, Netze, Speicher und Verbraucher sowie leistungsfähige Informations- und Kommunikationstechnologien in allen Bereichen. Heute existiert noch kein strukturiertes Kommunikationsnetz mit standardisierten Schnittstellen, um von einer übergeordneten Leittechnik dezentrale Energieerzeugungsanlagen mit Parametern zu versorgen oder sogar online zu regeln. Hier ist zukünftig eine sichere, leistungsfähige und kostengünstige Datenübertragung zu schaffen. Die dabei anfallenden Kosten werden sich mittelfristig durch die damit verbundenen Effizienzgewinne in allen Bereichen amortisieren.

### **Erste Erfolge**

Im Rahmen einzelner Pilotprojekte konnte das Fraunhofer IWES bereits zeigen, dass der Zusammenschluss verteilter regenerativer Erzeuger zu virtuellen Kraftwerken (VK) erweiterte Möglichkeiten der Betriebsführung erlaubt, die auch die Bereitstellung von Systemdienstleistungen wie die Frequenz- und Spannungshaltung im Stromnetz ermöglicht. Für die Einbindung der Wind- und Solarenergie in die elektrische Energieversorgung setzen die Übertragungsnetzbetreiber leistungsfähige Prognosemodelle des IWES ein, mit deren Hilfe u.a. die benötigte Ausgleichsenergie für den Bilanzkreis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes EEG minimiert wird. Für die Integration von Windparks in das Energiemanagement von virtuellen Kraftwerken sind sehr genaue Kurzfristprognosen des IWES für einen Prognosehorizont von einer Stunde bis zu vier Tagen eine wesentliche Voraussetzung.

# KOMPETENZEN UND ANSPRECHPARTNER

## Kompetenzzentrum Rotorblatt

- ▶ Rotorblattprüfung ▶ Komponentenprüfung
- ▶ Materialprüfung ▶ Klimakammertest ▶ neue Blattkonzepte

Dr.-Ing. Arno van Wingerde  
arno.van.wingerde@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 471 14 290-320

## Technische Zuverlässigkeit

- ▶ Offshore-Bewitterung ▶ Offshore-Umweltsimulation
- ▶ Structural Health Monitoring und Restlebensdaueranalyse

Dr.-Ing. Holger Huhn  
holger.huhn@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 471 14 290-310

## Antriebsstrang

- ▶ Dynamische Belastung von Antriebsstrang und Gondel

Dr.-Ing. Jan Wenske  
(Stellvertretender Institutsleiter Bremerhaven)  
jan.wenske@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 471 14 290-400

## Anlagensimulation und -bewertung

- ▶ Lastenrechnung mit ADCoS-Offshore ▶ Ganzheitliche Simulationsplattform ▶ Beratung in der Anlagenauslegung
- ▶ Softwareentwicklung für die Simulation

Dipl.-Ing. Michael Strobel  
michael.strobel@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 471 14 290-360

## Tragstrukturen

- ▶ Entwurf und Optimierung von Tragstrukturen
- ▶ Monitoring ▶ Risikoanalysen

Prof. Dr.-Ing. habil. Raimund Rolfes  
r.rolfes@isd.uni-hannover.de  
Telefon +49 511 762-3867  
Prof. Dr.-Ing. Peter Schaumann  
schaumann@stahl.uni-hannover.de  
Telefon +49 511 762-3781

## Strömungs- und Systemdynamik

- ▶ Windphysik ▶ Strömungsmodellierung (CFD)
- ▶ Systemdynamik ▶ Stochastik

Prof. Dr. rer. nat. Joachim Peinke  
joachim.peinke@uni-oldenburg.de  
Telefon +49 441 798-3536

---

### Anlagentechnik und Netzintegration

---

- ▶ Anlagen- und Messtechnik ▶ Elektrische Verteilnetze
- ▶ Hybridsysteme und Elektromobilität ▶ Dezentrales Energiemanagement ▶ Dezentrale Netzdienstleistungen
- ▶ Stromrichter und elektrische Antriebe

Dr.-Ing. Philipp Strauß  
philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 561 7294-144

---

### Bioenergie-Systemtechnik

---

- ▶ Nachhaltige Ver- und Entsorgung ▶ Biogasanlagentechnik
- ▶ Biogasaufbereitung

Dr.-Ing. Bernd Krautkremer  
bernd.krautkremer@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 561 7294-420

---

### Energiewirtschaft und Netzbetrieb

---

- ▶ Zuverlässigkeit und Instandhaltungsstrategien ▶ Windenergienutzung ▶ Energiemeteorologie und Windleistungsmanagement ▶ Energieinformatik ▶ Regenerativkraftwerke
- ▶ Energiewirtschaft und Systemanalyse

Dr.-Ing. Kurt Rohrig  
(Stellvertretender Institutsleiter Kassel)  
kurt.rohrig@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 561 7294-330

---

### Regelungstechnik und Energiespeicher

---

- ▶ Regelung von Windenergieanlagen
- ▶ Windparkregelungssysteme
- ▶ Regelung von Meeresenergieanlagen
- ▶ Fehlerfrüherkennung ▶ Energiespeicher-Systemtechnik

Dipl.-Ing. Peter Caselitz  
peter.caselitz@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 561 7294-332

---

### Energiemeteorologie und Systemintegration

---

- ▶ Wind, Wellen, Strömung und Baugrund
- ▶ Charakterisierung Umweltbedingungen
- ▶ Entwicklung innovativer Messmethoden
- ▶ Analyse von Mess- und Modelldaten

Dr. rer. nat. Bernhard Lange  
bernhard.lange@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 471 14 290-350

---

### Meeresenergienutzung

---

- ▶ Meeresströmungsturbinen ▶ Wellenenergiewandler
- ▶ Schwimmende Windenergieanlagen

Dipl.-Phys. Jochen Bard  
jochen.bard@iwes.fraunhofer.de  
Telefon +49 561 7294-346

# TESTZENTREN UND LABORE

Das Fraunhofer IWES verfügt über umfangreiche Test- und Experimentiereinrichtungen, Labore und Geräteausstattungen. Die Spezialisierung reicht in einigen Bereichen so weit, dass neue Prüfstände und -verfahren entwickelt und umgesetzt wurden. Zusammen mit dem Know-how der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler kann das Fraunhofer IWES seinen Kunden und Partnern so eine zukunftsorientierte Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur bieten, die weit über die Übliche hinausgeht. Die wichtigsten Einrichtungen werden im Folgenden kurz vorgestellt. Weitere Informationen sind unter [www.iwes.fraunhofer.de](http://www.iwes.fraunhofer.de) zu finden.

---

## Kompetenzzentrum Rotorblatt

---

Durch statische und zyklische Ganzblatttests wird die Degradation in Rotorblättern während der 20-jährigen Nutzungsphase in wenigen Monaten prognostizierbar. In einem einzigartigen 70-Meter langen Prüfstand werden Lasten bis zu 50 Meganeutronmeter über fünf Belastungspunkte auf Rotorblätter aufgetragen. Die Kraftaufbringung über Hydraulikzylinder erlaubt eine sehr kontrollierte Belastung. Bis zu 250 Dehnungsmessstreifen liefern parallel mit Kraftmessdosen, Seilzugaufnehmern, Winkelsensoren sowie Beschleunigungs-, Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren aussagekräftige Werte. Eine Frequenzanalyse ermöglicht die Eigenfrequenzbestimmung der Rotorblätter.

Neben der Ganzblattprüfung liefert die Materialprüfung wesentliche Kennwerte für die Entwicklung von Rotorblättern. Drei Aufspannfelder mit einer maximalen Abmessung von 12 x 3 Metern sowie entsprechende Aufspannwinkel für vielfältige Prüfaufgaben an Komponenten gehören zur Infrastruktur. Die Prüflinge können mit einer leistungsfähigen Hydraulik (maximal 100 kN) oder mit einem Exzenter (z.B. 20 kN bei 2 Hz) belastet werden.

Die Lebensdauer eines Rotorblatts wird derzeit auf Basis von Daten aus Coupon-Materialtests und Ganzblattprüfungen kalkuliert. Statische und dynamische 3-Punkt-Biegeversuche an Komponenten liefern ergänzende Ergebnisse zu den Eigenschaften der Klebverbindung.

↳ Dr. Arno van Wingerde, [arno.van.wingerde@iwes.fraunhofer.de](mailto:arno.van.wingerde@iwes.fraunhofer.de)

---

## Offshore-Auslagerungsstandorte

---

Das Lastkollektiv an einem Offshore-Standort unterscheidet sich erheblich von den Materialbelastungen in bestehenden Laborprüfverfahren. Offshore-Materialien sind extremen Bedingungen wie Temperaturschwankungen, erhöhter UV-Strahlung, Salzwasserbelastung, biologisch induzierter Korrosion und mechanischer Belastung ausgesetzt. An vier Auslagerungsstandorten – Wilhelmshaven, Sylt, Helgoland sowie im Weser-Mündungsbereich – werden Materialien und Komponenten unter Offshore-Bedingungen getestet, um neue Erkenntnisse zur Langzeitstabilität von Sensorsystemen zu gewinnen.

Da sich die Umweltbedingungen an den Standorten unterscheiden, zeigen sich unterschiedliche Schädigungsprofile. Dementsprechend werden angepasste Schutzstrategien entwickelt. Sensoren werden zunehmend an Offshore-Windenergieanlagen eingesetzt, um Materialermüdung zu registrieren. Sie nehmen kleinste Veränderungen in der Werkstoffstruktur wahr und melden sie an das System.

Die Ergebnisse werden für eine Validierung und Verbesserung aktueller Laborprüfverfahren eingesetzt. Auf dieser Basis modifizierte Labor-Materialtests, die die echten Belastungen nachbilden und steigern, führen in verkürzten Zeiträumen zu belastbaren Aussagen. Diese fließen wiederum in allgemeine Prüfstandards für Offshore-Materialien und Komponenten ein. Neue Methoden zur Materialprüfung werden für konkrete Aufgabenstellungen entwickelt.

↳ Dr. Holger Huhn, [holger.huhn@iwes.fraunhofer.de](mailto:holger.huhn@iwes.fraunhofer.de)



---

### **Klimakammer zur parallelen Simulation von Mechanik und Umwelt**

---

Das Fraunhofer IWES hat eine spezielle Offshore-Testkammer entwickelt, die erstmals mechanische und klimatische Verhältnisse an Windenergieanlagen zeitgleich simuliert. Auf diese Weise werden die im Offshore-Betrieb auftretenden Lasten realistisch nachgebildet. Dieser Ansatz erlaubt Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit der getesteten Systeme und auf ihre Lebensdauer. Diese Testmöglichkeit ist eine wertvolle Ergänzung zu den Offshore-Auslagerungsstandorten. Die dort gewonnenen Erkenntnisse zu den Mechanismen des Materialversagens werden genutzt, um Tests unter Laborbedingungen realitätsnah auszulegen. Liefern Labortests verlässliche Aussagen zum Materialverhalten, profitiert der Kunde von einer zeittraffenden Prüfung und der exakten Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. So können belastbare Aussagen zur Lebensdauer getroffen und wirkungsvolle Schutzstrategien entwickelt werden.

↳ Leena Kruse, leena.kruse@iwes.fraunhofer.de

---

### **Windmessnetz und 200-Meter-Messmast**

---

Das Fraunhofer IWES betreibt seit 1990 ein deutschlandweites repräsentatives Windmessnetz an derzeit 30 Standorten. Alle Messstationen befinden sich in der Umgebung von Windparks und sind mit MEASNET-kalibrierten Anemometern ausgerüstet. Neben den standardmäßigen 30 m hohen Masten (Windmessung in 10 m und 30 m) sind auch vier 50-m-Masten errichtet worden, mit denen zusätzlich zu den Windverhältnissen auch weitere meteorologische Größen erfasst werden. Die Messdaten werden mit einer Abtastrate von 1 Hz erfasst und als 5-min-Datensätze stündlich an die Datenzentrale in Kassel übermittelt. Zusätzlich dazu betreibt das Fraunhofer IWES drei mobile LIDAR-Messgeräte, die in diesem Jahr um einen 200 m hohen Messmast ergänzt werden.

↳ Reinhard Mackensen, reinhard.mackensen@iwes.fraunhofer.de

↳ Paul Kühn, paul.kuehn@iwes.fraunhofer.de

---

### **Labor für Regelungssysteme großer Windenergieanlagen**

---

Zur Entwicklung lastreduzierender Regelungssysteme steht eine Entwicklungsumgebung für Blattverstellsysteme großer Windenergieanlagen zur Verfügung. Der Teststand erlaubt die realistische Untersuchung von drei wechselwirkenden geregelten Pitchantrieben zur individuellen Blattverstellung. Wirklichkeitsnahe Gegenmomente werden durch Echtzeitsimulationen inhomogener und turbulenter Windfelder erzeugt. Weiterhin steht ein Teststand zur Untersuchung antagonistisch geregelter Pitchantriebe zur Verfügung, die eine besonders lastarme Blattverstellung erlauben.

↳ Martin Geyler, martin.geyler@iwes.fraunhofer.de

*1 Einspannvorrichtung für Prüflinge in der Klimakammer*

*2 Ganzblattprüfungen machen mögliche Schäden in verkürzten Zeiträumen sichtbar*




---

### **Experimentierzentrum Bioenergie-Systemtechnik**

---

Zusammen mit dem hessischen Landwirtschaftszentrum Eichhof betreibt das Fraunhofer IWES in Bad Hersfeld ein Experimentierzentrum zur Bioenergie-Systemtechnik. Vom Laborversuch bis zur Pilotanlage ist die gesamte Prozesskette von der Biomasseproduktion bis hin zur Netzintegration darstellbar. Für Demonstrations- und Pilotversuche steht eine eigene Versuchsbiogasanlage mit einer Rohgaskapazität von bis zu 50m<sup>3</sup>/h zur Verfügung. Bis zu 6 Container mit Messeinbauten können versorgt werden. Es sind Experimente zur Biomasseaufbereitung und Gärrestebehandlung sowie thermischen Biogasnutzung und Gasaufbereitung und -einspeisung möglich. Des Weiteren stehen Labore zur Untersuchung spezieller biologischer, chemischer und physikalischer Parameter zur Verfügung.  
 ↘ Dr. Bernd Krautkremer,  
 bernd.krautkremer@iwes.fraunhofer.de

---

### **DeMoTec: Design-Zentrum Modulare Versorgungstechnik**

---

Das DeMoTec wird gemeinsam mit der Universität Kassel betrieben. Hier werden dezentrale Stromerzeuger, Speicher und Lasten sowie neuartige Energiemanagementsysteme entwickelt und getestet. Eine besondere Rolle spielt die Netzintegration von Stromrichtern und der Aufbau von Hybridsystemen und Inselnetzen. Die Regelungstechnik für dezentrale Netzdienstleistungen kann hier im Zusammenwirken der dezentralen Generatoren im realen Maßstab untersucht werden. Insbesondere Systeme für die netzferne Elektrifizierung im ländlichen Raum und auf Inseln werden hier technisch optimiert und für Schulungen verwendet. Eine reproduzierbar definierte Hardware-Simulation eines 90-kVA-Netzanschlusses und eine regelbare Gleichstromquelle erlauben akkreditierte Prüfungen von Netzstromrichtern und die Bewertung von PV-Stromrichtern z. B. bezüglich des MPP-Trackingverhaltens.  
 ↘ Markus Landau, markus.landau@iwes.fraunhofer.de

---

### **IWES-SysTec: Testzentrum für intelligente Netze und Elektromobilität**

---

In Rothwesten bei Kassel entwickelt und testet das Fraunhofer IWES neue Betriebsmittel für intelligente Nieder- und Mittelspannungsnetze. Auf dem 80.000 m<sup>2</sup> großen Grundstück werden im Jahr 2011 neben dem Outdoor-Testfeld für Photovoltaiksysteme und kleine Windkraftanlagen zwei neue Hallen fertiggestellt: die eine Halle wird Prüfplätze für Nieder- und Mittelspannungs-Stromrichter sowie für elektrische Maschinen enthalten, die andere Halle wird mit Experimentieranlagen zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen und Stromspeichern ausgestattet.

Im IWES-SysTec werden zukünftig auch Systemdienstleistungen getestet. Hierfür werden mobile Prüf-Container aufgebaut, die es erlauben das Netzfehlerverhalten (Fault-Ride-Through) von Wind- und PV-Anlagen oder anderen Stromerzeugern mit bis zu 6 MVA Nennleistung zu vermessen.  
 ↘ Dr. Thomas Degner, thomas.degner@iwes.fraunhofer.de

---

### **Akkreditierte Prüflabore für Stromrichter und EMV**

---

Das Fraunhofer IWES führt in seinen Laboren am Standort Kassel akkreditierte Prüfungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch. Das sind Messungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit von elektrischen Geräten sowie zu Netzeigenschaften von Stromrichtern für dezentrale Stromerzeuger (z. B. nach BDEW und FGW TR3) und zu Wirkungsgraden photovoltaischer Stromrichter und Systeme.  
 ↘ Dr. Norbert Henze, norbert.henze@iwes.fraunhofer.de



3



4

### Entwicklungslabore für Stromrichter

Das Fraunhofer IWES entwickelt Stromrichter für Windkraftanlagen, Batteriesysteme und andere dezentrale Stromerzeuger. Hierfür stehen mehrere Labore für die Schaltungsentwicklung zur Verfügung. Im Labor für Mikroprozessor- und geräteorientierte Softwaretechnik können Steuerungsschaltungen für Stromrichter im Hardware-in-the-Loop bzw. im Rapid-Prototyping-Verfahren entwickelt werden. Die Zuverlässigkeit von Geräten kann in Klimakammern und thermographisch getestet werden.

↳ Dr. Norbert Henze, [norbert.henze@iwes.fraunhofer.de](mailto:norbert.henze@iwes.fraunhofer.de)

### Outdoor-Testfelder für Photovoltaiksysteme

In den Outdoor-Testfeldern für Photovoltaik-Systeme werden einzelne Module und Gesamtsysteme über längere Zeiträume nach europaweit abgestimmten Richtlinien für viele Hersteller vermessen. Kassel ist ein wichtiger Referenzstandort in den von DERlab e.V. europaweit angebotenen Messungen nach einheitlichem Verfahren.

↳ Peter Funtan, [peter.funtan@iwes.fraunhofer.de](mailto:peter.funtan@iwes.fraunhofer.de)

### Batterielabore

Die Infrastruktur zum Test elektrochemischer Systeme umfasst automatisierte Lade- und Entladeeinrichtungen, Klimakammern und die notwendige Mess- und Sicherheitstechnik. Außerdem steht ein Labor zur Untersuchung von Brennstoffzellensystemen zur Verfügung. Ergänzt werden diese Einrichtungen durch eine Entwicklungsumgebung für virtuelle und multivirtuelle elektrochemische Systeme wie virtuelle Starterbatterien oder virtuelle Lithium-Ionen-Zellen.

↳ Matthias Puchta, [matthias.puchta@iwes.fraunhofer.de](mailto:matthias.puchta@iwes.fraunhofer.de)

### IWES-TPE: Test- und Prüfzentrum Elektromobilität

Mehrere Abteilungen des IWES haben ihr Know-how zu virtuellen Entwicklungsumgebungen für Lithium-Ionen-Batterien, Ladeeinheiten und Netzsimulatoren im neuen Test- und Prüfzentrum für Elektromobilität IWES-TPE gebündelt. Auf der Basis einer bestehenden Kooperationsvereinbarung mit der Universität Kassel wird dabei auch die Zusammenarbeit mit dem Forschungsverbund Fahrzeugsystemtechnik ausgebaut. Der Schwerpunkt des Fraunhofer IWES liegt auf der Netzintegration und der Versorgung mit erneuerbaren Energien. Die Universität Kassel konzentriert sich auf das Fahrzeugsystem.

↳ Dr. Philipp Strauß, [philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de](mailto:philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de)

### Exzellenznetzwerk DERlab

Führende Forschungsinstitute aus elf europäischen Ländern haben sich in dem vom Fraunhofer IWES koordinierten Exzellenznetzwerk DERlab zusammengeschlossen, um gemeinsam Kriterien für den Betrieb dezentraler Stromerzeuger am Netz zu entwickeln und daraus Prüfverfahren und Normen abzuleiten. Die Laborinfrastruktur wird in aufeinander abgestimmter Weise ausgebaut und kann sich so gegenseitig ergänzen. Der Verein »European Distributed Energy Resources Laboratories« wurde Ende 2008 gegründet und hat seinen Sitz am Fraunhofer IWES in Kassel.

↳ Dr. Philipp Strauß, [philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de](mailto:philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de)

- 1 *Test- und Prüfzentrum DeMoTec*
- 2 *Bioenergie-Experimentierzentrum*
- 3 *Test- und Prüfzentrum Elektromobilität*
- 4 *SysTec Testzentrum*

# FORSCHUNGSABTEILUNGEN

## KOMPETENZZENTRUM ROTORBLATT

Für die Beurteilung der Zuverlässigkeit von Rotorblättern ist es wesentlich zu wissen, wo und bei welchen Lasten sie ermüden und Materialfehler sichtbar werden. Eine experimentelle Prüfung weist statische und zyklisch-dynamische Festigkeit sowie Restfestigkeit nach. Begleitende numerische Simulationen der statischen Festigkeit und der Betriebsfestigkeit erhöhen die Aussagekraft der Restlebensdauer-Kalkulation. Neben Ganzblattversuchen sind für den Betriebsfestigkeitsnachweis Materialprüfungen und rechnerische Untersuchungen notwendig. Zunehmend werden auch Komponenten geprüft, um die Lücke zwischen Ganzblatt- und Materialtests zu schließen.

Aus dem extremen Beanspruchungsprofil der in der Windenergie eingesetzten Werkstoffe ergeben sich besondere Anforderungen, z. B. ein gutmütiges Ermüdungsverhalten, hohe Verschleißfestigkeit oder fertigungsspezifische thermische und rheologische Eigenschaften. Eine Untersuchung der spezifischen Kennwerte ist für die einzelnen Materialien unerlässlich. Hierzu werden die Werkstoffe zum einen unterschiedlichen mechanischen Prüfungen unterzogen, um beispielsweise die Lebensdauer unter verschiedenen Belastungszuständen zu bestimmen. Zum anderen liefern Umweltprüfungen verlässliche Ergebnisse für den praktischen Einsatz.

Für die Bestimmung der mechanischen Kennwerte nach den gängigen Standards und Normen können unter anderem Couponprüfungen durchgeführt werden, die durch den flexiblen Einsatz der vorhandenen Prüfmaschinen individuell an Kundenwünsche anpassbar sind. Das experimentelle Spektrum reicht von einachsigen Prüfungen an isotropen Materialien über zyklisch-mehrachsige Versuche an anisotropen Werkstoffen bis zur physikalischen Werkstoffcharakterisierung. Für Druckprüfungen kann beispielsweise eine »Combined Loading«-Einspannung verwendet werden, die mittels ihrer präzisen Führung das Beulen des Prüflings verhindert. So liefert sie in den meisten Fällen realitätsnähere Ergebnisse als übliche Verfahren.

Auch für dynamische Versuche wird diese Vorrichtung verwendet, um aussagekräftige Wöhlerlinien für den Druck-Druck-Bereich zu ermitteln. Die mechanischen Werkstoffprüfungen

können für Alterungsuntersuchungen mit dem Einsatz einer leistungsstarken Klimakammer kombiniert werden. An Torsionsproben werden die Schubeigenschaften von Klebstoffen oder von Faserverbundwerkstoffen sichtbar. Neben der Prüfung von Standard-Coupons können auch Strukturproben wie Klebstoff-Laminat-Proben geprüft werden. Die Entwicklung von Werkstoffmodellen und die Materialsimulation sowie die spezifische Weiterentwicklung der Werkstoffe ist ebenfalls eine Option.

---

### Bewertung von Materialkombinationen

---

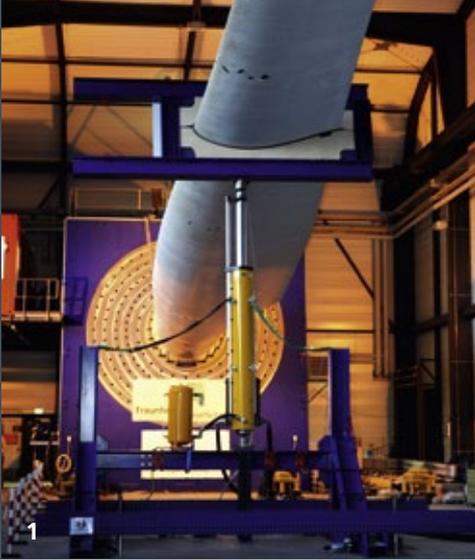
Im Zuge des verstärkten Leichtbaus spielt die Entwicklung und Bewertung von verschiedensten Materialkombinationen eine entscheidende Rolle. Hierzu zählt insbesondere die Herstellung der unterschiedlichen Faserverbundwerkstoffe. Neben der Entwicklung von Werkstoffen für strukturtragende Komponenten wie Gurte oder Stege werden auch Füllstoffe oder Beschichtungsmaterialien auf ihre Tauglichkeit für den Einsatz an Windenergieanlagen untersucht.

---

### Komponentenprüfung und Fertigung

---

Rotorblätter von Windenergieanlagen sind komplexe, großflächige und gleichzeitig hochbeanspruchte Bauteile. Aufgrund der Leichtbauanforderungen werden sie zumeist aus Faserverbundwerkstoffen (FVW) gefertigt. Dabei wird zunehmend



auch die Möglichkeit genutzt, ihr anisotropes Werkstoffverhalten zur bedarfsgerechten Gestaltung des Bauteils bzw. des Werkstoffs einzusetzen.

Da Faserverbundwerkstoffe während der Bauteilfertigung erzeugt werden und ihre Verarbeitung die spezifischen Materialeigenschaften prägt, ist die Kenntnis realistischer Werkstoffkennwerte entscheidend. Deswegen müssen bauteilspezifische und realistische Fertigungsverfahren für die Herstellung von Prüflingen eingesetzt werden. Material- und Komponentenprüfungen für die Entwicklung und Konstruktion von Bauteilen oder Strukturen sind dabei ein wichtiger Schritt im Prozess der Qualitätssicherung.

Das Verhalten des Werkstoffs in der Fertigung ist von den Bauteilgegebenheiten abhängig. Deshalb sind aus mechanischer Sicht fertigungsspezifische Versuche an kleinen Komponenten bereits vor dem Bau erster Prototypen erforderlich. Darüber hinaus sind für mechanische Tests Änderungen an den Prüflingen und dem Prüfaufbau häufig unumgänglich.

### Grundlage für Qualitätssicherung

Materialprüfungen für die Entwicklung und Konstruktion von Bauteilen oder Strukturen sind ein wichtiger Schritt im Prozess der Qualitätssicherung. Aufgrund der Rotorblattgröße und des bauteilgebundenen Werkstoffverhaltens werden von den Herstellern zunehmend auch bauteilähnliche Prüflinge (Balken bzw. Komponenten) eingesetzt.

Durch die zunehmende Untersuchung der Betriebsfestigkeit an Komponenten wird Verfälschungen der Betriebsfestigkeitsrechnung durch Einflussfaktoren wie Normal- und Schubspannungen, Kraftumlenkungen, Materialkombinationen und Fertigungsverfahren entgegengewirkt. Insbesondere im Bereich der Klebnähte und Laminatabstufungen sind diese neuen Prüfverfahren weit fortgeschritten und können wichtige Erkenntnisse für Rotorblatthersteller liefern.

### Infrastruktur für die Prüfung

Am Fraunhofer IWES stehen drei Aufspannfelder mit einer maximalen Abmessung von 12 x 3 Metern sowie entsprechende Aufspannwinkel für vielfältige Prüfaufgaben an Komponenten, z. B. an Querkraftbiegeträgern, bereit. Die Prüflinge können mit einer leistungsfähigen Hydraulik (maximal 100kN) oder mit einem Exzenter (z.B. 20kN bei 2 Hz) belastet werden – zum Beispiel für die Ermittlung von Wöhlerlinien mit hoher Lastwechselzahl. Für andere Zwecke können auch kleinere Lasten aufgebracht werden. Der Einfluss von Umweltbedingungen lässt sich mithilfe einer Klimakammer ebenfalls erfassen. Darin werden Temperatur, Feuchtigkeit, UV-Strahlung und Salzgehalt je nach Bedarf reguliert.

Numerische Berechnungen können experimentelle Untersuchungen begleiten. Dazu stehen die Simulationsprogramme ANSYS und ABAQUS zur Verfügung. Diese Software-Lösungen eignen sich auch zur Bearbeitung hochgradig komplexer, nichtlinearer Aufgabenstellungen.

### Kompetenzzentrum Rotorblatt Lenkungsausschuss



- 1 Bei einem dynamischen Test werden über einen hydraulischen Zylinder Lasten aufgetragen
- 2 Vorbereitung des Blattes zur Einspannung in den Prüfblock



## TRAGSTRUKTUREN

Die stetig wachsende Leistung und Größe von Windenergieanlagen – insbesondere im Offshore-Bereich – stellt extreme Anforderungen an deren Gründungen und Tragstrukturen. Die neuen Dimensionen von Bauteilen und Lasten erfordern fundierte theoretische und experimentelle Untersuchungen der Tragstrukturen. Zu diesem Zweck wurde 2010 die Projektgruppe Tragstrukturen des Fraunhofer IWES gegründet. Realitätsnahe Versuche im geplanten Großversuchslabor der Leibniz Universität am Standort Hannover-Marienwerder sollen ideale Voraussetzungen dafür bieten.

Das Fraunhofer IWES baut seine Kompetenzen im Forschungsbereich Tragstrukturen für Windenergieanlagen systematisch aus. Für den Standort Hannover sprechen die Kooperationsmöglichkeiten mit den Instituten des universitären Forschungsverbundes ForWind und das geplante Großversuchslabor. Im Fokus stehen die Optimierung und Neuentwicklung von Tragstrukturen für Repowering-Maßnahmen im Onshore-Windenergiebereich und von Tragstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen. Mit optimierten Designprozessen durch verbesserte Simulationsmodelle und -tools unterstützt durch begleitende experimentelle Untersuchungen, sollen innovative Tragstrukturkonzepte entwickelt werden. Weitere Themen sind neue Materialkombinationen, Korrosionsschutz und Bauverfahrenstechnik.

### Experimentelle Tests unter multi-axialer Belastung

Aufgelöste Tragstrukturen für Wassertiefen zwischen 25 und 70 m werden auf See durch räumlich angreifende Wind-, Wellen- und Betriebslasten besonders im Bereich der Strukturknoten mehr-axial beansprucht. Die geplanten Versuchseinrichtungen ermöglichen dem Fraunhofer IWES neuartige Strukturtests unter multi-axialer dynamischer Belastung.

### Boden-Bauwerks-Interaktion

Die dynamischen Eigenschaften der Tragstruktur werden signifikant von den Bodenverhältnissen beeinflusst. Bodeneigenschaften, die sich durch dynamische Beanspruchungen im Laufe der Betriebsdauer einer Windenergieanlage verändern, müssen bei der Entwicklung des Ermüdungsdesigns unbedingt berücksichtigt werden. Es besteht enormer Forschungsbedarf,

um das Verhalten der Gründungselemente unter zyklischen Lasten präziser voraussagen zu können. Ein neuartiges Prüfkonzept für Tests an Tragstrukturen mit Gründungselementen unter realen Offshore-Bodenverhältnissen und in großem Maßstab sollen die Auslegungsgrundlagen für die Gesamtstruktur und für Gründungselemente absichern und verbessern.

### Optimierung und Innovation

Optimierte, leichtere Tragstrukturen steigern die Wirtschaftlichkeit der Windenergie durch Material- bzw. Kosteneinsparungen und schonen die Umwelt. Versuche im Großmaßstab an Gesamtstrukturen und Versuche im Maßstab 1:1 an neuralgischen Bauteilen unter realitätsnahen, mehraxialen Belastungsszenarien liefern hierfür eine erstklassige Grundlage. Folgende Tests sollen möglich sein:

- Validierungstests
- Beschleunigte Lebensdauertests von Strukturen aus Stahl-, Stahlverbund- und Faserverbund-Werkstoffen
- Prüfung von Gründungselementen unter zyklischen Lasten in nachgestellten Offshore-Bodenprofilen
- Tests des dynamischen Verhalten der Gesamtstruktur unter realitätsnaher Abbildung der Boden-Bauwerks-Interaktion
- Optimierung und Erprobung von Bauverfahrenstechniken

1 *Schlanke Jacket-Tragstruktur des Offshore-Testfelds alpha ventus*

2 *Großbiegeversuche an Gouted Joints des Kooperationspartners Leibniz Universität Hannover*



## TECHNISCHE ZUVERLÄSSIGKEIT

Die Entwicklung von Methoden, Analyse- und Bewertungsverfahren für die technische Zuverlässigkeit von Windenergieanlagen ist Ziel der Forschung in diesem Bereich. Die neuralgischen Punkte einer Anlage genau zu kennen stellt eine erhöhte Verfügbarkeit und Produktivität der Windenergieanlage (WEA) sicher und steigert die Wirtschaftlichkeit. Sie kann qualitativ und quantitativ ermittelt werden. Im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung werden zuverlässigkeitsrelevante Indikatoren und Kennzahlen identifiziert und bereitgestellt, um Auswirkungen von technischen Modifikationen, Design, Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungsstrategien über den Betriebszeitraum quantitativ zu beschreiben.

### Für neue Generationen und bestehende WEA

Bei der Planung, Errichtung und dem Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen bzw. -Windparks ist die Zuverlässigkeit ein erfolgsentscheidender Faktor. Sie beschreibt, wie verlässlich ein Produkt seine Funktion in einem definierten Zeitintervall erfüllt. Um die Wirtschaftlichkeit zu steigern, zeigt sie Verbesserungsmöglichkeiten bei der Entwicklung neuer Anlagengenerationen sowie Potenziale für das nachträgliche Aus- und Umrüsten auf. Aufgrund der schlechten Zugänglichkeit der Offshore-Windparks steigt der Bedarf an zuverlässiger Messtechnik und Sensorik für die Fernüberwachung der Strukturen und Anlagen. Im Offshore-Bereich führt die höhere Materialbelastung zu einer deutlich beschleunigten Materialalterung. Biologisch induzierte Prozesse stellen eine zusätzliche Belastung dar. So sind zum Beispiel einige Mikroorganismen in der Lage, Stoffe aus Schutzabdeckungen und/oder der Korrosionsschutzbeschichtung zu verstoffwechseln und damit erhebliche Schäden zu verursachen.

### Härtetest unter Offshore-Bedingungen

Unter dem Aspekt einer ganzheitlichen Betrachtung werden derzeit an vier Auslagerungsstandorten die Funktionsweisen von Sensorsystemen unter Offshore-Bedingungen untersucht. Für Komponententests können maritime Bedingungen in einer Klimakammer nachgebildet werden. Dabei soll sich zeigen, unter welchen Umständen und Belastungen die Sensorapplikationen in welchen Zeiträumen versagen. Außerdem ist exakt zu beschreiben, wie der Übergang von einer zuverlässigen Offshore-Applikation zu einer unbrauchbaren aussieht.

### Entwicklung von Schutzstrategien

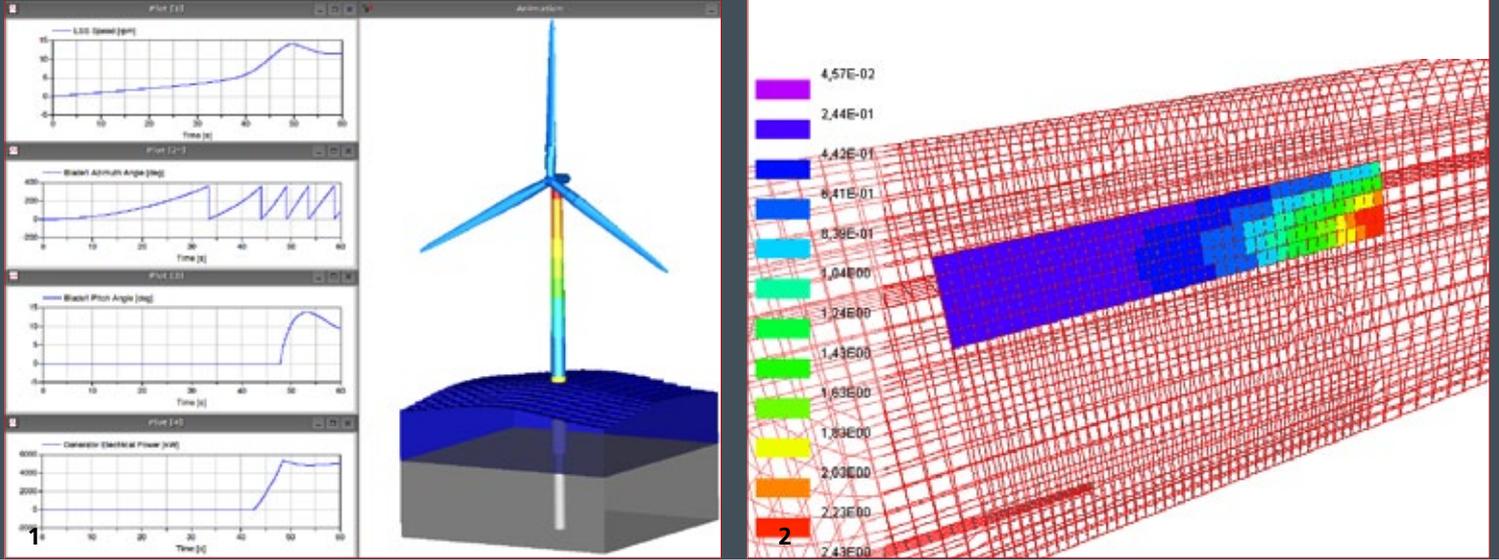
Auf Basis der dabei gewonnenen Daten werden Schutzstrategien für Offshore-Materialien, Komponenten und Bauwerke abgeleitet. Durch die Einbindung der Messdaten von ganzheitlichen Sensorsystemen in die Betriebsführung der Windenergieanlagen können Lastkollektivspitzen reduziert und damit schädigende Betriebszustände vermieden werden. Auch intelligente Structural Health Management-Systeme (SHM) auf Basis »neuronaler Netze« liefern neue Erkenntnisse für die Zustandsbeschreibung der Windenergieanlage und ihres verbleibenden Nutzungspotenzials zu jedem Zeitpunkt. Zukünftig könnten auch Non-Destructive Testing (NDT)-Verfahren wichtige Hinweise für die Zustandsermittlung liefern.

### Dienstleistungen

- Monitoring zur Anlagenüberwachung
- Messkampagnen und Datenauswertung
- Ermittlung von Lastkollektiven und Beanspruchungen
- Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Abschätzung der Restlebensdauer und -tragfähigkeit
- Offshore- und Nearshore-Auslagerung von Materialien und Sensorsystemen
- Entwicklung und Erprobung von Sensorsystemen und -applikationen

**1** Die Steigerung der technischen Zuverlässigkeit verbessert die Wirtschaftlichkeit

**2** Intelligente Logistik- und Wartungskonzepte erhöhen die Verfügbarkeit der Anlage



# ANLAGENSIMULATION UND -BEWERTUNG

Die rechnerische Vorhersage des Verhaltens von Windenergieanlagen erleichtert bereits in einer frühen Entwicklungsphase die Optimierung eines Produkts mit minimalem Kostenaufwand. Da es sich hierbei um eine ingenieurwissenschaftliche Querschnittsaufgabe handelt, kommen die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus den Bereichen Automatisierungstechnik, Bauingenieurwesen, Informatik, Luftfahrt und Maschinenbau.

## Produktionskosten kontrollieren

Aufgrund dynamischer Wechselwirkungen und signifikanter Nichtlinearitäten müssen die verschiedenen Teilsysteme einer Windenergieanlage wie Rotorblätter, Antriebsstrang, Tragstruktur und Regelung zur realistischen Simulation ihres Verhaltens in einem numerischen Modell zusammengefasst werden. Dabei handelt es sich um so genannte aero-servo-hydro-elastische oder auch voll gekoppelte Simulationen von Windenergieanlagen. Nur auf diese Weise können die auf die Anlage einwirkenden äußeren Lasten realistisch abgebildet und das Anlagendesign bewertet und optimiert werden. Durch die Anwendung hochentwickelter numerischer Modelle lässt sich bereits in der Phase der Entwicklung, die weitgehend die späteren Produktionskosten bestimmt, Produktwissen generieren. Auf Basis des erweiterten Wissensstands lassen sich mit minimalem Kostenaufwand optimierte Produkte erzielen.

## Abbildung von Substrukturen

Der Einsatz der Software ADCoS-Offshore zur Berechnung der Lasten auf (Offshore-) Windenergieanlagen mit voll gekoppelten Modellen ermöglicht die Berücksichtigung des Einflusses der Meereswellen auf die Tragstrukturen in der Betrachtung. Das Programm ADCoS wurde zunächst von der Aero Dynamik Consult Ingenieurgesellschaft mbH (ADC, [www.aero-dynamik.de](http://www.aero-dynamik.de)) zur Anwendung im Onshore-Bereich entwickelt und im Folgenden vom Fraunhofer IWES und ADC in Kooperation zu ADCoS-Offshore erweitert und validiert. ADCoS-Offshore erlaubt – im Gegensatz zu vielen vergleichbaren Software-Programmen – die Verwendung von Substrukturen zur detaillierten Abbildung von Tragstrukturkomponenten.

## Detaillierungsgrad während Simulation wechselbar

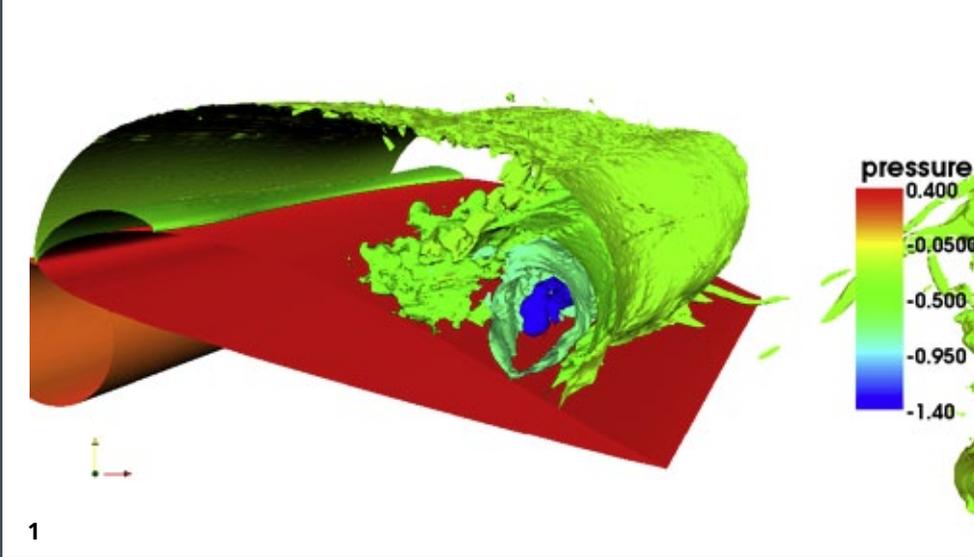
Neuartige Modellierungs- und Simulationstechniken für die Berechnung des Verhaltens von Windenergieanlagen und -parks beschleunigen die Konstruktion neuer, zuverlässigerer Anlagen. Zu den progressiven Ansätzen gehört im Bereich der Modellierung die durchgängig objektorientierte Implementierung des physikalischen Systems Windenergieanlage ebenso wie die erstmals im größeren Maßstab eingesetzte Technik der Modellstrukturdynamik. Darunter ist die Möglichkeit zu verstehen, den Detaillierungsgrad von Modellkomponenten während der Laufzeit der Simulation zu ändern.

## Dienstleistungen

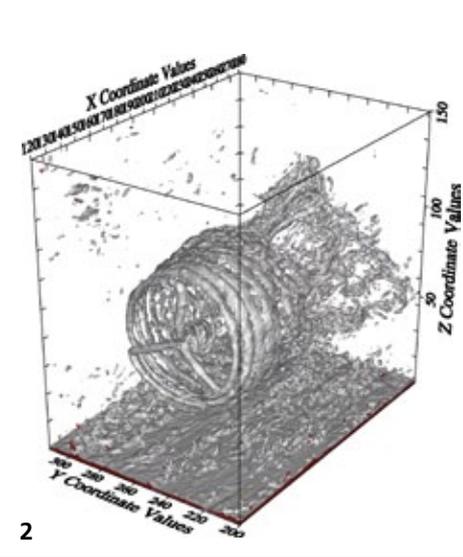
- Lastenrechnung für OWEA mit beliebig verzweigten Tragstrukturen
- Optimierung von kritischen Komponenten mit Hilfe von Detailsimulationen
- Studien und Beratung zu neuartigen Fragestellungen in der Gesamtanlagenauslegung
- Entwicklung von Softwarekomponenten zur Automatisierung im Entwicklungsprozess

1 Simulation der Wind- und Wellenlasten

2 Finite Elemente-Modell eines Rotorblatts



1



2

## STRÖMUNGS- UND SYSTEMDYNAMIK

Im Rahmen des Zusammenschlusses der Aktivitäten in der Windenergieforschung des Fraunhofer-Institut IWES und der drei in ForWind organisierten Universitäten Bremen, Hannover und Oldenburg ist an der Universität Oldenburg eine Projektgruppe zu dem Thema Computational Fluid and System Dynamics (CFSD) inklusive Meteorologie im Aufbau. Diese Projektgruppe ist thematisch an den Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Windphysik ausgerichtet, die die Universität Oldenburg durchführt.

Alle Bereiche der numerischen Modellierung der Windenergieumwandlung erfordern in zunehmendem Maße aufwendige numerische Berechnungen. Insbesondere für Windpotenzialberechnungen, Windleistungsvorhersagen, die Berechnung der kleinskaligen Umströmung von Windenergieanlagen (Wind-Rotor-Wechselwirkung, Lastbestimmungen, Nachlaufströmung einer und mehrerer Anlagen) sowie für die Systemmodellierung werden heute umfangreiche numerische Verfahren, die meist unter dem Namen Computational Fluid Dynamics (CFD) zusammen gefasst werden, eingesetzt.

Die meisten der heute – vor allem in der Industrie – verwendeten numerischen Modelle haben ihren Ursprung in vergangenen Zeiten geringer Computerleistungen und entsprechen nicht den heute möglichen Rechnerkapazitäten. Damals noch notwendige Vereinfachungen sollen durch Arbeiten in der Projektgruppe durch deutliche Verbesserungen in der verwendeten aerodynamischen Modellierung ersetzt werden, denn:

- Die Dynamik der Atmosphäre wird momentan nur ungenügend modelliert. Instationäre Effekte erfordern zeitabhängige Modelle.
- Es ist zu erwarten, dass neue Modelle, die auf den strömungsmechanischen Grundprinzipien basieren, eine höhere Genauigkeit liefern als (halb)empirische Modelle.
- Die Modelle versagen in Situationen mit partiellem Nachlauf, bei Schiefstand der Windenergieanlagen (WEA) oder in komplexem Gelände. Diese Situationen sind immer häufiger in Windparks anzutreffen.
- »Full-Scale«-Experimente haben bis dato lediglich globale, indirekte Informationen geliefert, abgeleitet aus den Ener-

gieerträgen einzelner WEA in Windparks. Daher war und ist ein profunder Abgleich zwischen Realität und Modell ohne detaillierte Strömungssimulationen nicht möglich.

- Die stark wachsende Anzahl und Größe von Windparks wirft Fragen über die gegenseitige Beeinflussung und Rückkopplung über die atmosphärische Strömung auf. Ein numerisches Modell sollte die Möglichkeit bieten, den Einfluss dicht benachbarter Windparks aufeinander zu berücksichtigen. Dies ist vor allem unter Offshore-Bedingungen von großer Bedeutung.
- Stationäre oder gemittelte CFD-Berechnungen sind für die Modellierung der Umströmung sich bewegender Rotorblätter in einem turbulenten Windfeld nicht mehr hinreichend. Die Entwicklung von modernen lastminimierenden Rotorblättern macht eine hochgenaue dynamische CFD erforderlich.
- WEA unterliegen turbulenten Anströmbedingungen, was eine Vielzahl von bisher kaum behandelten Effekten wie Rüttelkräften, Dynamic Stall und fluktuierender Leistungsabgabe zur Folge hat. Entsprechende Windfelder müssen mit aeroelastischen und systemdynamischen Berechnungen gekoppelt werden.

1 Numerische Berechnung der Umströmung eines Rotorblattsegments

2 Numerische Berechnung der Umströmung einer Windenergieanlage



1



2

## ANLAGENTECHNIK UND NETZINTEGRATION

Die Abteilung untersucht die Systemtechnik für den Einsatz erneuerbarer Energien wie Photovoltaik und Windenergie sowie anderer Stromerzeuger, Speichersysteme und Elektrofahrzeuge. Wichtig ist die Stromrichtertechnik als Bindeglied zwischen Stromerzeugern, Speichern und Lasten mit dem Netz. Es werden Stromrichter und andere Betriebsmittel entwickelt, welche die neuen Anforderungen intelligenter Netze unterstützen. Die Laborausstattung erlaubt normkonforme Gerätetests und Versuche in Verteilnetzabschnitten unter Verwendung neuer Informations- und Kommunikationseinrichtungen.

### Schwerpunkte

In der Abteilung werden grundsätzliche technische Probleme zur Energieversorgung mit hohem regenerativen Anteil bearbeitet, neue systemtechnische Ansätze konzipiert sowie Labor- und Feldtests durchgeführt. Weitere Forschungsschwerpunkte liegen auf der Technik für Photovoltaiksysteme, Speichersysteme und dem elektrischen Teil der Windkraftanlagen. Neben Geräteentwicklungen bis zum Laborprototyp werden ganzheitliche, systemtechnische Betrachtungen zur Netzeinbindung dezentraler Stromerzeuger, Speicher und Lasten durchgeführt. Die Gestaltung und Demonstration intelligenter elektrischer Verteilnetze und Inselnetze ist ein wesentlicher Bestandteil unserer Arbeit.

Die Netzschnittstelle und das Systemverhalten von Windkraft- und Photovoltaikanlagen werden über die Steuerung und Regelung von Stromrichtern und elektrischen Maschinen weiterentwickelt. Hier werden die Kommunikationsschnittstellen und die Interaktion mit den Netzbetriebsmitteln und der Betriebsführung auf der Verteilnetzebene untersucht. Dazu zählen auch Komponenten für Leittechnik, Energiemanagement, Zählertechnik, sowie Sicherheits- und Schutztechnik für den Netzbetrieb.

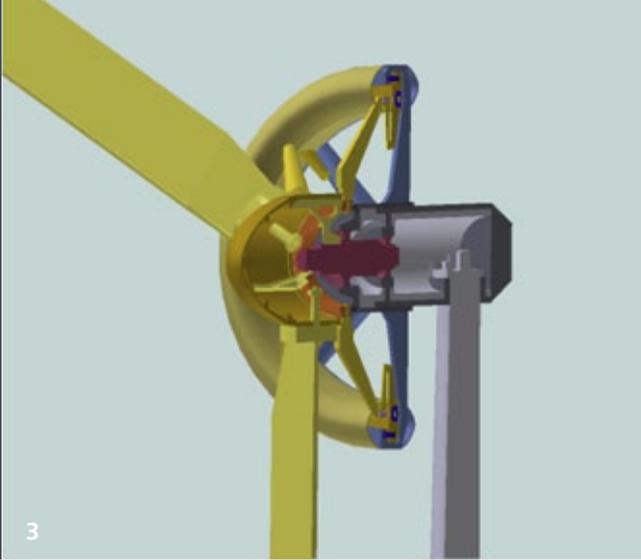
Der Bereich betreibt ein Test- und Prüfzentrum für die Netzintegration dezentraler Stromerzeuger und koordiniert das in diesem Feld führende europäische Exzellenznetzwerk DERlab.

### FuE-Themen

- Betriebsführung, Betriebsmittel, Auslegungs- und Regelungsverfahren für elektrische Verteilnetze
- Anlagentechnik und Prüfung von Photovoltaiksystemen und Windkraftanlagen
- Netzintegration dezentraler Erzeugungsanlagen, Speicher, steuerbarer Lasten und Elektrofahrzeuge
- Elektrische Maschinen und Stromrichtertechnik für dezentrale Erzeugungsanlagen
- Netzintegration und Prüfung von Stromrichtern
- Wirtschaftliche Aspekte dezentraler Netzdienstleistungen
- Dezentrales Energie- und Leistungsmanagement
- Inselnetze, Hybridsysteme, ländliche Elektrifizierung
- Informations- und Kommunikationstechnik für Stromversorgungssysteme

### Dienstleistungen und Produkte

- Auftragsmessungen: Elektrische Systemkomponenten, Stromrichter für Photovoltaik- und Windkraftanlagen, PV-Module und elektrische Energiespeichersysteme
- Auftragsforschung: Privat und öffentlich geförderte Forschungsprojekte
- Labore und besondere Geräte: 6 Entwicklungslabore, 3 Outdoor-Experimentierfelder, akkreditierte Labore für EMV, Netzstromrichter und Solarzellensensoren, Testfeld für intelligente Netze, Labor zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen, im Aufbau: FRT-Messsystem für Windkraftanlagen bis 6 MW



## Fachgruppen

### Anlagen- und Messtechnik

Die Gruppe konzipiert, entwickelt und prüft umweltfreundliche Energieversorgungsanlagen. In verschiedenen Testlaboren werden Begleituntersuchungen und Prüfungen durchgeführt, um Aussagen zu wesentlichen System- und Geräteeigenschaften zu treffen. Schwerpunkte sind messtechnische Untersuchungen an Stromrichtern (EMV, Wirkungsgrad, Netzintegration) sowie an Photovoltaikmodulen unter realen Einsatzbedingungen. Für die Gebäudeintegration werden die physikalischen Eigenschaften von PV-Bauelementen bewertet, um eine multifunktionale Nutzung als Bestandteil der Gebäudehülle zu ermöglichen.

### Elektrische Verteilnetze

Themen sind Netzbetriebsmittel für intelligente Netze, Schutztechnik in Netzen mit dezentraler Einspeisung, Anschlussbedingungen und »Grid Codes« für dezentrale Erzeuger, Regelungsverfahren für dezentrale Generatoren, Netzregelung und Netzbetrieb, Netzauslegung und -planung sowie Mikro- und Inselnetze. Es werden Studien und Simulationen durchgeführt, die durch Laboruntersuchungen und Experimente an Nieder- und Mittelspannungstestnetzen ergänzt werden. Dezentrale Generatoren werden an der Netzschnittstelle getestet, Prüfprozeduren weiterentwickelt und Ergebnisse in die Normung eingebracht.

### Hybridsysteme und Elektromobilität

Hybride Stromversorgungssysteme vereinen unterschiedliche Quellen und Speicher. Typischerweise werden Technologien für Photovoltaik-, Windkraft- und Dieselsysteme mit stationären oder künftig auch mobilen Speichern kombiniert. Die Gruppe beschäftigt sich dabei mit der Entwicklung von neuen Konzepten und Betriebsführungsverfahren, der optimierten Planung und Systemauslegung sowie der Erprobung in Feldversuchen. Erfahrungen, die im Speichermanagement und in der Regelungstechnik solcher Systeme gesammelt wurden, kommen zukünftig auch für Hybridfahrzeuge zum Einsatz.

### Dezentrales Energiemanagement

Die Gruppe befasst sich mit Erzeugungs- und Lastmanagement für Privathaushalte, Gewerbe und Industrie im Verteilnetz. Ziel dabei ist die technische und wirtschaftliche Netzintegration von neuen dezentralen Erzeugungs- und Speichertechnologien. Die Forschungsthemen reichen von der Umsetzung der Hard- und Software beim Kunden bis hin zur Interaktion des Energiemanagementsystems mit Handel und Netzbetrieb einschließlich neuer Schnittstellen.

### Dezentrale Netzdienstleistungen

Die Gruppe untersucht kosteneffiziente Möglichkeiten der Bereitstellung von Energie- und Netzdienstleistungen durch dezentrale Erzeuger (insbesondere Photovoltaiksysteme), stationäre Speicher und Elektrofahrzeuge. Durch Nutzung dieser Möglichkeiten werden technisch-wirtschaftlich optimierte Verfahren für Planung und Betrieb von elektrischen Verteilnetzen entwickelt. Zudem werden Energiemanagement-Verfahren für unterschiedliche Bilanzkreise entwickelt (z.B. Haushalte, Industriebetriebe, Siedlungen, virtuelle Kraftwerke). Diese simulationsbasierten Entwicklungen werden im Labor implementiert und in Feldversuchen getestet.

### Stromrichter und elektrische Antriebe

Die Arbeitsgruppe betrachtet Regelung und Hardware von Stromrichtern als Bindeglieder zwischen verteilten Erzeugungsanlagen und dem Energieversorgungsnetz. Die Entwicklung und Optimierung von Regelungsstrategien für Stromrichter, die das Betriebsverhalten der netzgekoppelten Komponenten mitbestimmen, sind ein Untersuchungsschwerpunkt. Insbesondere werden Stromrichter für Windkraftanlagen und Speichersysteme sowie für Elektroantriebe und Ladestationen entwickelt.

- 1 *Vorstellung Testzentrum für Elektromobilität*
- 2 *Stromrichterprüfung im akkreditierten Labor*
- 3 *Entwurf neuer Generatorkonzepte für Windkraftanlagen*
- 4 *Netzintegration von Photovoltaik- und Windkraftanlagen*



# ENERGIEWIRTSCHAFT UND NETZBETRIEB

Windenergie wird in Deutschland und weltweit die Hauptrolle in der Energieversorgung spielen. Sie ist technologisch und ökonomisch am weitesten entwickelt und weitere Innovationen sind abzusehen. Trotz der Fortschritte der FuE auf den Gebieten Anlagentechnik, Standortanalyse und Energiemeteorologie, Regelung und Betriebsführung sowie Netzeinbindung besteht noch ein großes Potenzial für Innovationen. Vordergründige Ziele sind dabei die Kostenreduktion bei Anlagenfertigung und -betrieb und vor allem die Integration in das Energieversorgungssystem. Die besondere Herausforderung liegt dabei in der Transformation des gesamten Systems wofür die Rolle von Netzausbau, Erzeugungs- und Lastmanagement und Speicher zu analysieren und bewerten sind.

## **Ausrichtung**

Die Themen des FuE-Bereichs behandeln technische und energiewirtschaftliche Fragestellungen zur Integration der erneuerbaren Energien von der aktuellen Situation bis hin zu zukünftigen Szenarien einer Vollversorgung. Die Arbeiten umfassen Analysen und Studien, Modellbildung und Simulation, Entwicklungen von Softwarelösungen zur Betriebsführung und Netzintegration, Durchführung von Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen sowie Mess- und Testaufgaben. Weitere Aktivitäten beinhalten das Monitoring der Windenergienutzung an Land und auf See sowie die Entwicklung neuer Instandhaltungsstrategien. Für die Netzintegration sind neue Methoden zur Leistungssicherung, ein optimales Zusammenspiel von Erzeugung und Verbrauch sowie eine angepasste Kraftwerks- und Netzstruktur mit besonderem Augenmerk auf Strukturen für die großräumige Nutzung zu entwickeln. Im Mittelpunkt stehen dabei ganzheitliche, systemtechnisch orientierte Betrachtungen und Verbesserungen.

## **FuE-Themen, Fachabteilungen und -gruppen**

Die Bearbeitung der FuE-Themen des Bereichs wird von vier Fachgruppen und einer Abteilung durchgeführt.

## **Energiemeteorologie**

Die Abteilung arbeitet standortübergreifend mit Gruppen in Bremerhaven und Kassel. Die Forschungsaktivitäten in Kassel umfassen die Entwicklung von Mess- und Analysemethoden zur Charakterisierung der Umweltbedingungen für Windparks,

die Simulation und Charakterisierung der Windleistung, die Koordination der Forschungsinitiative RAVE, das Monitoring der Technologieentwicklung Offshore sowie Verfahren zur zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltung. Die detaillierte Beschreibung der Abteilung ist auf S.34 zu finden.

## **Großräumige Energieverbünde**

Die Wetterabhängigkeit zukünftiger Energieversorgungsstrukturen erfordert neue Wege bei Netzplanung und -betrieb. Grundlage hierfür sind Analysen der Einspeisefelder regenerativer Kraftwerke. Diese werden auf Basis zeitlich und räumlich hoch aufgelöster Simulationen auf einem High-Performance-Rechencluster ermittelt. Besonderer Schwerpunkt liegt auf der Analyse des zeitlich-räumlichen Verhaltens der residualen Last, der Einbindung von innovativen Lastdeckungsoptionen sowie der Analyse der Lastflüsse. Zur Unterstützung des Netzbetriebs werden Prognoseverfahren für die Solarenergieeinspeisung entwickelt, die mit der Windleistungsprognose zu einer Gesamtprognose der erneuerbaren Energien kombiniert wird.

## **Energieinformatik**

Der Fokus der Energieinformatik liegt einerseits in der Integration und Umsetzung von Verfahren und Forschungsergebnissen in operative Systeme wie das Prognosesystem für Windstromeinspeisung (WPMS), andererseits in der Anwendung und Weiterentwicklung von Standards im Bereich der Kommunikationstechnologie. Darüber hinaus befasst sich die Gruppe mit der Erschließung von Potenzialen, die sich durch den





# ENERGIEMETEOROLOGIE UND SYSTEMINTEGRATION

Die zunehmende wetterabhängige Stromerzeugung erfordert ein grundsätzliches Umdenken bei der Planung und dem Betrieb des Energieversorgungssystems und dem Einsatz von Methoden und Werkzeugen der Energiemeteorologie. Für das Design und den zuverlässigen Betrieb von Windenergieanlagen und Windparks als Teil des Stromversorgungssystems ist die genaue Kenntnis der Standortbedingungen und die robuste und genaue Prognose der wetterabhängigen Erzeugung entscheidend.

## Standortbewertung

Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten ist die Entwicklung von Mess- und Analysemethoden zur Charakterisierung der Umweltbedingungen. Dabei steht an Land insbesondere die Planung von Windparks mit hohen Nabelhöhen im Vordergrund. Für die Offshore-Windenergienutzung werden innovative und angepasste Mess- und Analysemethoden für die Standortbedingungen Wind, Wellen, Strömung und Boden entwickelt. Für die Offshore-Baugrundbewertung wird ein Konzept für die optimale Kombination von seismischen Messmethoden und geologischen und geotechnischen Erkundungsverfahren entwickelt.

## Werkzeuge zur Systemintegration

Für den Netzbetrieb konzentriert sich die Forschung auf die Optimierung von deterministischen und probabilistischen Windleistungs-Prognoseverfahren mit verschiedenen numerischen Wetterprognosen und Online-Messungen. Darauf aufbauend werden neue Betriebsführungskonzepte sowie Energiemanagementsysteme zur verbesserten Integration der Windenergie in elektrische Versorgungsnetze entwickelt. Außerdem werden Windleistungszeitreihen und -prognosen für zukünftige Szenarien simuliert.

## Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung

Im Rahmen der Offshore-Windenergienutzung koordiniert die Abteilung die Forschungsinitiative RAVE zum Testfeld alpha ventus und führt ein Monitoring-Programm zur Technologieentwicklung der Offshore Windenergienutzung durch.

## Zuverlässigkeit

Schwerpunkt der Forschung sind Verfahren zur zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltung basierend auf statistischen Analysen empirischer Daten. Aus den Instandhaltungsdaten und Betriebserfahrungen können Ausfallwahrscheinlichkeiten bestimmt und Schwachstellen der Instandhaltungsabläufe und des Designs abgeleitet werden.

## Dienstleistungen und Produkte

- Messung der Umweltbedingungen und Standortbewertung für Onshore- und Offshore-Windparks
- Seismische Bodenerkundung für Offshore-Windparks sowie Labortests an Bodenproben
- Windleistungsprognosesysteme für Kurzfristprognose und Folgetagsprognose mit dynamisch berechneten Unsicherheitsbereichen und der Einbindung von Online-Messungen
- Windpark Cluster Management System zur Netzintegration der Windleistung
- Simulation von Zeitreihen der Einspeisung und ihrer Prognose für die Systemplanung
- Erfassung und Analyse zuverlässigkeitsrelevanter Informationen

1 Daten zu den Umweltbedingungen am Standort entscheiden über das Anlagendesign

2 Vorbereitung des Aquadopp zur Strömungsmessung



# BIOENERGIE-SYSTEMTECHNIK

Die Abteilung forscht auf dem Gebiet der Integration von Bioenergieanlagen in Energieversorgungsstrukturen. Ziel ist es, die vorhandenen Potenziale und Möglichkeiten dieser Technologien im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien auszuschöpfen und neue Perspektiven zu eröffnen. Im Vordergrund der FuE-Aktivitäten zur energetischen Biomassenutzung steht die Systemtechnik von Biogasanlagen und Biogasaufbereitungstechnologien. Diese besitzen ein hohes Potenzial zum Ausgleich dargebots- oder verbrauchsabhängiger Schwankungen in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen.

## Ausrichtung

Technologien zur energetischen Nutzung von Biomasse haben in einigen Bereichen bereits einen hohen technischen Stand erreicht. Die Forschungsaktivitäten des Fraunhofer IWES sollen die Effizienz weiter steigern und zukünftige Anlagen für ihre unverzichtbaren Aufgaben in regenerativen Kraftwerksparks ertüchtigen sowie die Einsatz- und Vermarktungsmöglichkeiten verbessern.

Hierzu bedarf es neuer Gesamtkonzepte, die bessere Energie- und Ökobilanzen aufweisen, den Rohstoff Biomasse effizienter ausnutzen und gleichzeitig die Erzeugungskosten reduzieren. So ist eine bedarfsgerechte Stromversorgung durch Biogasanlagen nur mit einem passenden, hoch effizienten Wärmenutzungskonzept sinnvoll und ggf. nur im Verbund mit einem Gasnetz zu realisieren.

Neben dem dezentralen Einsatz in großen Verbundnetzen eignen sich mit Biomasse betriebene Stromerzeugungsanlagen auch als hervorragende Ergänzung in autonomen Hybridsystemen.

## FuE-Themen

- Ganzheitliche, systemtechnisch orientierte Betrachtung und Untersuchung der gesamten Prozesskette für die Strom-, Wärme- und Energieträgererzeugung aus Biomasse
- Biomasseinsatz bei neuen Energiewandlungstechnologien wie z. B. Mikrogasturbinen, Brennstoffzellen, Stirlingmotor
- Biogasbasierte Systeme in kleinen und mittleren

Leistungsbereichen für den dezentralen Einsatz sowie die Integration größerer Systeme in den Netzverbund

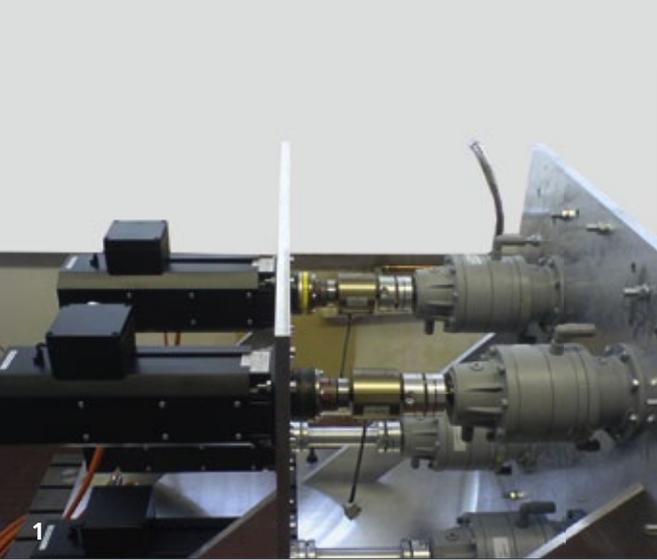
- Optimierung des Zusammenspiels von Bioenergiesystemen und anderen erneuerbaren Energien
- Analyse bestehender und Entwicklung neuer Integrations- und Vermarktungsmöglichkeiten von Bioenergiesystemen
- Monitoring und Integration von Biogas-Aufbereitungstechnologien
- Entwicklung von biogasgespeisten »Mikrogasnetzen«

## Dienstleistungen und Produkte

- Auftragsforschung: Zu allen Arbeitsgebieten der Abteilung bieten wir die Durchführung von Auftragsforschungsprojekten an
- Auftragsmessungen: Breitentestprogramme und Monitoring für Bioenergiesysteme
- Studien und Consulting: Begleitforschung und Studien zur Integration von Biogasanlagen, Technologiebewertungen, Beratung, Aus- und Weiterbildung

**1** *Laborbiogasanlage zur Prozess- und Messtechnikentwicklung*

**2** *Anlage zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität*



# REGELUNGSTECHNIK UND ENERGIESPEICHER

Die Tätigkeitsfelder der Abteilung umfassen die interdisziplinäre Verbindung der Gebiete Energiewandlung und Regelungstechnik unter Verwendung moderner Methoden der Regelungs- und Systemtechnik. Wichtigste Anwendungsfelder sind die Windenergie- und Meeresenergie- sowie die Energiespeicher-Systemtechnik. Das methodische Spektrum reicht von grundlegenden theoretischen Untersuchungen durch mathematische Modellierung und Simulation über experimentelle Verifikationen und praktische Erprobungen im Labor und im Feld, bis zur Realisierung von Funktionsmustern einschließlich Integration in Anlagen und Systeme.

## Schwerpunkte

Trotz der enormen Erfolge der Windenergienutzung und einer weitgehend ausgereiften Anlagentechnik besteht in der Windenergie-technik noch ein großes technisches Innovations- und Kostensenkungspotenzial. Ziele sind zuverlässige und wartungsarme Windkraftanlagen für den On- und Offshore-Bereich. Dabei verdient die Regelung großer Windparks in den kommenden Jahren eine besondere Aufmerksamkeit.

Technologien zur Nutzung maritimer Energiequellen stehen noch ganz am Anfang. Interessant erscheinen vor allem Meeresströmungsturbinen. Trotz vieler Parallelen zur Windenergie sind noch viele technische Probleme zu lösen. Das gilt auch für andere Techniken zur Nutzung der Meeresenergie.

In vielen Bereichen der Nutzung erneuerbarer Energien spielen Speicher eine große Rolle. Im Rahmen der Elektromobilität wird ihnen sogar eine Schlüsselrolle zugewiesen. Dabei kann die Energiespeichersystemtechnik helfen, neue technische Möglichkeiten zu erschließen, Wirkungsgrade und Umweltverträglichkeit zu verbessern, sowie Kosten zu reduzieren.

## FuE-Themen

- Neue Regelungsverfahren zur Reduktion der mechanischen Belastungen in großen Windkraftanlagen und Windparks
- Zustandsdiagnose- und Fehlerprognosesysteme für Windkraftanlagen und Windparks
- Entwicklung mathematischer Modelle und virtueller Systeme für Windenergie-, Meeresenergie- und Speichertechnik

- Regelungs- und Systemtechnik für Meeresenergienutzung
- Systemtechnik elektrischer Energiespeicher und neuer Energiewandler

## Dienstleistungen und Produkte

- ISET-LAB und ISET-LIB: Software zur Simulation von Blei-Säure- und Lithium-Ionen-Batterien für vorindustrielle und industrielle Forschung in verschiedenen Simulationsumgebungen
- Virtual Battery: Hardware-Simulation des Klemmenverhaltens von Bleibatterien oder Lithium-Ionen-Batterien mit der Echtzeitvariante von ISET-LAB und ISET-LIB
- Alternative Power Library: Universelle Modellbibliothek für die Simulation dezentraler Energieversorgungssysteme
- Virtual Wind Turbine: Software zur HIL-Simulation (Hardware in the loop) von Windkraftanlagen in Versuchs- und Testeinrichtungen
- Wind Turbine Control Designer: Software zur Entwicklung von Regelungssystemen für große Windkraftanlagen
- Auftragsforschung zu allen Arbeitsgebieten der Abteilung

1 Teststand für Blattverstellungssysteme in Windenergieanlagen

2 Virtuelle Batterie im Bordnetz eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor

# HIGHLIGHTS AUS DER FORSCHUNG



# ROTORBLATTPRÜFUNG IN NEUER DIMENSION



NEUE DESIGN- ODER MATERIALVARIANTEN VON ROTORBLÄTTERN WERDEN VOR DER SERIENFERTIGUNG GETESTET UND ALS VORBEREITUNG AUF DIE ZERTIFIZIERUNG GEGEBENENFALLS OPTIMIERT. EIN PRÜFSTAND FÜR BLATTLÄNGEN BIS 70-METER LÄNGE IST SEIT 2009 IN BETRIEB. AUFGRUND DER GUTEN AUSLASTUNG WIRD IM FRÜHJAHR 2011 EIN WEITERER PRÜFSTAND ERÖFFNET, IN DEM BIS ZU 90-METER LANGE ROTORBLÄTTER GEPRÜFT WERDEN KÖNNEN.

Herzstück des 90-Meter Prüfstands ist ein kippbarer Einspannblock von 1000 Tonnen Gewicht, der sehr großen Lasten ausgesetzt ist. Der 14 x 12 x 12,5 Meter große Stahlkoloss, positioniert auf einem Spezialfundament, fixiert Rotorblätter bei der Prüfung. Da er einen Neigungswinkel bis zu 20° einnehmen kann, lässt sich auch die Spitze von sehr großen Blättern vollständig durchbiegen. Die Möglichkeit, den Kippblock zu Befestigung des Rotorblatts senkrecht zu fahren, beschleunigt den Testaufbau und bietet große Flexibilität durch eine mögliche Anpassung des Rotorblattwinkels auch während des Tests. Während des statischen Tests wird er kontinuierlich hydraulisch gekippt, gleichzeitig werden auf das Rotorblatt Belastungen über Seile aufgetragen.

---

### Statische Prüfung

---

Der Flansch des Rotorblatts wird in einen Stahlbetonblock eingespannt. Die statische Belastung wird in einer vertikalen Abwärtsbewegung über hydraulische Zylinder an mehreren Punkten aufgebracht. Über Kraftmessdosen zwischen Rotorblatt und Belastungsseil wird die Kraftaufbringung in den einzelnen Zylindern kontrolliert. Diese Methode ermöglicht eine sehr genaue Kontrolle der Belastungen und der entsprechenden Verformung des Blatts während des gesamten Testablaufs.

---

### Zyklische Prüfung

---

Die millionenfachen Lastwechsel mit unterschiedlichen Amplituden, die während der normalerweise 20-jährigen Lebensdauer des Blattes auftreten, werden in einem verkürzten Testzeitraum durch Lastwechsel konstanter Amplitude nach-

gebildet. Hierzu wird das Rotorblatt in seiner Eigenfrequenz entweder in Schlag- oder in Schwenkrichtung angeregt. Die bi-axiale Prüfung erlaubt auch die parallele Anregung in beide Richtungen. Dabei werden Lasten über einen einzigen hydraulischen Zylinder im mittleren Bereich des Rotorblatts aufgetragen.

Bei dynamischen Ermüdungstests kann das Rotorblatt sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung belastet werden. Die unterschiedliche Verteilung des Biegemoments entlang des Rotorblatts kann durch die Veränderung von Zusatzmassen oder eine leichte Variation der Testfrequenz angepasst werden. Bei dynamischen Tests in Eigenfrequenz reduziert sich der Energiebedarf im Vergleich zu quasi-statischen Ermüdungstests erheblich. Das Fraunhofer IWES hat neue Methoden für bi-axiale Ermüdungstests von Rotorblättern entwickelt, die eine simultane Belastung in Schlag- und Schwenkrichtung ermöglichen. Mit dieser zeit- und kostensparenden Prüfmethode kann eine realistischere Belastungssituation erzeugt werden.

---

### Wettbewerbsfähigkeit durch Qualität

---

Für die zweite Rotorblatt-Testhalle des Fraunhofer IWES wurde eine Investitionssumme von 11 Millionen Euro aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Bremen aufgebracht. Die im Testzentrum geleistete Qualitätssicherung soll dazu beitragen, Entwicklungen im Bereich Rotorblatt nachhaltiger zu gestalten und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Windenergieindustrie zu stärken.

*Das Herzstück der neuen 90-Meter-Prüfhalle für Rotorblätter ist der 1000 Tonnen schwere kippbare Einspannblock.*

↳ Dr. Arno van Wingerde,  
arno.van.wingerde@iwes.fraunhofer.de

# PRÜFVERFAHREN FÜR OFFSHORE- MATERIALIEN



DIE ERGEBNISSE MEHRJÄHRIGER MATERIALTESTS AN AUSLAGERUNGSSTANDORTEN UNTERSTÜTZEN DIE ENTWICKLUNG UND VALIDIERUNG NEUER PRÜFVERFAHREN FÜR OFFSHORE-MATERIALIEN. DIE FELDVERSUCHE SIND SO ANGELEGT, DASS SIE EIN MÖGLICHSST BREITES SPEKTRUM POTENZIELLER ANWENDUNGSSTANDORTE MIT JEWEILS SPEZIFISCHEM BELASTUNGSPOTENZIAL ABDECKEN. AB 2011 ERWEITERT EINE OFFSHORE-TESTKAMMER, DIE MECHANISCHE UND KLIMATISCHE VERHÄLTNISSE ZEITGLEICH SIMULIERT, DAS PRÜFSPEKTRUM.

Durch den stetigen Ausbau von Offshore-Windparks in größeren Wassertiefen spielt die technische Zuverlässigkeit und damit auch die Funktionssicherheit der eingesetzten Technik eine immer entscheidendere Rolle. Trotz hoher dynamischer Beanspruchungen aus kombinierten Belastungen durch Anlagenbetrieb, Wind und Wellen bei unregelmäßigem Seegang sowie umweltbedingten Faktoren wie Wasser, Salz, verstärkter UV-Einstrahlung und meeresbiologischen Einflüssen muss die technische Zuverlässigkeit der Systeme zwingend gewährleistet sein.

---

### **Kombination mechanischer und klimatischer Lasten**

---

Im Dezember 2008 wurden über 30 Stahlbleche mit verschiedenen Sensorproben im Wechselwasserbereich (Tidenzone) auf Helgoland ausgebracht. Mindestens zweimal pro Jahr werden sie geborgen und im Labor auf Schädigungen untersucht. Um einen Teil der Sensoren über eine UMTS-Verbindung jederzeit auf Funktion und Abweichungen vom erwarteten Verhalten überprüfen zu können, wurde ein Echtzeit-Messsystem auf der Westmole installiert. Weitere Sensorproben wurden im April 2009 an einem Auslagerungsgestell am Leuchtturm »Alte Weser« und Ende 2009 im Hafenbecken von Hörnum auf Sylt ausgebracht.

Die Kombination der Einflussfaktoren auf See summiert sich zu einem komplexen Lastkollektiv, das am Fraunhofer IWES durch eine Kombination von Untersuchungen im Labor und an Offshore-Auslagerungsstandorten simuliert wird. Während im Labor beschleunigte Alterungsverfahren entwickelt werden, dienen die Offshore-Auslagerungen weiterhin der Validierung neuer Prüfmethode. Die Einwirkung von mechanischen

Lasten, Salzsprühnebel, Temperaturwechsel und UV-Belastung auf die Alterung von Materialien lassen sich durch zahlreiche Testverfahren bestimmen. Kombinationen dieser Belastungen können jedoch zu stark abweichenden Ergebnissen bei der Bewertung der Zuverlässigkeit des Systems führen. Spezielle Testverfahren mit kombinierten Lasten für die Offshore-Windindustrie fehlten bislang und stehen auch in der Öl- und Gasindustrie noch am Anfang.

---

### **Reproduzierbares Lastenkollektiv**

---

In einer speziellen Offshore-Testkammer, die im Fraunhofer IWES entwickelt wurde, werden erstmals die im Offshore-Betrieb auftretenden mechanischen und klimatischen Verhältnisse an Windenergieanlagen zeitgleich simuliert. Auf diese Weise sind Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit der getesteten Systeme sowie auf ihre Lebensdauer möglich. Der entscheidende Vorteil der Laborbewitterung ist die einfache und schnelle Durchführung, sowie die wesentlich einfachere Wiederholbarkeit und exakte Reproduzierbarkeit der Ergebnisse im Gegensatz zur Freibewitterung. Nach Abgleich zeitraffender Prüfungen können Aussagen zur Langlebigkeit (»Lebensdauer«) getroffen werden. Auch die Kombinierbarkeit unterschiedlicher Lasten zur Filterung von besonderen »Problemlasten« ist kontrolliert möglich.

# INSTANDHALTUNGSSTRATEGIEN FÜR OFFSHORE-WINDENERGIEANLAGEN



NEUE ANLAGENMODELLE MIT MEIST GRÖßERER NENNLEISTUNG UND/ODER GESTEIGERTEM ROTORDURCHMESSER BZW. NABENHÖHE ERSCHEINEN IM JAHRESRHYTHMUS AUF DEM MARKT. DIESES INNOVATIONSTEMPO GEHT ALLERDINGS NICHT SELTEN ZULASTEN VON BETRIEBS- UND INSTANDHALTUNGSKONZEPTEN. WÄHREND DIE PERFORMANCE UND EFFIZIENZ DER ANLAGEN KONTINUIERLICH VERBESSERT WURDEN, BESTEHT BEI DER ZUVERLÄSSIGKEIT UND INSTANDHALTUNG NOCH ERHEBLICHER OPTIMIERUNGSBEDARF.

Moderne Windenergieanlagen erreichen eine technische Verfügbarkeit von etwa 98 Prozent, doch eine Vielzahl ungeplanter Ausfälle sorgt für einen enormen Instandhaltungsaufwand und somit hohe Kosten. Mit dem Breitentestprogramm »250 MW Wind« und der Begleitmaßnahme »Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm« (WMEP) hat das ISET (inzwischen aufgegangen im Fraunhofer IWES) im Zeitraum 1989 bis 2006 ca. 1500 Windenergieanlagen untersucht. Anhand des WMEP-Datenpools lassen sich tendenziell zwei Ausfallszenarien ausmachen: Szenario 1 beinhaltet Fehler, die zwar häufig auftreten, sich jedoch innerhalb von ein bis zwei Tagen beheben lassen – dazu zählen insbesondere elektrische und elektronische Komponenten sowie Regelung und Sensorik. Szenario 2 registriert Ausfälle, die nur selten auftreten, jedoch eine Ausfallzeit von mehreren Tagen verursachen – betroffen sind hierbei insbesondere große mechanische Komponenten wie beispielsweise das Getriebe.

### 95 Prozent Ausfallzeit durch schwere Fehler

Bei der Onshore-Windenergienutzung zählen ungefähr 75 Prozent aller Fehler zur Gruppe 1. Der Anteil dieser Fehler an der jährlichen Ausfallzeit beträgt jedoch lediglich 5 Prozent. Das bedeutet, dass seltene aber schwerwiegende Fehler 95 Prozent der unproduktiven Ausfallzeiten verursachen. Durch geeignete Zustandserfassung mittels Condition Monitoring-Systemen oder Structural Health Monitoring-Systemen sollen Schäden rechtzeitig detektiert werden, um diese folgenschweren Fehler zu vermeiden. Grundvoraussetzung hierfür sind jedoch zuverlässige Monitoringsysteme.

*G geplante Instandsetzungsmaßnahmen sollen akute Reparaturen ersetzen.*

### Offshore-Erfahrungen für optimierte Labortests

Sensoren sind das Herzstück der zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie. Beim Offshore-Einsatz müssen sie vor den extremen Umweltbedingungen und mechanischer Beschädigung geschützt werden, um Materialalterung über einen Zeitraum von zwanzig Jahren verlässlich zu erfassen. Die Applikation von Sensoren an Großstrukturen, wie Gründungsstrukturen von Windenergieanlagen, erfolgt bereits während des Fertigungs- und Montageprozesses an Land. An Auslagerungsstandorten in der Nordsee testet das Fraunhofer IWES unterschiedliche Abdeckmaterialien und Applikationsverfahren. Sind die Mechanismen des Materialversagens bekannt, lassen sich wirkungsvolle Gegenmaßnahmen einleiten und neue Laborprüfverfahren für Offshore-Materialien und Applikationen etablieren.

Statistisch relevante Daten bilden das Herzstück der zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltungsstrategie. Dieser Ansatz basiert auf Analysen empirischer Instandhaltungs- und Betriebsdaten und erfordert die systematische Datenerfassung möglichst vieler Windenergieanlagen. Gemeinsam mit Herstellern und Betreibern erarbeitet das Fraunhofer IWES einen Datenpool zur Offshore-Windenergienutzung.

Zur Steigerung der Zuverlässigkeit von Windenergieanlagen kombiniert das Fraunhofer IWES zustandsorientierte und zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltungsstrategien. Beide Überwachungsmethoden haben ihre Stärken für die frühzeitige Erfassung von Materialfehlern zur effizienten Planung von Instandhaltungsmaßnahmen. Außerdem werden konstruktive und organisatorische Schwachstellen quantifizierbar, so dass eine Prioritätenliste der erforderlichen Maßnahmen festgelegt werden kann.

↳ Stefan Faulstich, stefan.faulstich@iwes.fraunhofer.de

↳ Dr. Holger Huhn, holger.huhn@iwes.fraunhofer.de

# DESIGNOPTIMIERUNG VON JACKET-STRUKTUREN DURCH SIMULATION



DIE WINDENERGIEANLAGENGRÖSSE FÜR OFFSHORE-STANDORTE STEIGT UND INSTALLATIONEN WERDEN IN IMMER GRÖßEREN WASSERTIEFEN VORGENOMMEN. MONOPILES UND SCHWERKRAFTFUNDAMENTE GERATEN UNTER DIESEN EINSATZBEDINGUNGEN AN IHRE WIRTSCHAFTLICHEN GRENZEN. VERZWEIGTE GRÜNDUNGSTRUKTUREN KONNTEN IN ERSTEN PROTOTYPEN-TESTS ÜBERZEUGEN. PARALLEL ZUR ENTWICKLUNG UND ETABLIERUNG NEUER GRÜNDUNGSSTRUKTUR-TYPEN MÜSSEN AUCH DIE ENTSPRECHENDEN SIMULATIONSWERKZEUGE WEITER-ENTWICKELT WERDEN.

Eine exakte numerische Modellierung ist ein wichtiger Faktor für den weiteren Ausbau von Offshore-Windenergie: Durch optimierte Dimensionierung und lastengenaue Auslegung wird der Materialeinsatz effizienter und die Investitionssicherheit verbessert sich. Verzweigte Tragstrukturen zeichnen sich durch eine geringe Masse und eine hohe Steifigkeit aus. Auch daher sind sie im Bereich Offshore-Windenergie auf dem Vormarsch. Die Struktur für Tripod, Jacket und Tripile ist – vereinfacht gesagt – aus Stahlrohren aufgebaut, die an den Schnittstellen der Rohren (Knoten) verschweißt sind oder gegossene Verbindungselemente haben.

---

### **Herausforderung durch neue Designs**

---

So genannte aero-hydro-servo-elastische Ansätze betrachten die Lasten durch Wind und Wellen, aber auch die Anlagenregelung, die elastische Struktur der Anlage sowie die Interaktionen zwischen allen Subsystemen. Etablierte Simulationswerkzeuge eignen sich gut, um die Lastensituation an schlanken Rohren abzubilden, für die Knoten sind sie jedoch weniger genau. Die Lastenverteilung an Gussknoten lässt sich erst durch einen Finite-Elemente-Ansatz realistisch abbilden.

---

### **Exaktere Lastenrechnung für Gussknoten**

---

Durch »code-to-code«-Vergleiche werden die Systeme verifiziert und für eine exaktere Lastenprognose weiterentwickelt – aktuell im Projekt OC4 mit Partnern wie Risø, GE, NREL, Acciona, UMB, Marintek, IFE, NTNU, der Universität Hannover, ForWind, Principle Power und der Technischen Universität Delft, CENER, TBD, APIA XXI, POSTECH INHA und Garrad

Hassan. Als Model dient in diesem Projekt eine 5-MW-Anlage des Projektpartners NREL, sowie eine im EU-Projekt Upwind entwickelte Jacket-Struktur. Die Vergleichslastfälle wurden vom Fraunhofer IWES definiert. Durch den Vergleich der Simulationsergebnisse von Lastenrechnungen, die verschiedenste Bedingungen variieren, werden Unstimmigkeiten und etwaige Fehler in den Modellen aufgedeckt und korrigiert.

---

### **Erweiterung der Software ADCoS Offshore**

---

Bisher nutzte ADCoS-Offshore Balkenelemente für die Modellierung die Simulationssoftware von Tragstrukturen. Dieser Ansatz lässt jedoch die lokale Nachgiebigkeit der Verbindungselemente außer Acht, was zu weniger exakten Simulationsergebnissen führt. Häufig sind gerade diese Verbindungselemente aufgrund ihres Ermüdungsverhaltens jedoch ein wesentlicher Punkt für Designänderungen. Die am Fraunhofer IWES in Zusammenarbeit mit der Aero Dynamic Consult entwickelte Software ADCoS-Offshore berücksichtigt über den Superelement-Ansatz Knoten mit den gleichen Steifigkeitseigenschaften wie detaillierte Finite Elemente-Modelle. Damit wird die Genauigkeit der Simulation deutlich gesteigert, wobei die Anzahl der Freiheitsgrade in der voll-gekoppelten Simulation nicht erhöht wird.

*Auch Gussknoten von verzweigten Tragstrukturen lassen sich realistisch in Simulationen abbilden.*

↳ Fabian Vorpahl, fabian.vorpahl@iwes.fraunhofer.de

# OPTIMIERTE SIMULATION VON EISLASTEN



DURCH TREIBEIS VERURSACHTE LASTEN SOLLEN FÜR DIE DIMENSIONIERUNG SCHLANKER TRAGSTRUKTUREN NICHT LÄNGER EIN UNBEKANNTER FAKTOR BLEIBEN. DURCH EINE REALISTISCHERE BESTIMMUNG VON EISLASTEN KÖNNEN WENIGER KONSERVATIVE RESERVEFAKTOREN VERWENDET WERDEN, WORAUS SICH EINE SPÜRBARE GEWICHTS- UND KOSTENEINSPARUNG ERGIBT. AM FRAUNHOFER IWES WIRD EINE AERO-HYDRO-SERVO-ELASTISCHE SIMULATIONSSOFTWARE ENTWICKELT, DIE AUCH EIS-RELEVANTE ASPEKTE IN DIE LASTENRECHNUNG INTEGRIERT.

Die Sprache der Inuit kennt nicht nur 100 Worte für Schnee, auch Treibeis tritt in vielfältigen Erscheinungsformen auf. Die Historie von Verfestigung und Tauen des Eises, Strömungsverhältnisse während der Entstehung sowie die Geometrie der Gründungsstruktur auf Höhe der Wasserlinie sind entscheidend für das spätere Bruchverhalten. Durch die Entwicklung und Verifikation ganzheitlicher numerischer und experimenteller Modelle soll die Dynamik der Eis-Struktur-Interaktion erstmals realistisch und vergleichbar abgebildet werden. Solche Modelle können der Erschließung Meereis-gefährdeter Gebiete mit günstigen Windverhältnissen wie Schweden, Finnland, die baltischen Staaten sowie Deutschland fördern.

### Software berücksichtigt Eis-Struktur-Interaktion

Forscher des »Technical Research Centre of Finland« (VTT) bringen hierzu Daten von Untersuchungen der Eis-Struktur-Interaktion verschiedener Großausführungen in das Projekt ein. Die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt wird die Skalierbarkeit von schlanken Strukturen und Eis untersuchen und diese anschließend mit Hilfe von Modellversuchen im hauseigenen Eistank verifizieren. Die Forscher des Fraunhofer IWES erweitern ihre Simulations-Software OnWind um Eismodelle und Strukturen, für die Daten der Eis-Struktur-Interaktionen vorliegen.

### Vergleich numerischer und experimenteller Daten

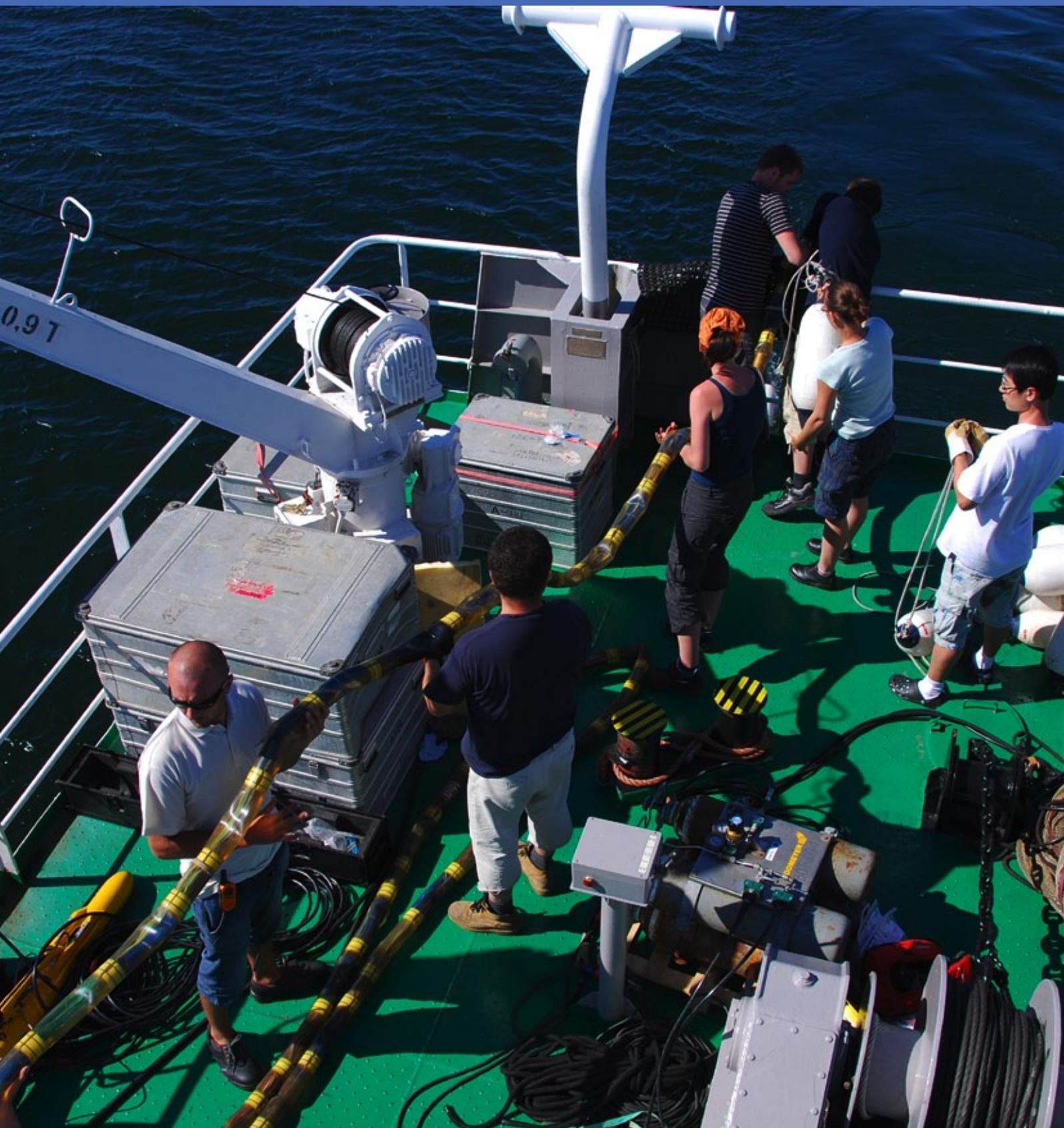
Diese Modelle werden in der Modellierungssprache MODELICA implementiert. Mit den Eismodellen können statische und dynamische Lasten generiert werden, welche eine Vielzahl der möglichen Versagensmechanismen von Eis abbilden. Die Ergebnisse aus den numerischen Untersuchungen werden im Anschluss mit den Ergebnissen aus den experimentellen und Großausführungs-Untersuchungen verglichen. Mit den hieraus gewonnenen Erkenntnissen soll die Möglichkeit geschaffen werden, neue Strukturen für Meereis gefährdete Gebiete mithilfe numerischer Simulationen und Modellversuchen realistisch zu bewerten, ohne Großversuche durchführen zu müssen.

Der Zustand des Eises sowie seine mechanischen Eigenschaften müssen in verschiedenen Erscheinungsformen berücksichtigt werden. Dafür wurden zahlreiche Lastszenarien für statische und dynamische Lasten durchgerechnet. Hierzu wurden statische Modelle von Korshivan und Ralston verwendet. Diese können in einem nächsten Schritt erweitert werden und dann ebenfalls dynamische Situationen abbilden, die für Offshore-Windenergieanlagen typischer sind. Das dynamische Modell wurde in Anlehnung an die Theorie von Määttänen implementiert, bei dem die Bewegung des Eises und des Eis-Kontaktbereiches der Struktur zueinander berücksichtigt wird.

*Die Berechnung von Lastenszenarien berücksichtigt den Zustand des Eises sowie seine mechanischen Eigenschaften.*

↳ Michael Strobel, michael.strobel@iwes.fraunhofer.de  
↳ Sebastian Hetmanczyk, sebastian.hetmanczyk@iwes.fraunhofer.de

# STANDORTBEWERTUNG AUF BASIS GEOPHYSIKALISCHER VERMESSUNGEN



STANDORTERKUNDUNG UND BAUGRUNDCHARAKTERISIERUNG HABEN EINEN BEDEUTENDEN ANTEIL AN DER PLANUNG UND ERRICHTUNG VON OFFSHORE-WINDENERGIEANLAGEN (OWEA). SICHERE UND AUSREICHEND DIMENSIONIERTE GRÜNDUNGEN GEWÄHRLEISTEN STANDSICHERHEIT, GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT UND LEBENSDAUER DER ANLAGEN. IM OFFSHORE-BEREICH HABEN GRÜNDUNGSARBEITEN EINEN VERGLEICHSWEISE GROSSEN ANTEIL AN DEN GESAMTKOSTEN. DETAILLIERTE STANDORTKENNTNISSE KÖNNEN DABEI HELFEN, GRÜNDUNGSKONSTRUKTIONEN ZU OPTIMIEREN UND ERSCHLIESSUNGSKOSTEN ZU REDUZIEREN.

---

### Vernetzte Methoden

---

Das Fraunhofer IWES erstellt umfassende Planungsgrundlagen für komplette Offshore-Windparks und einzelne OWEA-Standorte. Dafür werden moderne geophysikalische Feldmethoden mit den Ergebnissen von punktuellen Aufschlussmethoden (z.B. Bohrungen) und den Ergebnissen einer Computermodellanalyse verknüpft. Auf diese Weise lassen sich die zyklischen Belastungen für Gründungen und Baugrund detailliert simulieren und bei der Planung angemessen berücksichtigen. Dieser Ansatz ermöglicht die Reduzierung kostenintensiver Aufschlüsse und erlaubt die Wahl eines lokal spezifischen und schlanken Fundamentdesigns. So wird bei der Planung die Prognosequalität verbessert, maximale Flexibilität erreicht und Kosteneinsparpotential erschlossen.

---

### Seismik

---

Das Fraunhofer IWES verfügt über ein neuentwickeltes mehrkanalseismisches Messsystem, das speziell für die akustische Datenerfassung in flachmarinen Gewässern ausgelegt wurde. Mit diesem lassen sich hochauflösende Daten gewinnen, die eine detaillierte Darstellung der Untergrundstruktur und die Erstellung von Bodenmodellen zur Stützung geotechnischer Sondierungen ermöglichen. Das System besteht im Wesentlichen aus einer Schallquelle und einer Registriereinheit, die die reflektierten Schallsignale aufzeichnet. Die Signale werden zunächst getrennt von 60 einzelnen Hydrophonen in einem mit einer Spezialflüssigkeit gefüllten Schlauch (Streamer) empfangen, in elektrische Spannungen umgewandelt und direkt vor Ort in einen digitalen Datenstrom integriert. Dieses Streamerdesign gewährleistet in Verbindung mit einer volldigitalen Messtechnik eine hohe Signalüberdeckung und ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis bei gleichzeitig großer

*Die reflektierten Schallsignale werden von insgesamt 60 Hydrophonen innerhalb des Streamers registriert.*

horizontaler Auflösung. Sehr hohe Sampleraten von bis zu 16 kHz ermöglichen Messungen in einem breiten Frequenzbereich und erlauben somit die Verwendung unterschiedlichster seismischer Quellen. In Abhängigkeit von der verwendeten Signalquelle können Strukturinformationen mit einer vertikalen Auflösung von teils besser als einem Meter aus Sedimenttiefen von mehreren 100 Metern gewonnen werden. Im November 2010 wurde das vollständige Messsystem einem ausführlichen Praxistest unterzogen – in diesem Rahmen konnte das System seine Leistungsfähigkeit, auch unter anspruchsvollen Einsatzbedingungen, erfolgreich unter Beweis stellen.

---

### Punktuelle Aufschlussmethoden und Laboruntersuchungen von Bohrkernen

---

Bemessungsrelevante Bodenparameter werden durch in-situ Messungen (CPT) mit einer hohen Messgenauigkeit bestimmt. Weitere relevante bodenmechanische Kennwerte werden anhand von Bohrkernen im Labor ermittelt. Um zyklische Materialparameter zu ermitteln, die das dynamische und kumulative Verhalten der Böden beschreiben, werden innovative Bodenprüfverfahren durchgeführt und ständig weiterentwickelt.

---

### Modellierung

---

Die Berücksichtigung realitätsnaher Belastungsszenarien über die Betriebsdauer einer Windenergieanlage gelingt nur, wenn die Auswirkungen zyklischer Lasten auf den Baugrund detailliert erfasst werden. Dynamisch beeinflusste Materialparameter, die das zyklische und kumulative Verhalten der verschiedenen Bodenbereiche kennzeichnen, werden in numerische Berechnungsverfahren eingebunden. Auf dieser Datenbasis wird eine Lebensdauerprognose für die Anlage aus geotechnischer Perspektive erstellt.

↳ Florian Meier, [florian.meier@iwes.fraunhofer.de](mailto:florian.meier@iwes.fraunhofer.de)

↳ Dr. Bernhard Lange, [bernhard.lange@iwes.fraunhofer.de](mailto:bernhard.lange@iwes.fraunhofer.de)

# SEEGANGS- UND STRÖMUNGSMESSUNG



FÜR DAS DESIGN VON OFFSHORE-WINDENERGIEANLAGEN UND MEERESENERGIEANLAGEN IST DIE DETAILLIERTE CHARAKTERISIERUNG DER STRÖMUNGS- UND WELLENVERHÄLTNISSE AUSSCHLAGGEBEND. FÜR PROJEKTPLANER UND INVESTOREN VERMINDERT EINE STANDORTBEWERTUNG MIT GENAUER VORHERSAGE DES ZU ERWARTENDEN ERTRAGS DIE TECHNISCHEN UND FINANZIELLEN RISIKEN. DIE STRÖMUNGSVERHÄLTNISSE UM DIE FUNDAMENTE VON OFFSHORE-WINDENERGIEANLAGEN BESTIMMEN NICHT NUR LASTEN AUF DIE STRUKTUR, SIE VERURSACHEN AUCH SEDIMENTTRANSPORTE IM NAHBEREICH DER STRUKTUR, DIE ZU AUSKOLKUNGEN FÜHREN KÖNNEN.

---

### **Komplexe räumliche und zeitliche Variation**

---

Die genauere Analyse von Strömungsdaten im Rahmen der Entwicklung von Meeresströmungsturbinen zeigt deren komplexe räumliche und zeitliche Variabilität. Die Ursache der Variation der Strömung sind die Einflüsse von Turbulenz, Wellen und Wind auf die mittlere Strömung. In der Folge variiert auch die elektrische Leistung der Anlage stark und es treten hohe dynamische Belastungen an Rotor und Struktur der Anlage auf. Die genaue Analyse des Strömungsfeldes wird durch die zu geringe räumliche und zeitliche Auflösung der heute verwendeten Messtechnik mit ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) begrenzt.

---

### **Hochaufgelöste Strömungsmessung**

---

Forscher am Fraunhofer IWES entwickeln derzeit ein innovatives Messkonzept zur räumlich und zeitlich hochaufgelösten Strömungsmessung auf Grundlage von akustischen Messgeräten. Aus Strömungssensoren wird eine Sensormatrix aufgebaut, die in einer Ebene vor dem Rotor einer Meeresströmungsturbine die komplexe Struktur der Strömung erfassen kann. Die Vermessung des zeitlich und räumlich hochaufgelösten Strömungsfeldes in der unmittelbaren Nähe eines Fundaments einer Offshore-Windenergieanlage ermöglicht die detaillierte Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Struktur und Strömung und der dadurch hervorgerufenen Sedimenttransporte.

---

### **Erste Messergebnisse**

---

In der Wesermündung vor Bremerhaven wurden 2010 erste Tests für die Entwicklung des Messverfahrens durchgeführt. Zwischen einer in sieben Metern Tiefe liegenden Verankerung und einem Auftriebskörper wurden dazu Strömungsmessgeräte an einer Stahlseilverankerung befestigt. Dabei war ein Strömungsmesser senkrecht an der Verankerungsleine montiert, der andere war waagrecht angebracht. Beide verfügen über drei Messstrahlen, die kombiniert Auskunft über Richtung und Geschwindigkeit der Wasserströmung geben. Ziel der Messungen war neben dem Test der Messmethode auch die Validierung des am IWES entwickelten Simulationsmodells für das Verhalten der Messkette.

Nach einer weiteren Optimierung soll das Messverfahren in einer Demonstrationmessung vor einer Meeresenergieanlage erstmalig eingesetzt werden. Der Vergleich mit den Leistungs- und Lastmessungen der Anlage kann die Vorteile der neuen Messtechnik aufzeigen.

*Zwei Messgeräte vom Typ »Aquadopp« ermitteln Richtung und Geschwindigkeit der Strömung.*

↳ Dr. Bernhard Lange, [bernhard.lange@iwes.fraunhofer.de](mailto:bernhard.lange@iwes.fraunhofer.de)

# CHARAKTERISIERUNG VON STANDORT- BEDINGUNGEN



**DIE ERSCHLIESSUNG NEUER STANDORTE FÜR DIE WINDENERGIENUTZUNG IM BINNENLAND UND OFFSHORE ERFORDERT EINE DETAILLIERTE CHARAKTERISIERUNG DER VORHERRSCHENDEN UMWELTBEDINGUNGEN. DAS FRAUNHOFER IWES ENTWICKELT DAFÜR INNOVATIVE MESS- UND ANALYSEMETHODEN.**

Die genaue Kenntnis der Umweltbedingungen ist unabdingbar für das Design einer Windenergieanlage oder den Erfolg eines Windparkprojekts. Für ein optimiertes Anlagendesign ist detailliertes Wissen über die Eigenschaften des Windes und anderer Standortbedingungen im Zusammenspiel mit der Anlage erforderlich. Hersteller von Anlagen, Tragstrukturen oder Komponenten brauchen daher exakte und hochaufgelöste Messungen und Modelle der Umweltbedingungen. Der Ertrag eines Windparkprojekts hängt in erster Linie von den herrschenden Windverhältnissen ab. Abgesehen davon ist der Wind – zusammen mit anderen Umweltbedingungen – aber auch verantwortlich für die Belastung und damit die Lebensdauer der Anlagen. Auch für viele andere Fragen der Planung und des Betriebs von Windparks sind die Umweltbedingungen für Windparkplaner und -betreiber, Genehmigungsbehörden, Zertifizierer, Investoren und Versicherungen entscheidend, z. B. im Hinblick auf die wetterbedingte Erreichbarkeit von Offshore-Windparks für Wartung und Reparatur.

**Windparks an Land**

An Land und insbesondere im Binnenland werden immer höhere Windenergieanlagen gebaut, inzwischen auch immer häufiger in bewaldetem, hügeligen Gelände. Daraus ergeben sich Forschungsfragen: Wie groß ist das Potential für die Windenergienutzung im Binnenland? Wie können die Windressourcen an einem Standort ausreichend genau bestimmt werden? Welche standortangepassten Lastannahmen sollen für das Anlagendesign verwendet werden? Zur Beantwortung dieser Fragestellungen soll in Kürze ein 200 Meter hoher meteorologischer Messmast in der Nähe von Kassel errichtet werden. Zusätzlich setzen Forscher des Fraunhofer IWES LIDAR-Systeme (lasergestützte Windgeschwindigkeitsmessung) ein, um Windgeschwindigkeiten bis in 200 Meter Höhe vom

Boden aus zu messen. Ziel ist die Entwicklung von exakteren Methoden für die Ressourcenbestimmung für Anlagen mit großen Höhen, die in bewaldetem, hügeligen Gelände stehen. Außerdem sollen Windprofil und Turbulenz an solchen Standorten bis in große Höhen charakterisiert werden, um bessere Annahmen für die designbestimmenden Lasten der Windenergieanlagen machen zu können.

**Offshore-Windparks**

Für Offshore-Windparks liegen nur begrenzte Erfahrungen über die Umweltbedingungen an unterschiedlichen Standorten vor. Für Planung, Bau und Betrieb von Offshore Windparks werden relevante Umweltbedingungen mit neuen Methoden charakterisiert und bewertet. Die Vermessung der Windgeschwindigkeiten in den Höhen der Windenergieanlagen ist an Offshore-Standorten bisher extrem aufwändig, da sie die Errichtung von Messmasten oder Plattformen voraussetzt. Die Experten für Offshore-Standortbewertung arbeiten aktuell daran, LIDAR-Messungen vom Schiff aus zu ermöglichen. Dieses Verfahren wäre erheblich einfacher und kostengünstiger. Außerdem wird ein Messsystem entwickelt, das eine hochaufgelöste Vermessung der Meeresströmung ermöglichen soll.

Die gewaltigen Lasten, die auf eine Windenergieanlage einwirken, müssen letztlich in den Boden abgeleitet werden. Eine genaue Charakterisierung des Bodens als Baugrund ist daher für das Design der Gründung unumgänglich. Derzeit wird eine Methode entwickelt, um aus der Kombination von seismischer Vermessung und in-situ Beprobung des Meeresbodens ein 3-dimensionales Bodenmodell zu erhalten. Dieses Vorgehen kann die Sicherheit der Baugrunderkundung erheblich verbessern.

*Einsatz von LIDAR-Messgeräten zur Charakterisierung von Windprofilen*

↳ Dr. Bernhard Lange, [bernhard.lange@iwes.fraunhofer.de](mailto:bernhard.lange@iwes.fraunhofer.de)

# REGELUNG VON WINDENERGIEANLAGEN UND WINDPARKS



# INNOVATIVE REGELUNGSSYSTEME FÜR WINDENERGIEANLAGEN TRAGEN ZUR LASTREDUKTION UND ZUR ERHÖHUNG DER BETRIEBSSICHERHEIT BEI. WINDPARK-REGELUNGSSYSTEME SORGEN FÜR STABILITÄT UND ERLEICHTERN DIE NETZINTEGRATION.

Moderne Windenergieanlagen erreichen eine Höhe von 200 Metern. Mit der Höhe und mit dem Rotordurchmesser nehmen die strukturellen Belastungen der Anlagen enorm zu. Moderne Regelungssysteme begrenzen und reduzieren Extrem- und Betriebslasten. Auch die Netzintegration großer Windparks verlangt hoch entwickelte Regelungssysteme.

## Regelungssysteme zur Lastreduktion

Bei der aktiven Lastreduktion über Einzelblattverstellung lassen sich zwei Ziele unterscheiden: die Reduktion periodischer Anregungen aus der unsymmetrischen Anströmung und die Dämpfung der Eigenschwingungen durch kontrollierte Erzeugung aerodynamischer Gegenkräfte. Zum ersten Ziel gehört die Nick- und Giermomentkompensation, bei der diese Momente gemessen und durch Einzelblattverstellung kompensiert werden. Dabei wird für jedes Rotorblatt ein kleiner individueller Offset zum kollektiven Pitchwinkel vorgeben, der zyklisch mit den Rotorumdrehungen variiert. Zum zweiten Ziel gehört die aktive Turmschwingungsdämpfung, bei der über individuelle Blattverstellung periodische Komponenten in den aerodynamischen Kräften gegenphasig zur Auslenkungsgeschwindigkeit am Turmkopf erzeugt werden.

Im Fraunhofer IWES wurden in zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten verschiedene Regelungsverfahren zur aktiven Lastreduktion entwickelt, die zurzeit gemeinsam mit Partnern aus der Industrie in Windenergieanlagen der Multi-megawatt Klasse getestet werden.

## Regelungssysteme zur Netzintegration großer Windparks

Ein wichtiger Aspekt der Netzintegration großer Windparks ist ihre Netzverträglichkeit. Um den Anteil der Windenergie in der elektrischen Energieversorgung zu steigern, ohne die Stabilität der elektrischen Netze zu gefährden, müssen sich Windparks, ebenso wie traditionelle Kraftwerke, mehr und mehr an der Stabilisierung und Regelung des Netzes beteiligen. Windpark-Regelungssysteme koordinieren das dynamische Zusammenspiel der einzelnen Anlagen eines Windparks unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen durch gegenseitige Abschattung und unter Beachtung einer Vielzahl weiterer Kriterien. Dies erfordert die Verwendung hoch entwickelter Optimierungsverfahren für multikriterielle Zielfunktionen.

Der Entwurf solcher Regelungssysteme ist mit den zurzeit vorhandenen Entwicklungswerkzeugen kaum zu realisieren. Im Rahmen laufender Projekte werden daher besondere Werkzeuge entwickelt, die den Entwurf von Windparkregelungen beträchtlich erleichtern. Ein Echtzeit-Simulator für Windparks wird einen einfachen Hardware-in-the-loop-Test der neu entwickelten Regelungsalgorithmen erlauben. Bisher wurden für verschiedene Industriepartner Regelungsalgorithmen für die Spannungs- bzw. Blindleistungsregelung großer Windparks entworfen.

# REGELUNG VON MEERESSTRÖMUNGS- TURBINEN UND WELLENENERGIE- KONVERTERN



REGELUNGSSYSTEME FÜR MEERESSTRÖMUNGSTURBINEN UND WINDENERGIEWANDLER WEISEN VIELE PARALLELEN AUF. DIE EXPERTISE IM BEREICH INNOVATIVER REGELUNGSSYSTEME FÜR WINDENERGIEANLAGEN STEHT DAHER AUCH FÜR DIE NUTZUNG DER MEERESENERGIE ZUR VERFÜGUNG.

Fraunhofer IWES befasst sich intensiv mit der Regelung und Betriebsführung von Meeresströmungsturbinen und Wellenenergiekonvertern. Diese Aktivitäten begannen vor einer Dekade mit der Entwicklung der ersten Meeresströmungsturbine der Welt, an der IWES maßgeblich beteiligt war. Von einer hochrangig besetzten Expertengruppe unter Vorsitz des Nobelpreisträgers Theodor Hänsch wurde das Seaflo-Projekt 2007 als eines der wegweisenden Vorhaben des 21. Jahrhunderts ausgewählt.

---

### Meeresströmungsturbinen

---

Die drehzahlvariable 300-kW-Seaflo-Turbine mit Blattverstellung wurde 2003 in der englischen Bristol Bay in Betrieb genommen. Die Anlage wurde einige Jahre sehr erfolgreich getestet, wobei sich das Regelungs- und Betriebsführungssystem als sehr zuverlässig erwiesen hat. Zur Reduktion der Investitionskosten wurde die Doppelrotorturbine Seagen mit einer Leistung von 1,2 MW entwickelt und im Jahr 2009 in Nordirland in Betrieb genommen. Neben den vielen Vorteilen des Doppelrotorkonzepts liegen die Herausforderungen u. a. in der komplexeren Strukturmechanik, die besondere Ansprüche an die Regelung solcher Anlagen stellt. Je nach Drehzahl und Rotorpositionen treten komplizierte, zeitlich veränderliche Biege- und Torsionsmomente in der Quertraverse und im Turm auf. Diese Probleme werden erheblich verstärkt durch die starken zeitlichen und räumlichen Variationen der Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsprofile als Folge von Turbulenz und Seegang. Für den zuverlässigen Betrieb und eine zufriedenstellende Lebensdauer hat das Regelungs- und Betriebsführungssystem daher eine zentrale Bedeutung.

*Meeresströmungsturbine Seagen mit 1,2 MW bei Strangford, Nordirland*

Neben Regelungssystemen für Horizontalachsenturbinen wurden auch Regelungskonzepte für drehzahlvariable Vertikalachsenturbinen entwickelt und in Prototypen implementiert. Im Rahmen eines europäischen Konsortiums wird außerdem ein neues Prinzip zur Nutzung von Meeresströmungen untersucht, das zwar ein periodisch bewegtes, aber kein rotierendes System realisiert. Auch dabei spielen adäquate Regelungskonzepte eine besondere Rolle.

---

### Wellenenergiekonverter

---

Die Meere liefern Energie nicht nur durch Meeresströmungen, die zum Beispiel durch die Gezeiten entstehen. Auch die Energie der Oberflächenwellen kann in vielfältiger Weise durch Wellenenergieumwandler genutzt werden. Für den Entwurf von Triebstranglösungen und Regelungskonzepten werden angepasste mathematische Modelle gebraucht, die für solche Systeme wegen ihrer spezifischen Anforderungen fast immer neu entwickelt werden müssen. Zur Zeit werden im Rahmen eines europäischen Projekts u. a. mathematische Modelle für die Komponenten oszillierender Wellenenergiekonverter entwickelt, die zur Erfassung der Anlagendynamik und damit dem Entwurf der Regelungs- und Betriebsführungssysteme dienen. Ziel des Vorhabens ist der Test einer Modellanlage an der irischen Küste.

Die vielfältigen Konzepte zur Nutzung der Meeresenergie werden besonders im internationalen Rahmen diskutiert. Die internationale Energieagentur IEA hat im Oktober 2001 daher ein Implementing Agreement zu Meeresenergie-technologien initiiert. Im Auftrag des BMU vertritt Fraunhofer IWES die deutschen Interessen in diesem Gremium.

↳ Jochen Bard, jochen.bard@iwes.fraunhofer.de

# INTEGRATION VON BIOENERGIE IN VERSORGUNGSTRUKTUREN



**BIOENERGIE GEWINNT MIT STEIGENDEM ANTEIL AN ERNEUERBAREN ENERGIEN ZUNEHMEND AN BEDEUTUNG. ALS SPEICHERBARE ENERGIEFORM KANN SIE UNVERZICHTBARE AUFGABEN IN EINER ZUKÜNFTIGEN ENERGIEVERSORGUNG ÜBERNEHMEN. DIE SYSTEMTECHNISCHE INTEGRATION ERMÖGLICHT NACHHALTIGE, EFFIZIENTE UND ÖKONOMISCH SINNVOLLE LÖSUNGEN.**

Der Bioenergie, als speicherbare Form der erneuerbaren Energien, kommt in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen eine besondere Rolle zu. Sie kann besonders in elektrischen Netzen als bedarfsgerecht einsetzbare Energieform dazu beitragen, den Ausgleich zwischen Angebot und Bedarf herzustellen. Auch im Wärme- und Kraftstoffsektor kann und muss Bioenergie fossile Energieträger ersetzen. Darüber hinaus stellt Biomasse eine wichtige Ressource zur stofflichen Nutzung dar.

Bei der Ausrichtung der Technologien gilt es, nachhaltige Konzepte zu entwickeln, bei denen Bioenergie mit höchster Effizienz unter Ausnutzung ihrer spezifischen Eigenschaften eingesetzt wird. Denn Biomasse kann weder für die Gesamtheit der Anwendungen noch für eine einzelne Form den Bedarf decken. Es muss auch darauf geachtet werden, dass die Technologien einen gleitenden Übergang von der heutigen fossil dominierten Energieversorgung über ein Mischsystem hin zu einer regenerativen Vollversorgung ermöglichen.

Das Fraunhofer IWES leistet mit systemischer Betrachtung wichtige Beiträge zur Integration von Bioenergie in Versorgungsstrukturen, wobei alle Formen der Bioenergie von der direkten Verstromung über die kombinierte Bereitstellung von Wärme bis hin zur Produktion von Erdgassubstituten und Kraftstoffen umfasst werden.

---

### **Biogas in elektrischen Energieversorgungsstrukturen**

---

In elektrischen Netzen können Biogasanlagen wichtige Ausgleichsfunktionen wahrnehmen. Dies kann auf überregionaler, regionaler und lokaler Ebene erfolgen. Fraunhofer IWES leistet hierzu Beiträge für alle Ebenen. Es wird beispielsweise die

Frage geklärt, welchen Beitrag Biogasanlagen zu einer regenerativen Vollversorgung leisten können und inwieweit ihre Betriebsweise an den Bedarf angepasst werden kann.

Die Divergenz zwischen der mit Biogasanlagen darstellbaren Leistung und Energiemengen sowie dem Bedarf an Ausgleichsenergie verdient unsere besondere Aufmerksamkeit. Das Fraunhofer IWES bearbeitet die gesamte Bandbreite möglicher Ansätze von der Clusterung mehrerer Anlagen über Strom- und Gasnetze bis hin zur Modulation der Einzelanlage durch eine Bedarfsprognose gestützte Beschickungsregelung.

---

### **Biogas-Aufbereitung und -Einspeisung**

---

Mit der Aufbereitung und anschließenden Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz eröffnen sich viele Wege zu einer effizienten Nutzung unter Ausnutzung einer vorhandenen Infrastruktur. Daher soll der Anteil an Biomethan im deutschen Erdgasnetz bis 2020 auf jährlich 60 Mrd. kWh gesteigert werden. Hierzu bedarf es neben technologischer Entwicklungen auch der Konzeption von Geschäftsmodellen. Das IWES beteiligt sich im Rahmen verschiedener Projekte aktiv an beiden Aufgaben. Im technologischen Bereich werden die verschiedenen Aufbereitungstechnologien untersucht und die systemtechnische Integration der Anlage optimiert. Durch ein Marktmonitoring wird der Prozess der Vermarktung von Biomethan beobachtet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen werden Geschäftsmodelle abgeleitet.

*Biogasanlage mit Gasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz.*

↳ Dr. Bernd Krautkremer,  
bernd.krautkremer@iwes.fraunhofer.de

# INTEGRATION VON PHOTOVOLTAIK- SYSTEMEN



**DIE SYSTEMINTEGRATION VON PHOTOVOLTAIKMODULEN UND ANLAGEN UM-  
FASST MEHRERE ASPEKTE. EINERSEITS BIETET DIE INTEGRATION VON PV-MO-  
DULEN IN GEBÄUDEN DIE MÖGLICHKEIT, NEBEN DER STROMERZEUGUNG AUCH  
WEITERE EIGENSCHAFTEN DES MODULS ZU NUTZEN. MULTIFUNKTIONALE PV-  
BAUELEMENTE KÖNNEN DEN WERT DES GEBÄUDES DEUTLICH STEIGERN. ANDE-  
RERSEITS SIND STETIG MEHR ANLAGEN IN DAS ELEKTRISCHE VERTEILNETZ ZU  
INTEGRIEREN. MIT NEUEN REGULINGSSTRATEGIEN KÖNNEN PV-ANLAGEN AUCH  
ZUR AUFRECHTERHALTUNG DER NETZQUALITÄT BEITRAGEN.**

Die Einbeziehung der Multifunktionalität von PV-Modulen führt zu einer neuen Auffassung der Photovoltaik. Sie wird nicht mehr verkörpert durch das »aufs Dach geschraubte« PV-Modul, sondern durch ein Bauelement, das sich vollkommen in die Gebäudehülle einfügt. Es ist das Ziel des Forschungsprojekts MULTIELEMENT, die Anwendbarkeit dieser Eigenschaften zu ermitteln und dadurch die technischen und wirtschaftlichen Potenziale der PV-Bauelemente möglichst vollständig auszuschöpfen.

Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich allein schon dadurch, dass die Stromerzeugung im Dach und in der Fassade die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes deutlich steigert. Die konstruktive Integration weiterer Funktionen verbessert die Wirtschaftlichkeit zusätzlich. Darüber hinaus kann das PV-Modul ästhetische Ansprüche erfüllen, die zu einer weiteren Wertsteigerung beitragen.

### **Vom PV-Modul zum Multielement**

Als Schnittstelle zwischen dem Haus und seiner Umgebung bestimmt die Gebäudehülle in hohem Maß das Wohlbefinden der Bewohner. Sie bietet Schutz vor Wind und Wetter, vor Wärme und Kälte, vor Sonneneinstrahlung und Lärm. Sie soll Elektrosmog abhalten und vor Einbruch schützen.

Das PV-Modul kann viele dieser gewünschten Funktionen erfüllen. Aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften kann das PV-Modul nicht nur Strom erzeugen. Die Abwärme kann auch zur Gebäudeklimatisierung beitragen. Weiterhin besitzen PV-Module je nach Aufbau wärme- und schallisolierende Eigenschaften. Mit semi-transparenten PV-Modulen kann auch die Sonneneinstrahlung im Gebäude reduziert werden. Auf diese Weise ersetzen multifunktionale PV-Module herkömmliche Bauelemente, wie zum Beispiel Dacheindeckungen mit Ziegeln oder Trapezblechen, aber auch Fassadenelemente aus Glas oder Stein.

Neben der Bewertung multifunktionaler Eigenschaften arbeitet das Fraunhofer IWES an Prüfspezifikationen, um das PV-Modul als Bauprodukt zu qualifizieren. Eine einfachere und kostengünstigere Zertifizierung im Rahmen des Baurechts kann der gebäudeintegrierten Photovoltaik zu einer weiteren Verbreitung verhelfen.

### **Netzintegration von Photovoltaikanlagen**

Die Anforderungen an einen sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb müssen auch bei sehr hoher Durchdringung mit Photovoltaikanlagen erfüllt werden. Das Fraunhofer IWES untersucht deshalb Maßnahmen, um lokale Spannungserhöhungen in Verteilnetzen und unzulässig starke Betriebsmittelbelastungen zu reduzieren. Hierdurch können oftmals kapitalintensive Netzausbaumaßnahmen verschoben oder sogar vermieden werden.

Regelbare Photovoltaiksysteme können beispielsweise durch die Bereitstellung von Netzdienstleistungen die Aufnahmefähigkeit von Verteilnetzen erhöhen und so einen wichtigen Beitrag zum sicheren und zuverlässigen Netzbetrieb leisten. Am Fraunhofer IWES werden deshalb die Regelungspotenziale von Photovoltaik- und Photovoltaik-Batterie-Systemen im Verteilnetzbetrieb systematisch untersucht.

In Abstimmung mit Herstellern, Netzbetreibern, Regulatoren und Prüfinstituten ermitteln wir neue Anforderungen für dezentrale Stromerzeuger. Im Exzellenznetzwerk DERlab e.V. werden daraus Vorschläge für neue europäische Prüf- und Zertifizierungsrichtlinien erarbeitet, die bei den Mitgliedsinstituten und in den akkreditierten Prüflaboren des IWES praktisch getestet und umgesetzt werden können.

↳ Dr. Norbert Henze, [norbert.henze@iwes.fraunhofer.de](mailto:norbert.henze@iwes.fraunhofer.de)

↳ Dr. Philipp Strauß, [philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de](mailto:philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de)

# ANALYSEN UND WERKZEUGE ZUR NETZINTEGRATION



DER HOHE ANTEIL DER WINDENERGIEERZEUGUNG STELLT EINE HERAUSFORDERUNG FÜR DIE ZUVERLÄSSIGE UND SICHERE INTEGRATION IN DIE VERSORGNUNGSNETZE DAR. LÄNDER WIE DÄNEMARK, DEUTSCHLAND UND SPANIEN HABEN MIT IHRER VORREITERROLLE GRUNDLAGEN FÜR DIE INTEGRATION DER WINDENERGIE GESCHAFFEN. DIE LÄNDERSPEZIFISCHEN REGELUNGEN UND ANFORDERUNGEN BEZÜGLICH ENERGIEMARKT UND STROMNETZE SIND RANDBEDINGUNGEN, DIE BEI DER ENTWICKLUNG DER ANLAGENTECHNIK UND DER WERKZEUGE ZUR PLANUNG, ÜBERWACHUNG UND STEUERUNG BERÜCKSICHTIGUNG FINDEN MÜSSEN.

Die Integration von mehr als 27 GW Windleistung in Deutschland wäre ohne die Werkzeuge zur Istwert-Bestimmung und zur Prognose der Windenergieeinspeisung nicht möglich gewesen. Das Wind-Power-Management-System (WPMS) des IWES ist ein national und international eingesetztes System zur kurz- bis mittelfristigen Vorhersage der Windstromeinspeisung und wird kontinuierlich weiterentwickelt. Durch die Regelbarkeit von Wirk- und Blindleistung werden im Stromnetz die Frequenz und die Spannung stabil gehalten. Diese Aufgaben werden heute noch von konventionellen Kraftwerken und Netzkomponenten übernommen. Wenn in Zukunft die erneuerbaren Energien und besonders die Windenergie zweitweise die gesamte Netzlast decken, müssen konventionelle Kraftwerke gedrosselt oder abgeschaltet werden und Windparks müssen die erforderlichen Systemdienstleistungen bereitstellen, um das Netz stabil zu fahren. Für diese Aufgaben bei der Netzintegration entwickelte das IWES Werkzeuge wie Istwert- und Prognosemodelle und Systeme zum Management von Windpark-Clustern für die Unterstützung von Spannungs- und Frequenzregelung.

---

### Präzise Prognosen und Istwert-Bestimmung

---

Das WPMS liefert Informationen zur aktuell erzeugten Windenergieeinspeisung, hoch aufgelöste, kontinuierlich erneuerte Prognosen für die nächsten Stunden und den stündlichen Verlauf bis zu vier Tagen im Voraus. Mit Hilfe von aktuellen Messdaten aus dem IWES-Windmessnetz werden Kurzfrist-Prognosen besonders bei Starkwind und Sturmböen verbessert. Die aktuelle Erweiterung des Systems liefert auch Prognosen für die Solarstromeinspeisung. Das System unterstützt die Netzbetreiber bei der Reserve- und Regelleistungsbeschaffung und

dem Netzbetrieb. Windparkbetreiber und Ökostromanbieter können Prognosen über die Internetplattform »Energiefrosch« beziehen, die in Zusammenarbeit mit der Firma micromata entwickelt wurde.

---

### Systemdienstleistungen durch Windpark-Cluster

---

Neben der Vorhersagbarkeit verlangt die fluktuierende Erzeugung einen höheren Anteil an steuerbaren, flexiblen Elementen bei der Windenergieerzeugung. Das am Fraunhofer IWES entwickelte Windpark-Cluster-Management-System (WCMS) fasst einzelne Windparks zu Clustern zusammen und koordiniert diese, wodurch sich Einspeiseeigenschaften realisieren lassen, die mit denen konventioneller Kraftwerke vergleichbar sind. Das WCMS befähigt Windparks, Systemdienstleistungen wie Frequenz- und Spannungsregelung bereit zu stellen und ermöglicht so auch die Teilnahme am Regeleistungsmarkt. Das System ist im Rahmen von mehreren Forschungsvorhaben in Deutschland, Spanien und Portugal erfolgreich getestet worden und wird im nächsten Schritt beim Offshore-Testfeld alpha ventus demonstriert.

# BIDIREKTIONALES ENERGIE- MANAGEMENT



STEIGENDE ANTEILE FLUKTUIERENDER STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEQUELLEN VERURSACHEN ZUNEHMENDEN BEDARF AN ENERGIEMANAGEMENT IM VERTEILNETZ. ZUKÜNFTIG WERDEN SICH DESHALB VERMEHRT KLEINE DEZENTRALE ERZEUGER, SPEICHER UND LASTEN AM AUSGLEICH VON ANGEBOT UND NACHFRAGE BETEILIGEN. DIE GESTALTUNG DER SCHNITTSTELLE ZWISCHEN DEN KOMMUNIKATIONSSYSTEMEN IM ÖFFENTLICHEN UND PRIVATEN NETZBE- REICH SPIELT HIERBEI EINE SCHLÜSSELROLLE.

Die Einbindung der Stromkunden muss dabei eine klare Trennung der Rechtsbereiche sicherstellen. Variable Strompreise bieten dafür ein besonders geeignetes Instrument. Denn einerseits lässt sich die Kundenreaktion auf variable Preise innerhalb eines ausreichend großen Versorgungsgebiets gut prognostizieren, so dass die Tarifvorgabe ein für Netzbetreiber und Energieanbieter verlässliches Instrument darstellt. Andererseits sind variable Preise für den Kunden transparent und stellen einen wirtschaftlichen Anreiz zur Teilnahme am Energiemanagement dar, wobei die Kunden autonom bleiben. Sie können am Energiehandel teilnehmen und zum sicheren und kostengünstigen Betrieb des elektrischen Netzes beitragen.

Für die Akzeptanz ist es außerdem entscheidend, dass die Steuerung der Geräte automatisch und nach den Präferenzen des Stromkunden erfolgt. Außerdem muss der Kunde sich jederzeit über den Systemzustand informieren und in das Management eingreifen können. Diese Funktionen stellt das vom Fraunhofer IWES entwickelte »Bidirektionale Energiemanagement-Interface« (BEMI) bereit, das den variablen Strompreis empfängt und anzeigt sowie die angeschlossenen Geräte steuert.

---

#### **OGEMA Alliance**

---

Um das BEMI für neue Anwendungen zu öffnen, wurde vom Fraunhofer IWES die »Open Gateway Energy Management Alliance« (OGEMA) gegründet. Analog zu bereits erfolgreichen Open-Source-Projekten wie dem Betriebssystem Linux und dem Webbrowser Firefox können alle Beteiligten ihre Ideen – zum Beispiel wie effizientere Energienutzung automatisiert werden kann – in entsprechende Software umsetzen. Ähnlich wie bei den neuen Mobiltelefonen soll dadurch innerhalb

kurzer Zeit eine große Bandbreite an Anwendungen (engl. Application – apps) entstehen. Sie sollen die unterschiedlichsten Bedürfnisse vom Privathaushalt über Supermärkte und kleine Gewerbebetriebe bis hin zu öffentlichen Einrichtungen wie Schulen und Krankenhäusern abdecken.

---

#### **Gateway ermöglicht neue Einsatzfelder**

---

Das Service-Gateway fungiert als Steuerungszentrale im Haus und verbindet die Kommunikationsnetze inner- und außerhalb des Gebäudes. Außerdem ermöglicht es, Anwendungen und Hardwaretreiber unabhängig voneinander zu entwickeln. Das Gateway fungiert zugleich als Firewall zwischen dem privaten Bereich des Kunden einerseits und dem öffentlichen Internet sowie dem Bereich der öffentlichen Energieversorgungsnetze auf der anderen Seite. Es schützt die Daten und verhindert Manipulation von außen.

Darüber hinaus eröffnet OGEMA dem Nutzer zahlreiche weitere Möglichkeiten. Zum Beispiel können einzelne Heizkörper zeitlich so geregelt werden, wie es der Tagesablauf der Kunden verlangt, und der Betrieb von Elektrogeräten kann der Stromerzeugung der eigenen Photovoltaikanlage angepasst werden.

Das Fraunhofer IWES entwickelt gegenwärtig die erste Version der OGEMA-Software, die im Laufe des Jahres 2010 öffentlich auf der Web-Seite der OGEMA-Allianz zum Download angeboten werden soll. Im Rahmen der E-Energy-Projekte Modellstadt Mannheim und Modellregion Harz sowie des europäischen Forschungsprojekts SmartHouse/SmartGrid wird der Einsatz von OGEMA in Feldtests zunächst in über 1500 Haushalten und Gewerbebetrieben erprobt.

# E-ENERGY: MODELLREGIONEN FÜR INTELLIGENTE NETZE



DER ERFOLG DER NEUEN DEZENTRALEN STROMERZEUGER WIE WINDENERGIE- UND BIOGASANLAGEN SOWIE EIN KLEINER, ABER SCHNELL WACHSENDER ANTEIL VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN WIRFT DIE FRAGE AUF, WIE DIE VON IHNEN ERZEUGTE, STETIG WACHSENDE STROMMENGE OPTIMAL GENUTZT UND DIE STABILITÄT DES STROMNETZES GEWÄHRT WERDEN KANN. DEM ELEKTRISCHEN VERSORGUNGSSYSTEM STEHT DESHALB EIN RADIKALER WANDEL BEVOR.

Neben die Stromerzeugung, die sich wie bisher üblich am Verbrauch orientiert, tritt nun erstmals ein Stromverbrauch, der sich an der Erzeugung orientiert. Dies erfordert technische Verbesserungen und intelligente Netze, die im Prinzip jeden Verbraucher in die Lage versetzen, seinen Bedarf dem Angebot anzupassen und die zukünftig variablen Strompreise auszunutzen. Die von der Bundesregierung geförderte E-Energy-Initiative greift diese Herausforderung mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) auf. Das Fraunhofer IWES wirkt in zwei Modellprojekten mit.

#### Modellstadt Mannheim

Das Projekt basiert auf einem intelligenten Stromnetz (Smart Grid) mit vielen dezentralen Stromerzeugern und einer Tarifgestaltung, die sich nach Angebot und Nachfrage richtet, also echte Marktpreise bildet. Ein einfaches, automatisiertes Energiemanagement und neue Energiedienste helfen den Kunden, den Strom effizient und preisgünstig zu nutzen. Außerdem wird ein virtueller »Marktplatz der Energie« geschaffen. Der Kunde kann sich am Stromhandel beteiligen, wenn er Strom erzeugt oder speichert. Er wird dadurch zum »Prosumer«, also zum Teilnehmer, der produziert und konsumiert. Das Energiemanagementsystem »Energiebutler™« unterstützt den Verbraucher, der dafür sorgt, dass ein großer Teil des Strombedarfs im Haushalt automatisch an eine variable Preiskurve angepasst wird. Dieser virtuelle Diener steuert Lasten wie Kühlgeräte und Waschmaschine sowie elektrische Speicher und dezentrale Stromerzeuger. Lastspitzen werden gekappt, und auf zusätzliche Erzeugungs- und Netzkapazitäten kann weitgehend verzichtet werden. Erzeugungsspitzen, die zum Beispiel bei starkem Wind auftreten, können zwar nicht vermieden, aber durch kurzfristig erhöhten Verbrauch vor Ort abgefangen werden.

*E-Energy Modellregion Landkreis Harz,  
Dardesheim*

Das kann aber nur dann gelingen, wenn die prognostizierte Erzeugung den Preisverlauf rechtzeitig beeinflusst. Die Ergebnisse erster Feldtests haben gezeigt, dass durch die gezielte Steuerung des Stromverbrauchs sehr vieler Haushalte eine erhebliche Lastverschiebung erreicht werden kann.

#### Regenerative Modellregion Harz

Auch in der Modellregion Harz nimmt die Vision einer Stromversorgung der Zukunft Gestalt an. Vorhandene und geplante regenerative Stromerzeuger und Speicher werden mit steuerbaren Großverbrauchern (Industrie, Gewerbe) und ausgewählten Kleinverbrauchern (Haushalte, Elektrofahrzeuge) durch moderne IKT verknüpft, um in diesem Verbund eine effiziente, klimafreundliche und sichere Stromversorgung zu verwirklichen. Das aus den dezentralen Stromerzeugern entstehende »Virtuelle Kraftwerk« (VK) zeichnet sich nicht nur durch einen hohen Anteil erneuerbarer Energien aus, sondern auch durch den Einsatz von steuerbaren Lasten und Stromspeichern, in die auch die Elektromobilität einbezogen wird. So lässt sich überschüssiger Strom kurzfristig speichern und bei Bedarf wieder abrufen. Das »Bidirektionale Energiemanagement-Interface« (BEMI) des Fraunhofer IWES soll exemplarisch bei etwa 50 Verbrauchern (Haushalte, öffentliche Einrichtungen und Gewerbe) Preise und andere Anreize zum dezentralen Energiemanagement umsetzen. Die Unterstützung des Netzbetriebs geschieht durch die Überwachung und Auswertung des Netzzustands und die direkte Ansteuerung der einzelnen Komponenten des VK. Dazu zählt die Bereitstellung von Regelenergie, die Balance zwischen Erzeugung und Verbrauch, die Blindleistungskompensation zur Spannungsstützung, sowie ggf. die Unterstützung beim Versorgungswiederaufbau und die direkte Ansteuerung von Anlagen bei Gefährdung von Netzbetriebsmitteln.

↳ Dr. Philipp Strauß, philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de  
↳ Florian Schlögl, florian.schloegl@iwes.fraunhofer.de

# ELEKTROMOBILITÄT UND ERNEUERBARE ENERGIEN

## ELEKTROFAHRZEUGE UND ERNEUERBARE ENERGIE SIND DIE ZUKUNFT DES INDIVIDUALVERKEHRS. FRAUNHOFER IWES ARBEITET AN DER NETZINTEGRATION VON ELEKTROFAHRZEUGEN UND AN DETAILLIERTEN SIMULATIONEN VERSCHIEDENER BATTERIESYSTEME.

Die Zukunft der Elektromobilität ist ohne die Nutzung regenerativer Energien nicht denkbar. Neben der technischen Herausforderung, sichere und kostengünstige Serienfahrzeuge zu entwickeln, sind viele Fragen zur Einbindung der Elektrofahrzeuge in die elektrische Energieversorgung zu beantworten. Dazu werden zahlreiche Projekte, die sich mit der Einführung von Elektro- und Hybridfahrzeugen befassen von Fraunhofer IWES wissenschaftlich-technisch begleitet. Außerdem koordiniert das IWES den technischen Teil der hessischen Projektplattform ZEBRA, in dem die Ladeinfrastruktur und die Ladetechnik für typische private Nutzerprofile und den gewerblichen Flottenbetrieb entwickelt werden.

### Netzintegration und Ladestationen

Die Integration einer großen Zahl von Elektrofahrzeugen erfordert die Anpassung der Struktur heutiger Verteilnetze. Neben der Planung des Netzausbaus sind kostengünstige und zuverlässige »Smart-Grid«-Lösungen gefragt, die sich auf moderne Informations- und Kommunikationstechnik und auf aktive Netzbetriebsmittel stützen. Im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte werden Konzepte, Prüfverfahren und Standards für die entsprechenden Infrastrukturkomponenten erarbeitet und ein Prüfstand zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen realisiert.

Untersucht werden weitere Aspekte der Elektromobilität wie Spitzenlastmanagement, die Nutzung lokaler Stromerzeugung aus Solar- und Windenergieanlagen sowie die Bereitstellung von Notstrom bei Netzstörungen. Mit Industriepartnern werden Möglichkeiten zum kabellosen Netzanschluss zur bequemen Verbindung der Fahrzeuge mit dem Stromnetz untersucht.

*Elektromobilität mit erneuerbaren  
Energien kann auch zur Stabilisierung  
der Netze beitragen*

### Virtuelle Batterien

Lithium-Ionen-Batterien werden in der Elektromobilität eine Schlüsselrolle spielen. Für die Entwicklung zukünftiger Hybrid- und Elektrofahrzeuge und den Entwurf intelligenter Systeme zur bidirektionalen Netzanbindung spielen die dynamischen Eigenschaften und das Alterungsverhalten dieser Speicher eine wichtige Rolle. Für Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität sind gute Simulationsmodelle für Lithium-Ionen-Speicher daher von hoher Bedeutung.

In der Automobil- und Zulieferindustrie hat sich die Software ISET-Lab seit vielen Jahren als Standardsoftware zur Simulation des dynamischen Verhaltens von Blei-Säure-Starter-Batterien etabliert. Modelliert werden alle relevanten physikalischen und elektrochemischen Prozesse in den Zellen, so dass die Software mit einfachen Herstellerdaten parametrisiert werden kann. Auf der selben Basis wurde das Softwarepaket ISET-Lib zur Simulation von Lithium-Ionen-Batterien entwickelt.

Die Echtzeitvarianten dieser Software werden zur Realisierung virtueller Batterien verwendet, die das Klemmenverhalten realer Batterien physikalisch nachbilden und für die Forschung und Entwicklung im Bereich der Hybrid- und Elektrofahrzeuge viele Vorteile bieten. In der Industrie werden virtuelle Systeme dieser Art zum Beispiel zur Nachbildung von Starter-Batterien in kompletten Bordnetzen eingesetzt. Auch bei der Entwicklung peripherer Komponenten für Speichersysteme können virtuelle Batterien Entwicklungszeiten deutlich verkürzen und Entwicklungskosten reduzieren.

↳ Dr. Philipp Strauß, philipp.strauss@iwes.fraunhofer.de  
↳ Peter Caselitz, peter.caselitz@iwes.fraunhofer.de

# »POWER-TO-GAS« – ERNEUERBARES GAS VERBINDET ENERGIEKETZEN



DEUTSCHLAND BEFINDET SICH IN DER TRANSFORMATION DER ENERGIEVERSORGUNG, IN WELCHER ENERGIESPEICHERUNG EIN SCHLÜSSELTHEMA FÜR DEN WEITEREN AUSBAU ERNEUERBARER ENERGIEN IST. DAS FRAUNHOFER IWES ENTWICKELT MIT DEM ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND WASSERSTOFF-FORSCHUNG (ZSW) FEDERFÜHREND DIE TECHNOLOGIE POWER-TO-GAS, WELCHE DIE VOLLSTÄNDIGE KOPPLUNG VON STROM- UND GASNETZ ERMÖGLICHT UND GROSSE SYNERGIEN DER BEIDEN NETZE FÜR DIE ENERGIESPEICHERUNG UND DIE NUTZUNG VON WIND- UND SOLARENERGIE AUSSCHÖPFT.

Um bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien eine sichere Stromversorgung zu gewährleisten, bedarf es Ausgleichsmaßnahmen für erneuerbare Energien: Netzausbau, Energiespeicher und Erzeugungs- und Lastmanagement. Für den kurzzeitigen Ausgleich bilden Pumpspeicherkraftwerke eine gute Lösung, deren Kapazität in Deutschland jedoch begrenzt ist. Möglichkeiten des Lastmanagements können bei kurzzeitigen Fluktuationen lediglich unterstützend wirken. Für die Transformation der Energieversorgung ist die Langzeitspeicherung eine Herausforderung.

---

### **Die neue Technologieentwicklung Power-to-Gas: Photosynthese 2.0**

---

Das IWES hat zusammen mit dem ZSW das Konzept Power-to-Gas entwickelt, welches die Kopplung von Strom- und Gasnetzen ermöglicht. In Zeiten, in denen mehr regenerativer Strom erzeugt wird als verbraucht oder über das Netz transportiert werden kann, wird diese Energie zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff verwendet. Anschließend wird aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub> im Sabatierprozeß ein methanreiches Gas hergestellt, welches herkömmlichem Erdgas entspricht. Dieses kann als Austauschgas ins Erdgasnetz eingespeist werden. Damit stehen zum Transport und zur Speicherung enorme Kapazitäten zu Verfügung, die etwa dem 3000-fachen der deutschen Pumpspeicherkapazität entsprechen. Bei Bedarf kann das eingespeicherte Gas z.B. in Gaskraftwerken rückverstromt werden und so Lücken der regenerativen Erzeugung von bis zu zwei Monaten schließen und gesicherte Leistung regenerativ bereitstellen. Auch in der Decarbonisierung des Verkehrs spielt das erneuerbare Gas eine wichtige Rolle.

Die Technologie wirkt der Ressourcenknappheit entgegen und ermöglicht die Herstellung von CO<sub>2</sub>-neutralen Wind- und

Solkraftstoffen überall dort, wo Wasser, Luft und Wind oder Sonne vorhanden sind. Energetische Rohstoffquellen für Brenn- und Treibstoffe sind dadurch nicht mehr auf wenige Länder begrenzt, sondern können mit dieser Technologie in jedem Land erschlossen werden. Im Verkehr kann sich »Windgas« ab einem Preis von ca. 150-200 US-\$ pro Barrel lohnen.

Am ZSW entstand die Idee der Nutzung des Sabatierprozesses für die Energiespeicherung. Dort wird die Verfahrenstechnik entwickelt. Das IWES stellt die Energiesystemtechnik bereit. Dazu zählen Betriebs- und Regelungskonzepte und deren Wirtschaftlichkeit, die Ableitung des technischen Potenzials der Technologie, des volkswirtschaftlichen Nutzens und der Umweltauswirkungen. 2009 konnte mit SolarFuel ein erster Investor gefunden werden, der die Technologie im Pilotmaßstab umsetzt und nun ihre Kommerzialisierung anstrebt.

---

### **Kopplung von Strom- und Gasnetz als wesentliches neues Element**

---

Das IWES hat 2010 maßgeblich an vier Versorgungsszenarien mit 100 % regenerativen Energien mitgewirkt und jeweils die Option der Strom-Gasnetz-Kopplung als zentrales Element eingebracht: das »Energiekonzept 2050« des Forschungsverbundes für erneuerbare Energien (FVEE), die 100 %-Szenarien des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU), das »Energieziel 2050: 100 % Erneuerbare Energien« des Umweltbundesamtes (UBA) und die Leitstudie 2010 für das Bundesumweltministerium (BMU). Die deutsche Gaswirtschaft hat das Thema Strom-Gasnetz-Kopplung 2010 mit seinem Innovationspreis gewürdigt, der gemeinsam an SolarFuel, ZSW und IWES verliehen wurde. 2011 wird das Themenfeld in weiteren Industriekooperationen und öffentlichen Projekten weiterentwickelt und erforscht.

*Dr. Ulrich Zuberbühler (ZSW) testet die Pilotanlage Power-to-Gas, in der erneuerbares Gas aus Wind, Wasser und Luft hergestellt wird.*

↳ Dr. Michael Sterner, michael.sterner@iwes.fraunhofer.de  
↳ Mareike Jentsch, mareike.jentsch@iwes.fraunhofer.de

# TRANSFORMATION DER ENERGIESYSTEME

FÜR DIE PLANUNG UND KONZEPTION ZUKÜNFTIGER ENERGIEVERSORGUNGSSYSTEME MIT SEHR HOHEN ANTEILEN ERNEUERBARER ENERGIETRÄGER IST ES VON ENTSCHEIDENDER BEDEUTUNG, DIE TECHNISCHEN UND ENERGIEWIRTSCHAFTLICHEN ASPEKTE SO GENAU WIE MÖGLICH ZU BESTIMMEN UND ZU BEWERTEN. NEBEN DER SIMULATION DES ZUSAMMENSPIELS ALLER KOMPONENTEN DER ENERGIEVERSORGUNG IST ES ERFORDERLICH, AUCH NEUE TECHNOLOGIEN, WIE DIE KOPPLUNG VON STROM- UND GASNETZEN, ZU ENTWICKELN UND BEZÜGLICH IHRES BEITRAGS ZU BEWERTEN.

---

### **Simulation des Energiemix**

---

Die Simulation der Energiesystemtechnik steht im Mittelpunkt der Aktivitäten: Im Rahmen von Studien und Untersuchungen für Industrie und öffentliche Auftraggeber werden stündliche Einspeisungen aus erneuerbaren Energien (EE) erzeugt. Die Basis der Berechnungen sind die meteorologischen und hydrologischen Bedingungen verschiedener Jahre, die sich unter verschiedenen Szenarien ergeben würden. Dabei entstehen hochdetaillierte Einspeisezeitreihen (Summenganglinien) für Wind, Solar, Geothermie, Biomasse und Wasserkraft, die zur Analyse von Netzausbau, Zubau von Speichern und Energiemanagement von der Energiewirtschaft herangezogen werden. Eine wichtige Größe bei der Bewertung von Ausbauszenarien ist das zeitliche Verhalten der sog. Rest- oder Residuallast, die bei zunehmendem EE-Anteil noch durch konventionelle Kraftwerke zu decken ist. Zusätzlich zur erneuerbaren Stromeinspeisung werden der konventionelle Kraftwerkseinsatz und der Ausgleich der Fluktuationen durch Stromtransport, Speicher und Energiemanagement modelliert.

Diese Modelle werden zurzeit auf die einzigartige IWES-Simulationsplattform »Virtuelles Stromversorgungssystem« portiert. Dieser Hochleistungs-Rechnercluster wird wichtige Informationen zur Transformation des heutigen Systems in ein nachhaltiges Energieversorgungssystem liefern. Die Plattform ermöglicht die Nachbildung beliebiger Szenarien zukünftiger Energieversorgungsstrukturen. Dabei wird die Einspeisung fluktuierender Stromquellen sowie der Beitrag konventioneller Kraftwerke zeitlich und räumlich hoch aufgelöst simuliert und mit Software-Tools für Lastflussberechnungen sowie Planungs- und Analyse-Werkzeugen gekoppelt. Für die nachhaltige Planung müssen die Anforderungen an die Transportkapazitätä-

ten der Netze und das Zusammenspiel der fluktuierenden Einspeisung mit dem konventionellen Kraftwerkspark untersucht werden. Insbesondere werden auch die Schnittstellen zum Wärme-, Gas-, und Verkehrssektor abgebildet, umso ganzheitliche Szenarien betrachten zu können.

---

### **Szenarien zur regenerativen Vollversorgung**

---

Aus diesen Berechnungen werden Szenarien zum Ausbau erneuerbarer Energien bis hin zur regenerativen Vollversorgung und Maßnahmen zur Integration und Harmonisierung von regenerativer und konventioneller Stromerzeugung entwickelt. Die verschiedenen Technologiekomponenten werden sowohl einer technisch-ökonomischen als auch ökologischen Bewertung unterzogen. Darüber hinaus werden Strategien zu einem integrierten Umbau der Energieversorgung in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr entwickelt. Als herausragende Projekte sind die Erstellung der Leitstudie für das Umweltministerium (Szenarien, Integration, 100 % regenerative Energiesysteme), globaler Dekarbonisierungsszenarien für den WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen), die Entwicklung einer Solarstromprognose für Netzbetreiber und die Konzeptentwicklung der Speicherung von regenerativem Strom zu nennen. Ergebnisse aus diesen Arbeiten fließen in die Arbeit wichtiger Gremien wie den IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), den VDE und den WBGU ein.

↳ Dr. Michael Sterner, michael.sterner@iwes.fraunhofer.de

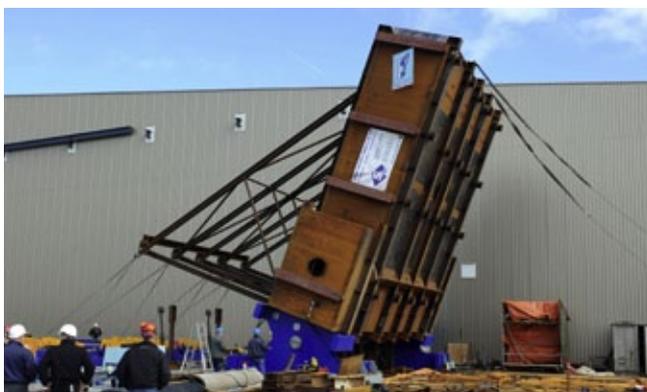
↳ Dr. Stefan Bofinger, stefan.bofinger@iwes.fraunhofer.de

*Der zunehmende Einsatz erneuerbare Energien erfordert neue Konzepte und Strukturen.*

# EREIGNISSE UND EHRUNGEN



Die Adapterplatte zur Fixierung eines Rotorblatts im Prüfstand veranschaulichte den Besuchern die Dimensionen der Bauteile von Windkraftanlagen (Foto: Wolfhard Scheer).



Maßarbeit war bei der Aufstellung des Kippblocks für die 90-Meter lange Rotorblattprüfhalle gefragt (Foto: Wolfhard Scheer).



Vorstellung der virtuellen Entwicklungsumgebung des Fraunhofer IWES im neuen Test- und Prüfzentrum Elektromobilität TPE.

## Besuch von Bundesumweltminister Röttgen und Ministerpräsident McAllister

Am 26. Juli 2010 besuchten Bundesumweltminister Dr. Norbert Röttgen und der niedersächsische Ministerpräsident David McAllister das Fraunhofer IWES im Rahmen eines »Besuchstags Windenergie«. Die Politiker informierten sich im Kompetenzzentrum Rotorblatt in Bremerhaven über technische und strukturelle Herausforderungen für die Windenergiebranche. An dem maritim geprägten Standort stand auch das Thema Offshore-Windenergie auf der Agenda.

## Aufrichtung des Prüfblocks für die 90-Meter-Rotorblatt-Testhalle des IWES

Das Herzstück der Rotorblattprüfung, der verstellbare Kippblock aus Stahlbeton, wurde am 21. September 2010 auf einem Spezialfundament errichtet. Der 1000 Tonnen schwere Koloss wurde an 450 Ankerpunkten im Fundament fixiert. Die Kippvorrichtung ermöglicht auch bei sehr langen Blättern eine maximale Durchbiegung der Spitze. Außerdem ermöglicht er eine hohe Flexibilität und vereinfachte Montage der Rotorblätter.

## IWES stellte neues Test- und Prüfzentrum Elektromobilität TPE vor

Erneuerbare Energien sind die Zukunft des Individualverkehrs - diese Einsicht ist seit einiger Zeit breiter Konsens in Forschung und Industrie, in Gesellschaft und Politik. Das Fraunhofer IWES und die Universität Kassel streben in einer Kooperation die Bündelung ihrer Test- und Prüfaktivitäten zur Elektromobilität an. Der Schwerpunkt des Fraunhofer IWES liegt dabei auf der Netzintegration und Versorgung mit erneuerbaren Energien. Die Universität Kassel konzentriert sich auf das Fahrzeugsystem.

### Windenergie und Energiesystemtechnik – ein Jahr Fraunhofer IWES in Kassel

Mit einem Symposium und Infotag blickte das Fraunhofer IWES am 1. Oktober 2010 feierlich auf die Aufnahme des ISET in die Fraunhofer-Gesellschaft zurück. Unter dem Titel Energie und Innovation präsentierte Fraunhofer-Präsident Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger die vielfältigen Forschungsaktivitäten der Fraunhofer-Gesellschaft zur Zukunft der Energieversorgung. Prof. Dr. Jürgen Schmid, Leiter des IWES in Kassel und Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen WBGU, schloss sich mit einem visionären Blick auf die Transformation der Energiesysteme an und freute sich über ein anhaltendes Wachstum des Instituts.



*Fraunhofer-Präsident Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger (rechts) und Prof. Dr. Jürgen Schmid diskutierten FuE-Highlights und Visionen mit dem Publikum.*

### Prof. Dr. Andreas Reuter neuer Institutsleiter des IWES in Bremerhaven

Prof. Dr. Andreas Reuter stellte zum Symposium am 1. Oktober in Kassel seine Einschätzung zur Zukunft der Windenergienutzung und sich als neuer Leiter des IWES in Bremerhaven vor. Er trat die Nachfolge des kommissarischen Leiters Dr. habil. Hans-Gerd Busmann an, der zuvor seit 2006 das CWMT aufgebaut und geleitet hatte. Die Leitung des IWES in Bremerhaven ist an eine Professur für Windenergietechnik an der Universität Hannover gekoppelt.



*Prof. Dr. Andreas Reuter leitet seit Oktober 2010 das Fraunhofer IWES in Bremerhaven.*

### Auszeichnung für neue Technik zur Speicherung von Ökostrom

Strom aus Wind und Sonne wird zu erneuerbarem Erdgas. Eine neue, vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) in Kooperation mit dem Fraunhofer IWES und der SolarFuel GmbH entwickelte, Technik zur Speicherung von Ökostrom wurde mit dem Innovationspreis der deutschen Gaswirtschaft 2010 ausgezeichnet.



*Aus Windkraft wird Erdgas: Hauptpreis ging an die bahnbrechende Speichertechnologie für Erneuerbare Energien der Fa. SolarFuel. An der Entwicklung waren das ZSW und das Fraunhofer IWES beteiligt.*



Wie sich die Energiegewinnung mit Photovoltaikanlagen optimieren lässt, erläuterte IWES-Wissenschaftlerin Maria Roos Schülerinnen.



Über Chancen und Herausforderungen für Deutschland referierte Prof. Dr. Klaus Töpfer, Bundesminister a.D. und Executive Director UNEP a.D., in seinem Key-Note-Vortrag zu den Fraunhofer Energietagen (Foto: Fraunhofer-Allianz Energie).



Beim Tag der offenen Tür zeigte das IWES u.a. Offshore-Forschungsthemen am Modell.

### GirlsDay 2010

Zum Girls' Day 2010 brachten die Mädchen am 21. April 2010 viele Fragen mit in das IWES. »Was bedeutet es eigentlich, Strom zu haben und wie kommt der Strom vom Windrad zum Fön an der Steckdose?«, wollten die Schülerinnen wissen. Fragen wie diese beantwortete Maria Roos vom Fraunhofer IWES den interessierten Teilnehmerinnen gern. Für Auflockerung sorgten sieben vom IWES produzierte Kurzfilme mit dem Titel Prima Klima und sichere Stromversorgung.

### Fraunhofer-Energietage

#### »Energiekonzept Deutschland – Mit neuer Energie«

Bei den Fraunhofer-Energietagen am 23. und 24. September 2010 in Berlin präsentierten hochrangige Vertreter aus führenden Unternehmen sowie Fraunhofer-Forscher ihre neuesten Forschungsergebnisse und Konzepte für eine nachhaltige Energieversorgung. Über 200 Personen aus Wirtschaft und Politik informierten sich aus erster Hand und diskutierten mit den Experten unter dem Motto des BMBF-Wissenschaftsjahres 2010 »Die Zukunft der Energie«. Die Konferenz wurde von der Fraunhofer-Allianz Energie veranstaltet. Als Mitglied der Allianz hat sich das IWES aktiv in der Programmgestaltung engagiert.

### Tag der offenen Tür von Fraunhofer IWES und Universität Kassel, Fachbereich Elektrotechnik/Informatik

Die Verbindung von neuen Energien und modernen Informations- und Kommunikationstechniken stand im Mittelpunkt eines gemeinsamen Infotages am 2. Oktober 2010 als Beitrag zum BMBF-Wissenschaftsjahr Die Zukunft der Energie. Das IWES zeigte Highlights in seinem Design-Zentrum für Modulare Versorgungstechnik DeMoTec. Im Fachbereich Elektrotechnik/Informatik der Universität Kassel öffneten die Fachgebiete für Hochspannungstechnik und für Fahrzeugsysteme ihre Türen. In einem Truck der Fraunhofer-Gesellschaft gab es zusätzlich die Ausstellung Heute die Zukunft erleben.

### Ausstellung »Energie – Stadt – Innovation« und Fraunhofer Truck

Im Rahmen der Informationswoche Mit neuer Energie präsentierten die Kasseler Projektgruppe des Fraunhofer IBP und das Fraunhofer IWES vom 4. - 6. Oktober 2010 Projekt-Highlights im City Point Kassel. Zahlreiche Besucher nutzten den Besuch in der großen Einkaufsgalerie auch zu einer Stippvisite der Ausstellung Energie – Stadt – Innovation und zu einem Besuch der Ausstellung Heute die Zukunft erleben im Fraunhofer-Truck, der auf dem davor liegenden Königsplatz nicht zu übersehen war.



*Fraunhofer Wissenschafts-Truck während der Informationswoche auf dem Kasseler Königsplatz.*

### Forum »Energie – Stadt – Innovation«

Im Kasseler Rathaus diskutieren am 5. Oktober 2010 in einem gemeinschaftlich veranstalteten Forum Experten Themen zur Zukunft der Energieversorgung in Städten. Kassels Umwelt- und Baudezernent Dr. Joachim Lohse stellte moderne Energiekonzepte für Kassel vor, Prof. Dr. Klaus Sedlbauer, Leiter des Fraunhofer IBP, referierte über Energieeffizienz und -versorgung in der Stadt, Dr. Mario Ragwitz, Leiter Erneuerbare Energien, Fraunhofer ISI, stellte Innovationen für die Zukunft der Energie vor, Dr. Bernd Krautkremer, Leiter Bioenergie-Systemtechnik, Fraunhofer IWES, zeigte mögliche Beiträge der Bioenergie auf und Uli Hagemeier, Leiter Lokalredaktion der HNA Kassel, stellte in der Abschlussdiskussion grundlegende und aktuelle Fragen.



*Freude an der Diskussion (von links): Dr. Mario Ragwitz, Fraunhofer ISI, Prof. Dr. Klaus Sedlbauer, Fraunhofer IBP, Dr. Bernd Krautkremer, Fraunhofer IWES, Dr. Joachim Lohse, Stadt Kassel, Uli Hagemeier, Lokalredaktion HNA Kassel (Foto: Dilling).*

### SystemTec – Forschung im Testfeld

Die Baustelle des neuen Testzentrums für intelligente Netze und Elektromobilität des Fraunhofer IWES in Rothwesten bei Kassel war am 6. Oktober 2010 im Rahmen der Informationswoche Mit neuer Energie für Interessierte geöffnet. Schüler informierten sich über das Thema Elektromobilität und besichtigten die Baustelle für das neue IWES-SystemTec.



*Schüler informierten sich über das Thema Elektromobilität und besichtigten die Baustelle für das neue IWES-SystemTec.*



Bernd Krautkremer, Leiter Bioenergie-Systemtechnik des Fraunhofer IWES moderierte die Podiumsdiskussion Bioenergie und Landwirtschaft mit Dr. Anna Runzheimer, HMWK, Andreas Sandhäger, Direktor Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Helmut Döhler, KTBL, Uwe Holzhammer, Ecologic/BMU (von rechts).

**Podiumsdiskussion »Bioenergie und Landwirtschaft«**

Bioenergie und Landwirtschaft standen am 7. Oktober 2010 auf dem Landwirtschaftszentrum Eichhof in Bad Hersfeld im Mittelpunkt des gemeinsamen Infotages von Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen LLH und Fraunhofer IWES. Neben Fachführungen für Schulen gab eine multimedial-unterstützte Podiumsdiskussion Antworten auf die Fragen: Ist eine sichere Energieversorgung mit erneuerbaren Energien möglich? Wie sieht die Energieversorgung der Zukunft aus? Woher kommt die Energie? Welche Rolle spielt die Landwirtschaft?



Walter Zerr erklärt Schülern, wie Biogas das Modell des Stirlingmotors von Dr. Bernd Krautkremer antreibt (von rechts, Foto: Wagner).

**Schüleruniversität »Auf der Suche nach der Steckdose im Misthaufen«**

Fachführungen für Schulen und eine Vorlesung mit Experimenten zum Sehen, Staunen, Fühlen und Riechen bildeten am 8. Oktober 2010 den Abschluss der Infowoche Mit neuer Energie auf dem Landwirtschaftszentrum Eichhof in Bad Hersfeld. Dr. Bernd Krautkremer, Fraunhofer IWES, und Walter Zerr, Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, gingen mit interessierten Schülerinnen und Schülern auf die Suche nach der »Steckdose im Misthaufen«.



Ausstellungstand des IWES im Rahmen des 25. Symposiums Photovoltaische Solarenergie 2010 in Bad Staffelstein.

**25. Symposium Photovoltaische Solarenergie 2010**

Das Fraunhofer-IWES präsentierte bei seiner regelmäßigen Teilnahme auf dem PV-Symposium in Bad Staffelstein vom 4.-6. März 2010 seine wissenschaftlichen Highlights und Dienstleistungen rund um die Integration von PV-Systemen. Schwerpunkte waren die Integration von PV-Bauelementen in Gebäude und deren Multifunktionalität in der Gebäudehülle, die Integration der PV-Anlagen in das elektrische Netz sowie die Verbindung von Solarmodul und Wechselrichter zu Wechselstrommodulen (AC-Modul).

### **IWES veranstaltete zweite Europäische Biomethan-Konferenz**

Auf Einladung des Fraunhofer IWES diskutierten vom 23.- 24. März 2010 rund 300 Experten aus 15 Nationen in der Bad Hersfelder Stadthalle den Stand und die Perspektiven der Biogasaufbereitung zu Biomethan, die auf dem besten Weg ist, sich zu einer etablierten Technologie im Mix einer nachhaltigen Energieversorgung zu entwickeln. Sie ermöglicht den Zugang zu allen bisherigen Nutzungsarten von Erdgas. Die Teilnehmer kamen überwiegend aus Deutschland und anderen europäischen Staaten (Österreich, Schweiz, Finnland, Schweden, Dänemark, Luxemburg, Frankreich, Niederlande, Tschechien, Ungarn, Polen, UK), aber auch aus den USA und Südafrika.



*Das Fraunhofer IWES veranstaltete im März 2010 die internationale Konferenz »Biogasaufbereitung zu Biomethan« sowie die BIOGAS-MAX Fachkonferenz »Biogas als Fahrzeugkraftstoff«.*

### **Hannover Messe 2010**

„Mit neuer Energie“ startete die Fraunhofer-Allianz Energie auf der Hannover Messe vom 19.-24. April 2010 ins Messejahr. Unter dem Motto wurden die Themenfelder »Energie kompakt - intelligent - effizient und erneuerbar« präsentiert. Das Fraunhofer IWES vermittelte den Besuchern anhand von Exponaten, wie eine intelligente Energieversorgung für die Stadt aussehen kann, und wie das Rotorblatt einer Windenergieanlage aufgebaut ist, um bei geringem Gewicht enormen Lasten standzuhalten zu können.



*Fraunhofer IWES und IBP präsentierten auf der Hannover Messe gemeinsam modellhaft ihre Visionen der smarten Stadt der Zukunft (Foto: Fraunhofer-Allianz Energie).*

### **European Wind Energy Conference EWEC 2010**

Am Messestand des Fraunhofer IWES standen vom 20.-23. April 2010 die Themen Windleistungsprognose, Netzintegration und Ganzblatttests an Rotorblättern im Mittelpunkt. In Gesprächen am Stand sowie durch Präsentationen vermittelten die Forscher Auszüge aus ihrem breit gefächerten Dienstleistungsportfolio. Viel Gesprächsthema bot aufgrund logistischer Einschränkungen in diesem Jahr auch die Anreise zur Messe.



*Am EWEC-Messestand des Fraunhofer IWES wurde die Rotorblattprüfung am Modell demonstriert.*



Podiumsdiskussion zu »Die Biomethanbranche – zukünftige Marktentwicklung nutzen«

**VDI-Kongress Biogas – Aufbereitung und Einspeisung**

Die Einspeisung von Biomethan in das Erdgasnetz stand am 22. und 23. Juni 2010 im Mittelpunkt eines VDI-Kongresses in Frankfurt. Unter der fachlichen Leitung von Dr. Bernd Krautkremer (IWES) informierten und diskutierten über 150 Experten Themen wie, die Biomethanbranche heute und morgen, Aufbereitungstechnologien, Planung und Betrieb, Gasnetzanschluss, Rechtsfragen, Biomethan im Strom- und Wärmemarkt. Auf dem Podium diskutierten (von links): Wolfgang Urban, Fraunhofer UMSICHT, Dr. Claudius da Costa Gomez, Geschäftsführer Fachverband Biogas, Thomas Fritsch, Geschäftsführer BALANCE VNG Bioenergie GmbH, Michael Beil, Fraunhofer IWES, Uwe Holzhammer, Ecologic/BMU.



Nils Schnorrenberger, Geschäftsführer BIS Bremerhaven, Ronny Meier, Geschäftsführer wab, und der Bremer Senator Martin Günthner (von links) ließen sich von Dr. Arno van Wingerde, Fraunhofer IWES (2. von rechts), neue Messtechniken erklären.

**HUSUM WindEnergy**

Auf der Leitmesse Husum WindEnergy vom 21.-25. September 2010 standen die Zeichen auf Offshore. Auf dem Gemeinschaftsstand der Windenergieagentur wab präsentierte das Fraunhofer IWES Lösungen für die Fernüberwachung von Offshore-Windenergieanlagen, die intelligente Netzeinspeisung sowie neue Methoden zur optimalen Standortermittlung. 40.000 Besucher nutzten den Branchentreffpunkt, der aufgrund der besonderen Atmosphäre auch als »Woodstock der Windkraft« gilt.



15. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik 2010: Fraunhofer Forschungsvorstand Prof. Dr. Ulrich Buller stellte die Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität vor.

**IWES veranstaltete 15. Kasseler Symposium 2010 »Elektromobilität und erneuerbare Energien«**

Vom 23.-24. September 2010 richtete das Fraunhofer IWES sein 15. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik aus. Der Einladung des wissenschaftlichen Tagungsleiters Peter Caselitz folgten namhafte Experten als Referenten und über 200 Teilnehmende. Das diesjährige Schwerpunktthema beleuchtete Szenarien der Elektromobilität unter Verwendung von erneuerbaren Energien sowie technische und ökonomische Fragen der Netzanbindung und Netzintegration.

**IWES richtet VDI-Konferenz »Offshore-Windenergie« aus**

In Bremerhaven diskutierten vom 26.-28. Oktober 2010 rund 150 Experten über »Lessons learnt«, Anforderungen und Zukunftsaussichten für die Windenergie auf dem Meer. Die Fachtagung des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) in Kooperation mit dem Fraunhofer IWES bot eine Plattform für den Erfahrungsaustausch. Ein Vertiefungstag wurde zum Thema „Offshore-Tragstrukturen - Installation und Logistik“ angeboten und durch Besuche in Produktionsstätten abgerundet.



*Die Konferenzteilnehmer diskutierten über Weichenstellungen in den Bereichen Netzausbau, Anlagenanpassung, Logistik und Wartung (Foto: Nordsee-Zeitung).*

**DEWEK 2010**

Bei der 10. DEWEK vom 17.-18. November 2010 war das Fraunhofer IWES mit einem Messestand in Bremen vertreten. Zusammen mit Persönlichkeiten aus der Politik und der Windenergiebranche gab Prof. Andreas Reuter in der Eröffnungssession den Startschuss für die Konferenz. 600 Fachbesucher nutzten das Forum für Information und Austausch. Durch zahlreiche Vorträge zur RAVE (Research at alpha ventus)-Forschungsinitiative unterstützten die IWES-Forscher einen der inhaltlichen Schwerpunkt der Messe, Offshore-Windenergie.



*Branchentreff DEWEK: Das Fraunhofer IWES platzierte sich u.a. mit dem Thema Offshore-Windenergie (Foto: DEWI).*

# FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGS-PROJEKTE

---

## Rotorblätter

---

Better Blade – Entwicklung eines optimierten, innovativen Prüfverfahrens zur Zertifizierung von Rotorblättern der heutigen und zukünftigen Windenergieanlagen, BMU, 09/2009 - 09/2012

EraSME – Small Wind Energie Converters, EU & BMWI, 01/2008 - 06/2010

Blade Bond – Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der Betriebsfestigkeit von Blattschalenklebungen für Offshore-Windenergieanlagen, BMU, 01/2010 - 12/2012

SHM Wind – Modellgestütztes Structural Health Monitoring für Rotorblätter von Windenergieanlagen, BMBF, 09/2009 - 02/2012

---

## Windenergieanlagentechnik

---

Lunkerfest – Ermüdungsfestigkeitsnachweis auf Basis zerstörungsfreier Prüfungen an dickwandigen Eisengussbauteilen in der Windenergie, BMU, 09/2010-08/2013

HiPRWind – High Power, High Reliability Off-shore Wind Technology, EU, 11/2010-10/2015

IEA Wind Annex 30 – Offshore Code Comparison Collaboration Continuation, IEA, 02/2010 - 04/2013

Windparkregelung zur Netzintegration, BMU, 10/2009 - 09/2012

AERTOs LCCP – Low cost corrosion protection IWES, TNO, SINTEF, 01/2010 - 06/2012

Carbo Air – Faserverbunde für Luftfahrt und Windkraft

BMBF, 02/2009 - 01/2012

TeMMSa – Technisch zuverlässige Meerestechnik durch verbesserte Methoden der Sensorapplikation, Land Bremen, Fraunhofer-Gesellschaft, Industrie, 01/2008 -12/2011

AERTOs OMO – Operation and maintenance (monitoring) of Offshore wind parks, LBF, IWES, VTT, TNO, 01/2010 - 09/2011

ORECCA project – Offshore Renewable Energy Conversion platforms, Coordination Action, EU; 03/2010 - 09/2011

OneWind – Modell- und Softwareentwicklung zur ganzheitlichen Analyse von Windenergieanlagen und Windparks, BMU, 07/2009 - 09/2011

MAGNETRING – Generatorkonzepte für sehr große Windkraftanlagen, BMU, 10/2009 - 09/2011

Fertigungsoptimierung – Optimierte Fertigungsstrategien und Fertigungsprozesse für Offshore-Gründungsstrukturen im Hinblick auf eine erforderliche Serienfertigung, BMU, 09/2008 - 08/2011

Gigawind alpha ventus – Ganzheitliches Dimensionierungskonzept für OWEA-Tragstrukturen anhand von Messungen im Offshore-Testfeld alpha ventus, BMU, 03/2008 - 08/2011

HookUp2Wind – Entwicklung neuer experimenteller und numerischer Verfahren der Komponentenentwicklung von sehr großen Windenergieanlagen, BMU, 01/2008 - 02/2011

UpWind – Integrated Windturbine Design, EU, 03/2006 - 02/2011

RAVE – OWEA - Verifikation wesentlicher Schlüsselaspekte von Offshore Windenergieanlagen, BMU, 12/2007 - 11/2010

AERTOs – Breaking the Ice, FhG & VTT,

04/2010 - 09/2010

OGOWIN – Optimierung aufgelöster Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen hinsichtlich Materialeinsatz, Montageablauf und neuer Fertigungsverfahren, BMU, 08/2006 - 07/2010

Lastreduzierende Regelungssysteme Multimegawatt Windenergieanlagen, BMU, 07/2007 - 06/2010

WEA-Steuergeräte, Industrie, seit 6/2010

KWEA – Konzeptentwicklung und Test von kleinen Windenergieanlagen für autonome Stromversorgungssysteme, Intern, 01/2007 - 12/2009

WEA-Stromrichter, Industrie, seit 05/2007

---

**Integration von Windenergieanlagen und -parks**

---

NORSEWIND – Erstellung eines Offshore Windatlas und einer umfassenden Windressourcendatenbank für die Nordsee, EU, 08/2008 - 04/2012

RAVE – Koordination – Koordination der BMU-Offshore-Forschungsinitiative, BMU, 05/2010 - 06/2012

Windpotenzialstudie BWE 2020, Bundesverband Windenergie, 09/2010 - 02/2011

SDL-Bonus, Vorbereitung von Anlagen-Gutachten im Sinne der SDLWindV, 8.2 Consulting AG, 08/2010 - 11/2010

Energiefrosch 2 – Online-Prognosen für Windparkbetreiber und Ökostromhändler, Hessenagentur, 06/2010 - 06/2011

Windenergienutzung im Binnenland – Erforschung von Windprofilen bis in 200 m Höhe und Erschließung neuer Potenziale im bewaldeten Mittelgebirge, BMU, 10/2009 - 09/2011

RAVE Offshore Netzintegration – Strategien und Verfahren zur Integration von Offshore-Windparks in elektrische Übertragungsnetze, BMU, 07/2008 - 06/2011

WPMS – Wind Power Management System für Monitoring und Prognose der Windleistung in Deutschland, EU/Industrie, 12/2006 - 12/2010

RAVE – OWMEP Konzeptionierungsphase – Monitoring der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland, BMU, 09/2007 - 08/2010

---

**Meeresenergieanlagen**

---

Offshore Renewable Energy Conversion Platforms, Coordination Action, EU, 2010 - 2014

Marine Renewable Integrated Application Platform, EU, 2010 - 2013

Structural Design of Wave Energy Devices  
Danish Council Strategic Research, 2010 - 2013

Regelung pulsierender Meeresströmungsturbinen, EU, 11/2009 - 10/2013

Regelung schwimmender OWC-Meeresenergiekonverter, EU, 04/2008 - 03/2011

Feasibility Study on a Wave Energy Park in the German North Sea, Vattenfall, 2010

**Bioenergiesystemtechnik**

BiogasIn - Aktivierung der relevanten Akteursstruktur zur Vorbereitung von Biomethanprojekten in Osteuropa, EU, 5/2010 - 10/2012

BAEMON - Monitoring von Biogasaufbereitungsanlagen in Hessen, HMUELV, 11/2010 - 10/2012

BIOMON – Monitoring der deutschen Biomethanbranche und des Biomethanmarktes, BMU, 09/2009 - 02/2012

Aufbau eines Testzentrums zur wissenschaftlichen Bearbeitung von Fragestellungen zur Bioenergie-Systemtechnik vom Labormaßstab bis zum technischen Maßstab in Bad Hersfeld HMWK, 07/2009 - 12/2011

EMSE – Energiemanagementsystem Eichhof, Verbrauchs- und Einspeisemanagement von Strom aus EE am Beispiel einer dörflichen Netzstruktur, HMUELV, 07/2007 - 05/2011

Due diligence – Baubegleitung Güstrow, Prüfung für ein Großprojekt mit Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz, Lahmeyer, 06/2009 - 04/2010

Inbiosys – Disziplinübergreifende Zusammenführung von Simulationswerkzeugen zur ganzheitlichen Systemsimulation von Bioenergiepfaden, Uni Kassel, 01/2009 - 02/2010

BIOGASMAX – Biogas im Verkehr, Aufbereitung von Biogas aus Abfällen in kommunalen Anlagen zum Betrieb von Bussen und LKW, EU, 01/2006 - 09/2010

**Integration von Photovoltaiksystemen**

Sophia - Europäische Photovoltaik-Forschungsinfrastruktur, EU, 10/2010 - 09/2014

MULTIELEMENT – Multifunktionale PV-Bauelemente, BMU, 10/2008 - 03/2012

DER-LAB – Exzellenz-Netzwerk von Laboren für dezentrale Erzeuger und zur Vorbereitung von Normen, EU, 11/2005 - 10/2011

SOLION – PV-Wind-Li-Batteriesystem, BMU, 04/2008 - 09/2011

IEA Task 11 Hybridsysteme, BMU, 10/2006 - 09/2011

OPTINOS – Testverfahren PV-Wechselrichter, BMU, 07/2006 - 06/2011

PV-MIPS – Modulintegrierter PV-Wechselrichter, EU-Integrated Project, 11/2004 - 12/2010

Netzschutz dezentrale Erzeugung, DFG, 08/2007 - 07/2010

PV-Sicherungen, NH-HH Recycling e.V., 08/2009 - 07/2010

Gobabeb – Auslegung von Hybridsystem, Max-Planck-Gesellschaft, 08/2009 - 02/2010

PV-EMS – Energiemanagement-Station, BMU, Industrie, 07/2008 - 02/2010

Entwicklung MPP-Meter, Industrie, seit 07/2008

Hybridsysteme Gambia, REMIS, Ökostromanbieter, seit 05/2005

Wechselrichter-Prüfungen, Industrie, seit 01/2000  
Outdoor PV-Modultests, Industrie, seit 1992

-----  
**Integration der Elektromobilität**  
 -----

W-Charge - Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen, BMU, 01/2010 - 09/2011

StroPa – Stromparkplätze für Elektrofahrzeuge – Konzepte, Prüfstand und Pilot-Anlage, BMWi, 08/2009 - 08/2011

E-Energy Harz.EE-mobility – Verbindung von Erneuerbaren Energien und Elektromobilität über Smart-Grids, BMU, 08/2009 - 07/2011

Modelland Hessen Elektromobilität, HMWK, 08/2009 - 01/2011

E-Mobility Plug-in-Bordnetze, 06/2009 - 12/2010

Bund und Einbindung Erneuerbarer Energien durch Aufbau eines virtuellen Kraftwerks mittels IKT, BMU, 11/2008 - 10/2012

E-Energy Modellstadt Mannheim, BMU, 11/2008 - 10/2012

Virtuelles Stromversorgungssystem – Komplettsimulation zukünftiger Stromversorgungssysteme, BMU, 09/2009 - 08/2012

Regionale Energieversorgung 2020, E.ON Netz AG, 10/2009 - 12/2011

Neue schutz- und leittechnische Konzepte für elektrische Energieversorgungsnetze mit dezentralen Stromerzeugungsanlagen, DFG, 08/2007 - 07/2010

Erprobung Neuer Netze, BMWi, 09/2009 - 08/2011

Smart House - Smart Grid, EU, 09/2008 - 02/2011

-----  
**Intelligente Stromnetze**  
 -----

RegenerativKraftwerk 2050 – Wege zu einer 100%-Versorgung mit erneuerbaren Energien, BMU, 10/2010 – 09/2013

DERRI – Laborinfrastruktur für verteilte Energieerzeugung EU, 09/2009 - 08/2013

Aktives, intelligentes Niederspannungsnetz - Entwicklung einer aktiven intelligenten Netzstation, BMU, 08/2010 - 07/2013

HiPerDNO - High Performance Computing Technologies for Smart Distribution Network Operation, EU, 02/2010 - 01/2013

OGEMA - Open Gateway Energy Management Alliance, seit 01/2010

Galapagos – Hybride Stromversorgung, Lahmeyer, 12/2009 - 12/2012

E-Energy RegModHarz – Technische und wirtschaftliche Erschlie-

Planung eines Labors für Mikronetze und dezentrale Energieerzeugung, Industrie, 01/2009 bis 09/2010

Studie MicroGrid Controller, Verteilnetzbetreiber, 07/2008 - 06/2010

SAG-ENMET-USA – Berechnung von Transportflüssen und Speichergrößen für ein Energiesystem der USA mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien, Siemens, 05/2009 - 06/2009

Stromrichterprüfung, Industrie, seit 2/1998

-----  
**Energiewirtschaft und Systemanalyse**  
 -----

EEG-Erfahrungsbericht Teil IV – Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß §64 EEG Fraunhofer ISI Karlsruhe, 09/2009 - 12/2012

Nachhaltige Energieversorgungstechnologien – Analyse globaler Umwelt- und Entwicklungsprobleme sowie Aufzeigen von Forschungsdefiziten, WBGU, 02/2006 - 10/2012

Integrationsbonus – Weiterentwicklung und wissenschaftl. Begleitung der Umsetzung des Integrationsbonus nach §64 EEG BMU, 08/2009 - 04/2011

Leitstudie 2010 – Strategien für den weiteren Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland, DLR, 01/2009 - 12/2011

Bahnstrom Regenerativ – Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien beim Bahnstrom, BMU, 06/2010 – 07/2011

SEESGEN-ICT – Netzwerk - Energieeffizienz durch Informationstechnik, EU 06/2009 - 05/2011

E.ON Methan – Optionen und Potentiale von erneuerbarem Methan und seine strategische Rolle im zukünftigen Energiesystem, E.ON Ruhrgas, 08/2010 – 01/2011

Dena Netzstudie II – Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland im Zeitraum 2015-2025, DENA, 10/2007 - 12/2010

EE-Methan Regelenergie – Studie zur systemtechnischen und wirtschaftlichen Bewertung des Einsatzes von Solarfuel RPM Anlagen für Regelenergie, SolarFuel Technology GmbH, 01/2010 – 05/2010

IMPROGRES – Marktintegration von verteilter Erzeugung im europäischen Maßstab, EU, 09/2007 - 08/2010

E-MUSIS – BDEW-Studie zur Elektromobilität, BDEW-Initiative, 01/2009 - 05/2010

Studie Schluchseewerk – Energiewirtschaftliche Bewertung von Speichern im zukünftigen Energieversorgungssystem Schluchseewerk, 09/2009 - 01/2010

Ökostrom-Begutachtung, Ökostromanbieter seit 01/1999

-----  
**Sonstige**  
 -----

Ausbau des Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik zu einem Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in Bremerhaven EFRE/Land Bremen, FhG, BMBF, 01/2009 - 12/2013

Wind Energy in China – Weiterbildungskurs: Planning and Managing Wind Energy in China, InWent, 11/2010 - 11/2011

Windforschungszentrum China – Technische Zusammenarbeit durch Expertenaustausch und Schulung, DECON, 04/2005 - 02/2010

# VERÖFFENTLICHUNGEN

-----  
**Veröffentlichungen in referierten wissenschaftlichen Fachzeitschriften (ISI listed journals)**  
-----

J. Bard  
Gewinner stehen noch nicht fest  
Potential der Antriebstechnik in der Meeresenergie  
Antriebstechnik Heft 8, S. 57  
Mainz, August 2010

S. Faulstich, B. Hahn; P. Tavner  
Wind turbine downtime and its importance for offshore deployment  
in: Wind Energy (2010),  
DOI:10.1002/we.421  
Juli 2010

D. Heide, S. Bofinger, L. von Bremen, M. Greiner, C. Hoffmann, M. Speckmann  
Seasonal optimal mix of wind and solar power in a future, highly renewable Europe  
in: Renewable Energy (2010),  
DOI:10.1016/j.renene.2010.03.012  
April 2010

H. Höfling, M. Faulstich, N. Gerhardt, O. Hohmeyer, A. Kipprand, C. Pape, Y.-M. Saint-Drenan, M. Sterner  
100 % regenerativ: Wie lange vertragen sich konventionelle und erneuerbare Energien auf dem Weg zur komplett regenerativen Stromversorgung?  
in: BWK, Bd.62 (2010) Nr. 10, S.14-19  
Oktober 2010

Z. Styczynski, C. Heyde, K. Rohrig, K. Rudion  
Renewable Generation and Reliability in the Electric Power Network  
it – Information Technology, Volume 52, Issue 2, p 90-99,  
DOI:10.1524/itit.2010.0576  
March 2010

P. Tavner, S. Faulstich, B. Hahn, G J W van Bussel  
Reliability & Availability of Wind Turbine Electrical & Electronic Components  
EPE Journal, Vol. 20, No. 4  
December 2010

-----  
**Weitere referierte wissenschaftliche Veröffentlichungen (Reviewed Paper)**  
-----

L. von Bremen, J. De Decker, K. Rohrig, J. Tambke  
Supergrid and Storage Boost Solar and Wind  
in: WindTech International,  
Issue July/August 2010  
September 2010

J. P. da Costa, H. Pinheiro, T. Degner, G. Arnold  
Robust Controller for DFIG of Grid Connected Wind Turbines  
IEEE Transactions on Industrial Electronics TIE 2010  
December 2010

J. Dobschinski, L. von Bremen, B. Lange, E. De Pascalis, K. Rohrig,

Y.-M. Saint-Drenan, A. Wessel  
The potential of advanced shortest-term forecasts and dynamic prediction intervals for reducing the wind power induced reserve requirements  
EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland  
April 2010

S. Faulstich, B. Hahn, P. Lyding  
Electrical subassemblies of wind turbines - a substantial risk for the availability  
EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland  
April 2010

T. Keil, J. Jäger, N. Schäfer, T. Degner  
Netzschutz in stromrichter gespeisten Verteilungsnetzen  
System Protection in Distribution Networks with Converter-Connected Power Units  
VDE-Kongress 2010 „Smart Cities“, Leipzig  
November 2010

D. Nestle, J. Ringelstein, H. Waldschmidt  
Open Energy Gateway Architecture for Customers in the Distribution Grid  
it Information Technology, Oldenbourg Verlag  
February 2010

N. Schäfer, T. Degner, A. Shustov, T. Keil, J. Jäger  
Adaptive Protection System for Distribution Networks with Distributed

Energy Resources  
10<sup>th</sup> International Conference on Developments in Power System Protection - DPSP 2010, Manchester, UK  
March / April 2010

L. Quesnel, F. Vorpahl, M. Strobel, H.-G. Busmann  
Hydrodynamics meet wind turbines: specification and development of a simulation tool for floating wind turbines with Modelica  
ISOPE 2010, International Society of Offshore and Polar Engineers  
Beijing, China  
20.06.2010 - 26.06.2010

F. Vorpahl, H.-G. Busmann, S. Kleinhansl, M. Strobel  
Superelement approach in fully coupled offshore wind turbine simulation: Influence of the detailed support structure modelling on simulation results for a 5-MW turbine on a tripod substructure  
ISOPE 2010, International Society of Offshore and Polar Engineers  
Beijing, China  
20.06.2010 - 26.06.2010

-----  
**Vorträge von Wissenschaftlern des Fraunhofer IWES auf wissenschaftlichen Tagungen**  
-----

A. Baier, P. Lichtner, R. Mackensen, M. Wickert  
Benefit of a Prediction System for

## VERÖFFENTLICHUNGEN

Integrating Electrical Vehicles into Electrical Grids	4 <sup>th</sup> Annual AoteAroa Wave and Tidal Energy Association Conference	September 2010	BIOGASMAX-Konferenz in Deutschland, Bad Hersfeld
Renewable Energy World Europe Conference, Amsterdam, The Netherlands	Wellington, New Zealand	J. Bard	März 2010
June 2010	April 2010	Experience from the Development of Offshore Wind Projects,	M. Beil
J. Bard	J. Bard	Commercial Deployment of Marine Energy Projects, Engineers	Biogas upgrading to biomethane
Energie aus dem Meer – Wind, Wellen und Gezeiten	Research and Development towards Commercialisation,	Dublin, Ireland	Biogasmax final workshop
Vortragsreihe von DGS/ASK und VDI	Ocean Energy Conference, EUOEA	September 2010	Brussels, Belgium
AK 6	Brussels, Belgium	J. Bard	September 2010
Universität Kassel	May 2010	Effects of turbulence and Wave Current Interaction (WCI) on the dynamic performance of tidal turbines	M. Beil
März 2010	J. Bard	ORECCA – A European Coordination Action on Offshore Renewable Energy Conversion Platforms	Einspeisung von Biomethan in Erdgasnetze – Grundsätzliche Zusammenhänge und technische Anforderungen
J. Bard	The challenge of going offshore - and how we are going to face it	3 <sup>rd</sup> International Conference and exhibition on Ocean Energy ICOE 2010,	LLH/ALB-Fachtagung „Optimierte Konzepte der Biogaserzeugung“
Meeresenergie - Potentiale und Perspektiven,	Oceans - A Source of Energy	Bilbao, Spain	Bad Hersfeld
Arbeitskreis Energie	Academia de Engenharia	Oktober 2010	Dezember 2010
Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Bonn,	Lissabon, Portugal	J. Bard	M. Beil, W. Urban, F. Scholwin
März 2010	May 2010	ORECCA – overview on recent achievements	Biomethan in Deutschland: Ein Branchenüberblick - Ergebnisse aus dem BMU-Projekt „BIOMON“
J. Bard	J. Bard	Supergen Marine Energy Research Consortium, Annual Assembly 2010,	Tagungsbandbeitrag: 1. VDI-Kongress „Biogas - Aufbereitung und Einspeisung“, Frankfurt
Stand der Meeresenergie in Europa	Oceans of Synergies: Combining Ocean Energy and Other Uses	University of Edinburgh, Scotland	Juni 2010
3. Deutsches Meeresenergieforum	Sustainable Ocean Summit	November 2010	M. Braun
Haus der Wissenschaften, Bremen	Belfast, Ireland	J. Bard	Netzintegration von Photovoltaik aus gesamtwirtschaftlicher Sicht,
März 2010	June 2010	Sea of Innovation Conference 2010	14. Fachkongress Zukunftsennergien,
J. Bard	J. Bard	Santander, Spain	Essen
ORECCA – A new European Coordination Action	Dynamic performance analysis of tidal energy converters using acoustic sensors	Dezember 2010	Februar 2010
Global Marine Renewable Energy Conference, Seattle, USA	Nortek European User Symposium	M. Beil	M. Braun
April 2010	Oslo, Norway	Biogas als Kraftstoff – Einführung und Rahmenbedingungen in Deutschland	PV-Anlagen als aktive Unterstützer beim Betrieb elektrischer Netze,
J. Bard	July 2010		Cluster-Forum Netzeinbindung Photo-
ORECCA - Offshore Renewable Energy Conversion platforms Coordination Action	The challenge of going offshore		
	World Renewable Energy Congress XI		
	Abu Dhabi, United Arab Emirates		

voltaik, Bayreuth März 2010	M. Braun Testing Grid Integration of Electrical Vehicles 2 <sup>nd</sup> European Conference "Smart Grids and E-Mobility", Brussels, Belgium October 2010	K. Büdenbender, M. Braun, D. Mag-nor, J. C. Marcel, A. Schmiegel Improving PV-Integration into the Distribution Grid Contribution of Multifunctional PV-Battery Systems to Stabilised System Operation 25 <sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, Spain September 2010	Windmessung in großen Höhen mit neuartiger Laser-Messtechnik 4. Anwenderforum Windenergie im Binnenland, Otti, Neumarkt i.d.OPf. November 2010
M. Braun Support of Power System Operation by PV Plant Photon's 4 <sup>th</sup> Solar Electric Utility Conference, Stuttgart April 2010	M. Braun Netzintegration von Photovoltaikanlagen - eine gesamtwirtschaftliche Sicht 7. EW-Fachtagung „Photovoltaik und Netzintegration“, Karlsruhe Oktober 2010	K. Büdenbender, M. Braun, P. Strauß Technische Voraussetzungen einer Netzentlastung durch Eigenverbrauch 7. Fachgespräch der Clearingstelle EEG „Eigenverbrauch von Solarstrom“, Berlin Oktober 2010	D. Callies, S. Hagemann, B. Hahn, P. Kühn, B. Lange Introduction and First Results from Research Project for Testing Lidar Measurements at Great Hub Heights on a Semi-Complex Site DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen
M. Braun Zukünftige Energieversorgungsnetze (Smart Grids) Synergien zwischen Erneuerbaren Energien und Elektromobilität ECPE-Cluster-Workshop Netzintegration Elektromobilität, Nürnberg Juni 2010	M. Braun, K. Büdenbender, F. Bäß-Oberhäuser, H. Einfeld, R. Emmerich, T. Stetz Ladestrategien für Elektrofahrzeuge Charging Strategies for Electric Vehicles VDE-Kongress 2010 „Smart Cities“, Leipzig November 2010	H.-G. Busmann Entwicklungen beim Ausbau der Windenergie - zukünftiges Technologieportfolio sowie Herausforderungen für Politik und Wirtschaft PwC Wind Day 2010: Zukunft der Windenergie, Bremen Mai 2010	P. Caselitz Modelling and Simulation of Lithium Ion Batteries for Hybrid and Electric Vehicles 7. Symposium Hybrid Vehicles, Electric Vehicles and Energy Management, Braunschweig February 2010
M. Braun Integrating PV in the local distribution systems IEA PVPS Workshop, Valencia, Spain September 2010	M. Braun, K. Büdenbender, T. Stetz Integration of Photovoltaic in Distribution Systems Workshop Electric Cars and Integration of Renewable Energies in the 2020 horizon, Lyngby, Denmark March 2010	D. Callies, T. Horchler, P. Kühn, B. Lange Introduction and First Results from Research Project for Testing LiDAR Measurements at Great Hub Heights on a Complex Site DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	J. P. da Costa, T. Degner, F. Gafaro, S. Heier, H. Pinheiro Simulation Model and Investigation of DFIG Integration in weak Networks during Unbalanced Voltage Conditions DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010
M. Braun Provision of Ancillary Services by Distributed Generators European Electricity Ancillary Services & Grid Integration Forum, Berlin September 2010	M. Braun Integration PV in Local Distribution Systems - Germany - IEA PVPS Task 14 Workshop, Golden, CO, USA December 2010	D. Callies, Z. Khadiri-Yazami	J. P. da Costa, C. Dziendziol, T. Degner, S. Heier, H. Pinheiro An Improved Fault Ride-Through Capability for Grid Connected Doubly Fed Induction Generator Based Wind

## VERÖFFENTLICHUNGEN

Turbines DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	Ausfallverhalten von Windenergieanlagen und Konsequenzen für die Offshore-Windenergienutzung RAMS/LCC-Expertenforum, Dresden Juni 2010	wind power through Wind Farm Clusters Renewable Energy World Europe Conference, Amsterdam, The Netherlands June 2010	Stand der Gärrestaufbereitung - Rahmenbedingungen und Potentiale Tagung Fachverband Biogas - Regionalgruppe Süd-Niedersachsen Einbeck März 2010
T. Degner, G. Arnold, T. Reimann, P. Strauß, B. Engel Erhöhung der Aufnahmefähigkeit von Verteilnetzen 25. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein März 2010	S. Faulstich Successful use of Archived Data to Boost Turbine Efficiency Green Power Conference "Optimising Wind Power Performance", London, UK June 2010	J. Giebhardt Zustandsüberwachung und Operation & Maintenance Management für Windenergieanlagen VDI Nordhessischer Bezirksverein Kassel November 2010	K. Hartmann, S. Bofinger, M. Braun, B. Krautkremer, B. Schumacher, M. Sterner Electricity from Biogas and its Role in Electric Grid Management of Tomorrow Poster auf der European Biomass Conference, Lyon, France May 2010
J. Dobschinski, A. Baier, B. Lange, A. Wessel Wind power management and the multifarious challenges for operating forecast systems 5 <sup>th</sup> PWEA Conference, Warsaw, Poland April 2010	S. Faulstich, P. Lyding, K. Rafik Optimising maintenance data management to boost turbine efficiency DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	T. Glotzbach Neuartiges Simulationsmodell für I/U-Kennlinien dünn-schichtiger Photovoltaik-Technologien 25. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein März 2010	T. Heusinger von Waldegge, J.-U. Jakomeit Weak Point Analysis of Offshore Sensor Systems for Structural Health Monitoring DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010
J. Dobschinski, L. von Bremen, S. Hagemann, B. Lange, A. Wessel Calibration and combination of a regional multi model ensemble for predicting offshore wind speeds EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010	S. Funke, M. Speckmann Demand Side Management in Private Households – Actual Potential, Future Potential, Restrictions Tagung E-Energy 2010, Athens, Greece October 2010	H. Hahn Adressing bottlenecks in the financing procedure of biogas projects High Level Conference: Development of sustainable biogas market in Bulgaria, Sofia, Bulgaria October 2010	P. Hochloff, A. Baier, F. Gerner, K. Lesch, F. Schlögl Optimized storage operation in virtual power plants in the electricity market 5 <sup>th</sup> International Renewable Energy Storage Conference (IRES 2010), Berlin November 2010
D. Duckwitz, M. Geyler Active Damping of the Side-to-Side Oscilation of the Tower, DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	D. Geibel, R. Geipel, C. Hardt, M. Landau, J. Reekers, M. Vogel Ein Jahr Testbetrieb: Multifunktionale Photovoltaik-Stromrichter in Industrienetzen 25. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein März 2010	H. Hahn Biomethan in Deutschland: Ein Branchenüberblick – Ergebnisse aus dem BMU-Projekt BIOMON 4. Nordeuropäisches Energieforum Flensburg November 2010	H. Huhn Wie werden Windenergieanlagen Offshore-fest? VDI-Fachkonferenz „Offshore-
S. Faulstich	A. Gesino, B. Lange, K. Rohrig Large scale integration of offshore	K. Hartmann, H. Hahn	

Windenergieanlagen - Technische Zuverlässigkeit, Anlagendynamik und Instandhaltungskonzepte“, Bremerhaven Oktober 2010	März 2010  P. Kühn Introduction to Small Wind Turbines Basics of Small Wind Turbines, International Seminar, OTTI, Tarragona, Spain April 2010	Workshop Elektromobilität mit Batterie und Brennstoffzelle, Rüsselsheim August und September 2010	Fraunhofer Symposium „Netzwerk“, München Dezember 2010
M. Jentsch, M. Specht, M. Sterner Erneuerbares Methan: Kopplung von Strom- und Gasnetz Workshop „Dezentrale Energiespeichertechnologien“, TU Chemnitz, Chemnitz Oktober 2010	P. Kühn Kleine Windenergieanlagen: Neue Marktpotentiale durch Hybridsysteme? BWE Fachtagung Kleinwindenergie „Den Sprung in den Massenmarkt meistern“, Hannover Dezember 2010	M. Landau Innovationsschub Elektromobilität – Vorgehen und Vorhaben der Modellregionen Rhein-Main, Zukunftswerkstatt Darmstädter Dialog, Darmstadt November 2010	F. Meier, T. Mörz, V. Spieß (IWES), H. Keil, T. Schwenk (Universität Bremen/MARUM) Seabed Investigation for Offshore Wind Farm Foundations - Improving Data Quality and Prediction Reliability Through Advanced Multichannel Seismic Surveys, DEWEK, Bremen, September 2010
S. Karnouskos, A. Dimeas, S. Drenkard, K. Kok, J. Ringelstein, P. Selzam, A. Weidlich, C. Warmer Field Trials towards Integrating Smart Houses with the Smart Grid E-Energy Conference 2010 Oktober 2010	B. Krautkremer Market Development of Biogas Feed-In in Germany Branchen-Exportforum auf der Hannovermesse, Hannover April 2010	B. Lange, M. Durstewitz, U. Krengel RAVE – Joint Research Development and Testing at Alpha Ventus DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	D. Nestle, A. S. Bukvić-Schäfer, M. Puchta Verwendung virtueller Batterien zur Entwicklung kundenfreundlicher Netz-schnittstellen für Elektrofahrzeuge, FVEE-Workshop Elektrochemische Energiespeicher und Elektromobilität, Ulm Januar 2010
D. Kaufer, T. Fischer, Endowed Chair of Wind Energy, University Stuttgart; F. Vorpahl, Fraunhofer IWES; W. Popko, Risø-DTU, Denmark Different Approaches to Modelling Jacket Support Structures and Their Impact on Overall Wind Turbine Dynamics DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	B. Krautkremer The future role of biogas in the energy supply system Biogaz Europe, Lyon, France September 2010	P. Lyding, S. Faulstich, B. Hahn; P. Tavner Reliability of the Electrical Parts of Wind Energy Systems - a statistical evaluation of practical experiences EPE Wind Energy Chapter Symposium 2010, Staffordshire University, Stafford, UK April 2010	A. Notholt-Vergara Status of Inverters, Transformers and Control Concepts PV Power Plants 2010 EU, Prague, Czech Republic January 2010
P. Kühn Kleine Windenergieanlagen – Betriebserfahrungen und Ertragsabschätzung, 3. BWE-Kleinwindanlagen-Symposium, Husum	B. Krautkremer Mikrogasturbinen KWK mit biogenen Brennstoffen Statusseminar KWK, Stuttgart November 2010	P. Lyding, S. Faulstich OFFSHORE~WMEP: The IWES Off-shore O&M Database Project T.A. Cook Conference “Operations & Maintenance Excellence for Offshore Wind“, London, UK September 2010	A. von Oehsen, N. Gerhardt, Y.-M. Saint-Drenan, M. Sterner, Anforderungen an den Fluktuationsausgleich für die Stromversorgung Deutschlands mit erneuerbaren Energien 11. Symposium Energieinnovation, TU Graz, Österreich
	M. Landau ZEBRA – Ladeinfrastruktur in Hessen	P. Lyding, S. Faulstich Offshore~WMEP: Monitoring der Offshore-Windenergienutzung	

## VERÖFFENTLICHUNGEN

Februar 2010	Kassel Oktober 2010	RIVER, Stuttgart Juni 2010	Oktober 2010
S. Pezeshki, S. Funke, D. Nestle, J. Prior, J. Ringelstein	J. Ringelstein	K. Rohrig	K. Rohrig
Intelligente Netzschnittstellen für Elektrofahrzeuge	Decentralized Energy Management for Smart Houses - A Building block for the future smart grid –	Klimaschutz und Energieeffizienz durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien	Active Contribution of Wind Farms to System Reliability
15. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik „Erneuerbare Energie und E-Mobilität“, Kassel	6 <sup>th</sup> Japan-Germany Industry Forum, Tokio, Japan	Systemintegration erneuerbarer Energien – Fachgespräch zu Stromnetzen und Energiespeicherung, dena, Hamburg	GRIDS 2010: the backbone of Europe's energy future, Berlin
September 2010	November 2010	Juli 2010	November 2010
J. Prior	K. Rohrig	K. Rohrig	K. Rohrig
Comparison of Energy Management Systems (EMS) for Electric Vehicle (EV) Charging and Discharging	Welche zentralen Speicherarten sind möglich und wie teuer sind sie?	Netzintegration von Windenergie und Stromspeicher für eine zuverlässige Stromversorgung	Challenge of Wind Energy Integration: Requirements on System Reliability
2 <sup>nd</sup> European Conference "Smart Grids and E-Mobility", Brussels, Belgium	Deutsche Umwelthilfe Speicher-Fachgespräch, Berlin	GENI-Workshop „Windkraft, Speicher, Wasserstoff: Energie und Mobilität ohne Öl“ anlässl. Husum WindEnergy	WindEnergy Business 2010 Conference, German American Chamber of Commerce, Chicago, IL, USA
October 2010	März 2010	2010 Kongress, GENI e.V., Husum	November 2010
K. Rafik	K. Rohrig	September 2010	K. Rohrig, J. Schmid
Effizientes Datenmanagement als Basis einer zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltung	The Challenge of Power System Operation with Large Amounts of Wind Power		Netztintegration von Erneuerbaren Energien
BWE Fachtagung: Service, Wartung & Betrieb 2010, Hamburg	EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland	K. Rohrig	6. LBBW Erneuerbare Energien Konferenz, Zurich, Switzerland
Juni 2010	April 2010	Werkzeuge zur Netzintegration der Windenergie	Februar 2010
A. Reuter	K. Rohrig	WAB-Vortragsforum „Onshore-Windenergie: Die Entwicklung schreitet voran“ anlässl. Husum WindEnergy	K. Rohrig, R. Mackensen
Herausforderungen an die Technologieentwicklung	Vollversorgung mit erneuerbaren Energien: Machbar? Durchsetzbar? „Zukunftsfragen – kontrovers“, TU Braunschweig, Braunschweig	2010 Kongress, WAB e.V., Husum	The Combined RES Power Plant Project
FVEE Jahrestagung 2010, Berlin	Mai 2010	September 2010	EU-Workshop: Electric Cars and Integration of Renewable Energy at the 2020 horizon, Lyngby, Denmark
Oktober 2010		K. Rohrig	March 2010
A. Reuter	K. Rohrig	Status und Perspektiven regenerativer Energie	M. Roos, U. Berger
Perspektiven der Forschung zur Windenergienutzung	Klimaschutz und Energieeffizienz durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien	9. Brennstoffzellenforum Hessen	Anrechnung von Strom aus gebäude-nahen Photovoltaikanlagen auf den Gesamtenergiebedarf eines Gebäudes nach der EnEV 2009
Fraunhofer IWES Symposium Windenergie und Energiesystemtechnik,	Embedded Konferenz - Wettbewerbsfähig durch neue Technologien, WIND	„Wasserstoff im intelligenten Energie- und Antriebssystem“, HA Hessen	2. Anwenderforum GIPV, Bad Staffelstein
		Agentur GmbH, Kassel	

März 2010	F. Schlögl, H. Holttinen IEAWIND Task 25: Design and operation of power systems with large amounts of wind power	Fraunhofer Energietage, Berlin September 2010	quelle, Dechema, Frankfurt November 2010
F. Sayer, H.-G. Busmann, A. van Wingerde Development of a new Test Methodology for Adhesive Joints in the Wind Industry EWEC 2010 – European Wind Energy Conference and Exhibition Warschau, Polen April 2010	J. Schmid Smart Grids and Elektromobilität 5. Erfurter TechnologieDialog Erfurt April 2010	J. Schmid Transformation der Energiesysteme Fraunhofer IWES Symposium Windenergie und Energiesystemtechnik, Kassel Oktober 2010	J. Schmid The Role of Smart Grids in Future Energy Supply Systems, Grids 2010, Berlin November 2010
F. Sayer, A. Antouniou, A. van Wingerde, Fraunhofer IWES; F. Kleiner, M. Trusheim, Henkel AG & Co. KGaA Sub-Component Testing of Adhesive Bond Lines for Wind Turbine Blades DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	J. Schmid Bedeutung von Bioenergie für eine nachhaltige Energieversorgung 16. Internationale Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Freiberg September 2010	J. Schmid Zukünftige Energiesysteme? Forum Energieszenario 2050, Würzburg Oktober 2010	J. Schmid Der notwendige Ausbau des Übertragungsnetzes, Forum für Zukunftsenenergie, Berlin November 2010
F. Schlögl Stromversorgung mit erneuerbaren Energien am Beispiel der Modellregion Harz AGRION-Workshop „Speicherung und Netzintegration erneuerbarer Energien“, Frankfurt/Main März 2010	J. Schmid 16. Internationale Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Freiberg September 2010	J. Schmid The future for sustainable built environments with high performance energy systems Energy Transition - how to Convert Germanys Energy Supply, München Oktober 2010	J. Schmid Komponenten der Elektromobilität, Hessischer Mobilitätskongress 2010, Baunatal November 2010
F. Schlögl Technical integration of RES: First results from the E-Energy project RegModHarz 8 <sup>th</sup> Workshop of the International Feed-In Cooperation (IFIC), Berlin November 2010	J. Schmid Transformation der Energiesysteme und Elektromobilität 15. Kasseler Symposium, Kassel September 2010	J. Schmid Smart Grids and E-Mobility SmartGrids and E-Mobility in Future Energy Systems, Brussels, Belgium Oktober 2010	J. Schmid, A. von Oehsen, M. Sterner Klimaschutz durch technologische Fortentwicklung Bremer Umweltgespräche; Klimaschutzrecht im Wandel, Bremen Januar 2010
F. Schlögl Technical integration of RES: First results from the E-Energy project RegModHarz 8 <sup>th</sup> Workshop of the International Feed-In Cooperation (IFIC), Berlin November 2010	J. Schmid Intelligent Netze für die Integration erneuerbarer Energien in die elektrische Energieversorgung	J. Schmid Vision für ein nachhaltiges Energiesystem 2050 FVEE Jahrestagung 2010, Berlin Oktober 2010	J. Schmid, M. Sterner Die Rolle von Biomethan in zukünftigen Energiesystemen Europäische Biomethan Konferenz, Bad Hersfeld März 2010
F. Schlögl Technical integration of RES: First results from the E-Energy project RegModHarz 8 <sup>th</sup> Workshop of the International Feed-In Cooperation (IFIC), Berlin November 2010	J. Schmid Intelligent Netze für die Integration erneuerbarer Energien in die elektrische Energieversorgung	J. Schmid Zukünftige Energiesysteme – Windstrom wird zur wichtigsten Energie-	B. Schulz, T. Glotzbach, M. Mayer, C. Vodermayr, G. Wotruba Messergebnisse und Analysen nach zwei Jahren Round-Robin-Test mit

<p>Einstrahlungssensoren 25. Symposium Photovoltaische Solar- energie, Bad Staffelstein März 2010</p>	<p>42. Sitzung Arbeitskreis „Zukunfts- energien“, Forum für Zukunftsen- ergien, Berlin April 2010</p>	<p>sorgung? OSTWIND-Forum „Netzintegration erneuerbarer Energien“ – Netzwerk Zukunft: dezentral, erneuerbar und intelligent!, anlässlich Husum Wind- Energy 2010, Husum September 2010</p>	<p>B. Stürmer*, U. Zuberbühler* (*ZSW) Towards 100% renewables and beyond power: The possibility of wind to generate renewable fuels and materials DEWEK 2010, 10<sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010</p>
<p>M. Sterner Energie für die Mobilität - Effizienz der Energiewandlung und Beitrag Erneuerbarer Energieträger VDI Arbeitskreis Energietechnik, TU München, Lehrstuhl Energiesysteme, München Januar 2010</p>	<p>M. Sterner, F. Baumgart*, B. Feigl*, V. Frick*, N. Gerhardt, M. Jentsch, A. von Oehsen, Y.-M. Saint-Drenan, M. Specht*, B. Stürmer*, G. Wald- stein**, U. Zuberbühler* (* ZSW, ** SolarFuel) Renewable power to methane: Storing renewables by linking power and gas grids Electricity Storage Association 20<sup>th</sup> Anniversary Conference, Charlotte, North Carolina, USA May 2010</p>	<p>M. Sterner, J. Schmid Systemkonflikte und -lösungen auf dem Weg in das regenerative Zeitalter – heute bis 2050 Stromaufwärts - Energiekongress 2010, Wege zu einer sauberen Ener- giewirtschaft, Greenpeace Energy, Berlin September 2010</p>	<p>B. Valov Intelligente Selbstregelung dezentraler Erzeugungsanlagen im Verteilungs- netz VDE Kongress 2010, Leipzig November 2010</p>
<p>M. Sterner 100% Renewable Energy Supply for Cities and Nations – Technical Possibi- lities and Main Barriers European Sustainable Energy Week, Climate Alliance and EUBIA, Brussels, Belgium March 2010</p>	<p>M. Sterner, N. Gerhardt, M. Jentsch, M. Specht*, B. Stürmer*, U. Zuber- bühler*(* ZSW) Perspektiven des Energieträgers Methan: Methan aus Solar- und Windenergie 1. VDI-Kongress „Biogas-Aufbereitung und Einspeisung“, Frankfurt Juni 2010</p>	<p>M. Sterner, N. Gerhardt, C. Pape, J. Schmid Netzausbau vs. Speicher vs. Energie- management? Möglichkeiten und Grenzen der Ausgleichsmaßnahmen Jahreskonferenz Erneuerbare Energie ee10 „Zukunft der Erneuerbaren in Europa“, Berlin Oktober 2010</p>	<p>B. Valov, S. Heier Reactive Power Balance in Offshore Generation and AC Transmission Systems DEWEC 2010 – 10<sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010</p>
<p>M. Sterner Future Bioenergy and Sustainable Land Use: Main Results of a Global Bioenergy Analysis IEA Bioenergy Task 38 Conference: Greenhouse gas emissions from bioenergy systems, Brussels, Belgium March 2010</p>	<p>M. Sterner, P. Hochloff, K. Rohrig Markt-Integration von Speichern BMU-Workshop zur Marktintegration erneuerbarer Energien, Berlin Juli 2010</p>	<p>M. Sterner, G. Ebert*, M. Specht** (* Fraunhofer ISE, **ZSW) Technologievergleich einer regenerati- ven Energieversorgung des Verkehrs FVEE-Jahrestagung 2010: „Forschung für das Zeitalter der erneuerbaren Energien“, Berlin Oktober 2010</p>	<p>F. Vorpahl Lasten-, Dynamik- und Schwingungs- aspekte bei der Entwicklung von Offshore-WEA VDI-Fachkonferenz „Offshore- Windenergieanlagen – Technische Zuverlässigkeit, Anlagendynamik und Instandhaltungskonzepte“, Bremerhaven Oktober 2010</p>
<p>M. Sterner, N. Gerhardt, A. von Oeh- sen, K. Rohrig, Y.-M. Saint-Drenan, J. Schmid Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf konven- tionelle Kraftwerke – Lösungen zur EE-Integration</p>	<p>M. Sterner, N. Gerhardt, K. Rohrig Energie speichern, Zukunft meistern: Welche Speicher brauchen wir auf dem Weg zur regenerativen Vollver-</p>	<p>M. Sterner, A. von Oehsen, C. Pape, Y.-M. Saint-Drenan, M. Specht*,</p>	<p>S. Wessels, H.-G. Busmann, I. Koprek, M. Strobel, A. van Wingerde Improved fatigue design methods for offshore wind turbine rotor blades</p>

considering non-linear Goodman analysis combined with finite element Analysis EWEC 2010 – European Wind Energy Conference and Exhibition Warsaw, Poland April 2010	Windenergieanlagen – Technische Zuverlässigkeit, Anlagendynamik und Instandhaltungskonzepte“, Bremerhaven Oktober 2010	J. Daniel-Gromke, B. Schumacher Endbericht zum Projekt Die Rolle des Stroms aus Biogasanlagen in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen April 2010	Utilisation of Inland Wind Power - Characterisation of the Wind Resource in forested Hills EWEC 2010 – European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010
A. van Wingerde Prospects of German Norwegian Joint Research Projects German-Norwegian Workshop Institute of Structural Analysis, Leibniz Universität Hannover Hannover Februar 2010	<b>Weitere Veröffentlichungen, Posterbeiträge und Vorträge von oder mit Beteiligung von Wissenschaftlern des Fraunhofer IWES</b>	M. Braun, K. Büdenbender, M. Landau, D. Magnor, D. Sauer, A. Schmiegel: Charakterisierung von netzgekoppelten PV-Batteriesystemen - Verfahren zur vereinfachten Bestimmung der Performance, 25. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein März 2010	D. Callies, S. Hagemann, B. Hahn, B. Lange A new Research Project for testing LiDAR Measurements at great Hub Heights on a Semi-Complex Site ISARS 2010 - International Symposium for the Advancement of Boundary Layer Remote Sensing, Paris, France June 2010
A. van Wingerde Experimentelle Prüfung von Rotorblättern 2. Fachveranstaltung Rotorblätter von Windenergieanlagen Haus der Technik, Essen Juni 2010	M. Beil State of the art biogas upgrading to biomethane BIOGASMAX-Training Session Region of Lombardy, Milano, Italy March 2010	R. Bründlinger, M. Braun, H. Fechner, K. Frederiksen, G. Graditi, B. Kroposki, I.F. MacGill, C. Mayr, K. Ogimoto, L. Perret, D. Turcotte Bringing together international research on High Penetration PV in Electricity Grids – The new Task 14 of the IEA-PVPS programme 4 <sup>th</sup> International Conference on Integration of Renewable and Distributed Energy Resources, Albuquerque, New Mexico, USA December 2010	J. P. da Costa Contribution to Study of Doubly-Fed Induction Generators: Operation under Network Disturbances. EAWE PhD Seminar 2010 – European Academy of Wind Energy, Trondheim, Norway October 2010
A. van Wingerde Experimentelle Prüfung von Hochleistungs-Rotorblättern VDI-Fachkonferenz „Offshore-Windenergieanlagen – Technische Zuverlässigkeit, Anlagendynamik und Instandhaltungskonzepte“, Bremerhaven Oktober 2010	M. Beil Biogas upgrading to biomethane Workshop for Chinese delegation within German Technical Cooperation study tour, Hanau August 2010	H.-G. Busmann Forschung und Entwicklung in der Windindustrie ThyssenKrupp Workshop Bremerhaven Mai 2010	T. Degner Intelligente Niederspannungsnetze Chapter Meeting des IEEE Joint IAS/PELS/IES German Chapters, Kassel Juni 2010
G. Wolken-Möhlmann Offshore-Umweltbedingungen und Windleistungsvorhersage VDI-Fachkonferenz „Offshore-	S. Bofinger, M. Braun, N. Gerhardt, K. Hartmann, M. Jentsch, D. Kirchner, T. Reimann, Y.-M. Saint-Drenan, F. Schünemeyer, C. Costa Gomez,	D. Callies, R. Döpfer, S. Hagemann, B. Hahn, B. Lange, K. Otto	J. Dobschinski, A. Wessel, B. Lange (IWES), L. von Bremen (ForWind) Carl von Ossietzky (University Oldenburg) How to Construct a Reliable Ensemble Forecast DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen

## VERÖFFENTLICHUNGEN

November 2010	April 2010	Tagungsband 19. Symposium Bioenergie (OTTI) Bad Staffelstein November 2010	Intelligentes Verteilnetz – Lastmanagement und dezentrale Erzeugung VDE-Kongress 2010 „Smart Cities“, Leipzig November 2010
J. Dobschinski, L. von Bremen, B. Lange, A. Wessel, How to construct a reliable ensemble forecast? DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	P. Funtan Fehlerströme und Schutztechniken in Photovoltaikanlagen - Theoretische Betrachtungen zum Einsatz von Sicherungen in Photovoltaikanlagen 3. Sicherheitstag, Würzburg Mai 2010	H. Hahn, U. Hoffstede Biogasmax-Final demonstration report from sites www.biogasmax.eu December 2010	S. Heier, P. Kühn Aktueller Stand der Technik und Technologien von Kleinwindanlagen und deren Ertragsprognosen Forum Kleinwindanlagen, CEP Clean Energy & Passive House, Internationale Fachmesse für Erneuerbare Energien, Stuttgart Februar 2010
S. Faulstich Zuverlässigkeit von Windenergieanlagen FGW-Mitgliederversammlung 2010, Hamburg Mai 2010	M. Geyler, B. Jasiewicz Parameter Estimation for Control Design Models Based on Operational Modal Analysis DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	H. Hahn, U. Hoffstede Final Assessment Report On Residual Materials www.biogasmax.eu December 2010	T. Heusinger von Waldegge, H. Huhn, J.-U. Jakomeit, N. Peters, H. Schnars Long-term reliable offshore application of sensor systems EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010
S. Faulstich, R. Gindele, D. Greenwood, B. Hahn, P. Tavner, M. Whittle Study of Effects of Weather & Location on Wind Turbine Failure Rates EWEC 2010– European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010	H. Hahn Biogas production from organic residues BIOGASMAX-Training Session Region of Lombardy, Milano, Italy March 2010	H. Hahn, F. Kirchmeyr, D. Rutz Best practice examples for biogas financing www.biogasin.org December 2010	P. Hochloff, K. Lesch, K. Rohrig, F. Schlögl, M. Speckmann A new financial incentive for the integration of large amounts of wind energy EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010
S. Faulstich, V. D. Brune, B. Hahn, P. Lyding A Collaborative Reliability Database for Maintenance Optimisation EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010	H. Hahn, M. Beil Wann lohnt sich die Gaseinspeisung und worauf kommt es an? - Technologieüberblick Biogasaufbereitung Workshop „Gasaufbereitung und Gaseinspeisung“ Hannover-Ronnenberg September 2010	H. Hahn, F. Kirchmeyr, D. Rutz Best practice examples for biogas plant permitting www.biogasin.org December 2010	P. Hochloff, K. Rohrig Der Kombikraftwerksbonus – eine Perspektive für 2012 BWE-Fachtagung „Direktvermarktung: Markt- und Systemintegration – Quo vadis?“, Bundesverband WindEnergie
S. Faulstich, B. Hahn, S. Lopez, P. Lyding Offshore-WMEP – Monitoring offshore wind energy use EWEC 2010 – European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland	H. Hahn, M. Beil, W. Urban, J. Grope Biomethan in Deutschland: Ein Branchenüberblick - Ergebnisse aus dem BMU-Projekt BIOMON	M. Hau, M. Wecker, M. Geyler Wind Park Electrical Model for a Real-Time Park Controller Test Bed DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	
		W. Heckmann, T. Degner, F. Gafaro, M. Krause (IBP), R. Meyer (E.ON Mitte)	

e.V., Hamburg Oktober 2010	EMV-Tagung 2010, Düsseldorf März 2010	www.green.finanztreff.de Dezember 2010	Struktur, Bau, Wirtschaft und Verkehr, Gelnhausen August 2010
I. Hübler, L. Quesnel Gestresste Riesen – Simulation und Validierung von Offshore-Tragstrukturen Erneuerbare Energien, S. 40-45 Februar 2010	P. Kühn Kleine Windenergieanlagen - Betriebserfahrungen und Ertragsabschätzung 3. BWE-Kleinwindanlagen-Symposium, Husum März 2010	M. Landau, A. Schmiegl Eigenverbrauch zählerabhängig Fachzeitschrift „photovoltaik“, Ausgabe 05/2010 Mai 2010	R. Mackensen, A. Gesino, K. Rohrig, Y.-M. Saint-Drenan, W. Slaby Strategies and Tools for the Grid Integration of Renewables Hannover Messe 2010, Renewable Energy Forum - Sector Forum: Research meets Industry, Hannover April 2010
H. Huhn Das Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, IWES Wirtschaft trifft Wissenschaft. Bremen September 2010	P. Kühn Small wind turbine performance in Germany EWEC 2010 – European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010	B. Lange, M. Durstewitz, K. Rohrig Research for Offshore deployment - the case of alpha ventus EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010	S. Misara, T. Glotzbach, B. Schulz, P. Biswas Weak-light irradiation on BIPV-application, Results of the project MULTIELEMENT 25 <sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, Spain September 2010
S. Karnouskos, A. Dimeas, S. Drenkard, N. Hakiorgyion, K. Kok, V. Liolion, J. Ringelstein, P. Selzam, C. Warmer, A. Weidlich Monitoring and Control for Energy Efficiency in the Smart House Workshop “Energy Efficiency through Distributed Energy Management in Buildings”, International Conference on E-Energy, Athens, Greece October 2010	P. Kühn Blick in die Glaskugel: Erträge von Kleinwindanlagen in: Erneuerbare Energien, Heft Juli 2010, S. 38-40 Juli 2010	K. Lesch, A. Baier, P. Hochloff, F. Schlögl The Role of the Different Forecasts Used in Combined Renewable Power Plants DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010	H.-G. Moll, H.-G. Busmann, F. Vorpahl Dynamics of Support Structures for Offshore Wind Turbines in Fully-coupled Simulations - Influence of Water Added Mass on Jacket Mode Shapes, Natural Frequencies and Loads EWEC 2010 European Wind Energy Conference, Warsaw, Poland April 2010
J. Kirchhof Beeinflussung von Energiezählern durch PV-Wechselrichter Elektropraktiker PV Januar 2010	B. Krautkremer Bioenergie - Energie für die Zukunft? Forum „Energie-Stadt-Innovation“, Kassel Oktober 2010	P. Lichtner Netzeinspeisung regenerativer Energie: Das Pilotprojekt Harz.EE-mobility Forum E-Mobilität Mitteldeutschland, Stadt Halle, Halle (Saale) Juni 2010	D. Nestle, J. Ringelstein, H. Waldschmidt Open Energy Gateway Architecture for Customers in the Distribution Grid it information Technology, journal
J. Kirchhof Grenzwertlücke - Wechselrichter stört Elektrizitätszähler	B. Krautkremer Inwiefern könnte Bioenergie die Energie der Zukunft sein?	P. Lichtner Virtuelle Kombikraftwerke: Chancen und Anforderungen an eine Erneuerbare Energieversorgung SPD-Kreistagsfraktion Main Kinzig, Gemeinsame Sitzung der Arbeitskreise Umwelt und ländlicher Raum sowie	

## VERÖFFENTLICHUNGEN

February 2010	in: Erneuerbare Energien, Heft 04/2010, S. 44-47	in: Eta green, Heft 01/2010, S. 30-33	Future Development of Energy Systems
A. von Oehsen, N. Gerhardt, M. Jentsch, C. Pape, Y.-M. Saint-Drenan, M. Sterner	April 2010	Januar 2010	ThyssenKrupp Workshop, Bremerhaven
Large Scale energy storage for a 100% renewable electricity system in Germany	K. Rohrig	F. Schlögl	Mai 2010
6 <sup>th</sup> EAWE PhD Seminar on Wind Energy in Europe, Trondheim, Norway, Seminar Proceedings, S. 149-153	Auf dem Weg zur regenerativen Vollversorgung	Dezentrale Stromerzeugung als ideale Ergänzung zu wachsenden Anteilen aus Strom und Wind	J. Schmid
September 2010	„Vollversorgung mit Erneuerbarer Energie – Eine Herausforderung für die Energienetze der Zukunft“, Aktiv-Region Nordfriesland Nord, Bredtstedt	B.KWK-Workshop, Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e. V., Frankfurt/Main	Weltklimavertrag und Verkehr KVG Pressekonferenz CO <sub>2</sub> -Neutralität Kassel
A. Reuter	Oktober 2010	Juni 2010	Juni 2010
Ideen zur Weiterentwicklung des Fraunhofer IWES WindEnergieZirkel e.V., Hamburg	K. Rohrig	F. Schlögl	J. Schmid
November 2010	Chancen und Perspektiven der Elektromobilität	Die ländliche Region als Kraftwerk in: Ländlicher Raum, 61. Jahrgang, Heft 03/2010, S. 82-83	Transformation der Energiesysteme Sommerakademie Prometheus 2010, Essen
A. Reuter	Prämierung 11. Promotion Nordhessen Businessplanwettbewerb, Kassel	Juli 2010	September 2010
Eröffnungsrede auf der DEWEK 2010, 10 <sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen	Dezember 2010	F. Schlögl	J. Schmid
November 2010	N. Schäfer, T. Degner, T. Keil, J. Jäger, A. Shustov	Erste Ergebnisse des E-Energy-Projekts RegModHarz	Die Rolle der Elektromobilität im Energiesystem der Zukunft
K. Rohrig	Adaptive Protection System for Distribution Networks with Distributed Energy Resources	Halbzeittreffen RegModHarz, Dardesheim	Seminar für Führungskräfte der Volkswagen AG
Vollversorgung durch erneuerbare Energien – Wunschdenken oder realistische Alternative?	10 <sup>th</sup> International Conference on Developments in Power System Protection – DPSP 2010, Manchester, UK	November 2010	Baunatal
IHK-Info-Veranstaltung: Nachhaltige Energiepolitik für den Industriestandort Saarland, Saarbrücken	March / April 2010	J. Schmid	September und November 2010
Februar 2010	N. Schäfer, T. Degner, T. Keil, J. Jäger	Bereitstellung von Energie – Windenergie, Forschungsbereich Energie Foresight-Prozess, Garching	J. Schmid, M. Sterner, M. Wickert, J. Barth
K. Rohrig	Schutzzuverlässigkeit in dezentralen Verteilnetzen	Februar 2010	Future Energy Systems
Groß und schlau: Netzausbau und die intelligente Steuerung von Windparks sind die Schlüssel zur Integration von großen Mengen Windenergie	ep Photovoltaik, Ausgabe Nov./Dez. 2010, HUSS-MEDIEN GmbH	J. Schmid	REMENA School, Kassel
	November 2010	Future Bioenergy and Sustainable Land Use, FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italy	Februar 2010
	F. Schlögl, K. Rohrig	March 2010	A. U. Schmiegel, K. Büdenbender, M. Bragard, M. Braun, C. Dick, M. Dittmer, R. W. De Doncker
	Harzer Energie	J. Schmid	K. Koch, M. Landau, Das Sol-ion System – Ein System zur Optimierung des Eigenverbrauchs von PV-Strom

<p>25. Symposium Photovoltaische Solar-energie, Bad Staffelstein März 2010</p>	<p>DEWEK 2010, 10<sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen November 2010</p>	<p>gung mit erneuerbaren Energien – unser Weg dahin Greenpeace Fachgruppentreffen Energie/Klima, Bad Hersfeld April 2010</p>	<p>der EE-Einspeisung und des Speicherbedarfs ETG Task Force „Energiespeicher“ im VDE, Frankfurt Juni 2010</p>
<p>B. Schulz, T. Glotzbach, S. Grünsteidl M. Mayer, C. Vodermayr, G. Watruba Evaluation of calibrated solar cells and pyranometers regarding the effective irradiance detected by PV modules 25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, Spain September 2010</p>	<p>M. Sterner, N. Gerhardt, A. von Oehsen, K. Rohrig, Y.-M. Saint-Drenan, J. Schmid Dynamische Simulation des BEE-Szenarios und Auswirkungen auf den konventionellen Kraftwerkspark Gemeinsame Pressekonferenz von DUH und BEE zum Systemkonflikt bei der Stromerzeugung, Berlin März 2010</p>	<p>M. Sterner, J. Schmid, M. Specht Klimaschutz durch eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien – unser Weg dahin 2. JBZE-Treffen (Jugendbündnis Zukunftsenergie), Berlin April 2010</p>	<p>M. Sterner, N. Gerhardt, Y.-M. Saint-Drenan, M. Specht, B. Stürmer, U. Zuberbühler Erneuerbares Methan - Ein innovatives Konzept zur Speicherung und Integration Erneuerbarer Energien und ein Weg zur regenerativen Vollversorgung in: „LIFIS ONLINE“, Internet-Zeitschrift des Leibniz-Instituts für interdisziplinäre Studien e.V. (LIFIS) Juli 2010</p>
<p>M. Specht*, F. Baumgart*, B. Feigl*, V. Frick*, M. Sterner**, B. Stürmer*, G. Waldstein***, U. Zuberbühler* (*ZSW, **IWES, ***SolarFuel) Speicherung von Bioenergie und erneuerbarem Strom im Erdgasnetz in: Themen 2009 - Forschen für globale Märkte erneuerbarer Energien, ForschungsVerbund Erneuerbare Energien, Berlin, S. 69-78 April 2010</p>	<p>M. Sterner, N. Gerhardt, Y.-M. Saint-Drenan, M. Specht, B. Stürmer, U. Zuberbühler Erneuerbares Methan - Eine Lösung zur Integration und Speicherung Erneuerbarer Energien und ein Weg zur regenerativen Vollversorgung in: Solarzeitalter, Heft 01/2010, S. 51-58 März 2010</p>	<p>M. Sterner, Y.-M. Saint-Drenan, J. Schmid, M. Specht, B. Stürmer, U. Zuberbühler Towards 100%: Integration of RE, simulation, scenarios and storage by linking power and gas grids National Renewable Energy Laboratory (NREL), Denver, Colorado, USA May 2010</p>	<p>M. Sterner, L. Leander Gas aus Sonne und Wind Online-Publikation: Welt der Physik, <a href="http://www.weltderphysik.de/">http://www.weltderphysik.de/</a> August 2010</p>
<p>M. Specht*, J. Brellochs*, V. Frick*, M. Sterner**, B. Stürmer*, G. Waldstein***, U. Zuberbühler (*ZSW, **IWES, ***SolarFuel) Speicherung von Bioenergie und erneuerbarem Strom im Erdgasnetz in: ERDÖL ERDGAS KOHLE, 126. Jg. 2010, Heft 10, S. 342-346 Oktober 2010</p>	<p>M. Sterner, Y.-M. Saint-Drenan, N. Gerhardt, A. von Oehsen, K. Rohrig, J. Schmid Auswirkungen des EE-Ausbaus auf konventionelle Kraftwerke: Neues Speicherkonzept – 100% EE-Vollversorgung BAG Energie von Bündnis 90/Die Grünen, Düsseldorf April 2010</p>	<p>M. Sterner, Y.-M. Saint-Drenan, J. Schmid, M. Specht, B. Stürmer, U. Zuberbühler Towards 100%: Integration of RE, simulation, scenarios and storage by linking power and gas grids University of California, Berkeley, California, USA May 2010</p>	<p>M. Sterner, J. Schmid Systemkonflikte und -lösungen auf dem Weg in das regenerative Zeitalter Parlamentarischer Abend in der Parlamentarischen Gesellschaft, Berlin September 2010</p>
<p>M. Speckmann, K. Direkvuttikul Provision of tertiary control by a regenerative virtual power plant</p>	<p>M. Sterner, J. Schmid, M. Specht Klimaschutz durch eine Vollversor-</p>	<p>M. Sterner, N. Gerhardt, M. Jentsch, A. von Oehsen, C. Pape, K. Rohrig, Y.-M. Saint-Drenan Erneuerbares Methan – Kopplung von Strom- und Gasnetz. Modellierung</p>	<p>M. Sterner, J. Schmid Dezentrale Energieerzeugung : Innovative Technologien für den dezentralen Einsatz 1. Arbeitstreffen der User Group „Dezentrale Energieversorgung - Smart Grids“, Energieforen Leipzig GmbH, Leipzig</p>

## VERÖFFENTLICHUNGEN

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <p>Oktober 2010</p> <p>M. Sterner, M. Specht</p> <p>Die Technologie „Power-to-Gas“ von ZSW und IWES: Energiespeicherung durch Kopplung von Strom- und Gasnetz</p> <p>Bundesnetzagentur, Bonn</p> <p>Oktober 2010</p>  | <p>Erfahrungsbericht zum EU-Projekt More Microgrids</p> <p>Informationsveranstaltung der Hessen Agentur: „EU-Fördermöglichkeiten für Projekte im Bereich Energieeffizienz und erneuerbare Energien, Universität Kassel</p> <p>Mai 2010</p>            | <p>G. Wolken-Möhlmann, B. Lange</p> <p>Simulation of motion induced measurement errors for wind measurements with LIDAR on floating platforms</p> <p>International Symposium for the advancement of boundary layer remote sensing, Paris, France</p> <p>June 2010</p> |
| <p>T. Stetz, M. Braun</p> <p>Wirtschaftlich optimierte Blindleistungsbereitstellung durch PV-Anlagen in Niederspannungsnetzen</p> <p>25. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein</p> <p>März 2010</p>  | <p>B. Valov</p> <p>Windenergie in Deutschland</p> <p>Videokonferenz im Rahmen des Innovationsforums in Novy Urengoy, Universität Kassel</p> <p>Oktober 2010</p>   | <p>G. Wolken-Möhlmann, B. Lange</p> <p>Reliable Weather Window Statistics for Installation and Service Planning of Offshore Wind Farms</p> <p>DEWEK 2010, 10<sup>th</sup> German Wind Energy Conference, Bremen</p> <p>November 2010</p>                              |
| <p>T. Stetz, M. Braun, B. Engel (SMA)</p> <p>J. Künschner</p> <p>Cost Optimal Sizing of Photovoltaic Inverters Influence of New Grid Codes and Cost Reductions</p> <p>25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, Spain</p> <p>September 2010</p>                           | <p>B. Valov, T. Degner, C. Jansen, P. Strauß</p> <p>„IWES-Konzept 2010“ zum Offshore-Übertragungssystem 2020</p> <p>DEWI Magazin No. 37, 2010, Seiten 44-51</p> <p>November 2010</p>  |   |
| <p>T. Stetz, W. Yan, M. Braun</p> <p>Voltage control in Distribution Systems with High Level PV-Penetration</p> <p>Improving Absorption Capacity for PV Systems by Reactive Power Supply</p> <p>25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Valencia, Spain</p> <p>September 2010</p> | <p>M. Wickert, A. Baier, P. Lichtner, J. Prior</p> <p>Benefit of a Simulation Model of a Decentralized Energy Management System for Electric Vehicle Charging eMobility - Electrical Power Train, VDE-Kongress 2010, Leipzig</p> <p>November 2010</p> |   |
| <p>B. Valov</p>   | <p>A. van Wingerde</p> <p>Das Rotorblatt-Testzentrum am Fraunhofer IWES</p> <p>Strategietage BMU, Berlin</p> <p>Oktober 2010</p>  |   |

# LEHRVERANSTALTUNGEN AN HOCHSCHULEN

## Vorlesungen

----- J. Bard Hydropower, Lecture 14,5 h, EUREC Master Course Renewable Energy, University of Kassel March 2010	C. Heinze Strömungslehre Vorlesung und Übung, 2 SWS Maritime Technologien / Process Engi- neering and Energy Technology Hochschule Bremerhaven, WS 2010/2011	January 2010  P. Kühn Build Your Own Wind Turbine, Lecture 1 h, Re <sup>2</sup> Master Course, University of Kassel February 2009	2 h, DAAD Summer School 2009 University of Kassel September 2009  M. Sterner Climate and Energy – Solving the Global Dilemma, Lecture 2 h 5 <sup>th</sup> Int. Kassel Summer School University Kassel, Friedrich-Ebert- Stiftung, Hans-Böckler-Stiftung, September 2009
J. Bard Brennstoffzellen, Vorlesung 1,5 h, Energiewandlungsverfahren, Studiengang Re <sup>2</sup> , Universität Kassel, Februar 2010	C. Heinze Pumpen, Motoren und Turbinen Vorlesung und Übung, 2 SWS Process Engineering and Energy Technology Hochschule Bremerhaven WS 2010/2011	P. Kühn Hybrid Systems: Wind Energy Lecture 6 h, EUREC Master Course Re- newable Energy, University of Kassel February 2010	M. Sterner Wind Energy Integration – Electrical Aspects, Planning Aspects, Seminar 16 h, EPE – Empresa de Pesquisa Energética Rio de Janeiro, Brasil October 2009
J. Bard Wasserkraft und Meeresenergie, Vorlesung 3,5 h, Summerschool Solar- campus Jülich, Fachhochschule Jülich Juni 2010	B. Krautkremer Biomass in Hybrid Systems, Lecture 16 h, EUREC Master Course Renewa- ble Energy, University of Kassel March 2010	M. Puchta, D. Schledde E-Mobility and Energy Storage Tech- nologies, Lecture 2 h, DAAD Summer School 2009, University of Kassel September 2009	
M. Blunk Struktursimulation in der Windenergie Vorlesung 2 SWS, Hochschule Bremer- haven, WS 09/10	B. Krautkremer Energetische Nutzung von Biomasse Vorlesung 8 h, Anlagenplaner Erneuer- bare Energien, Universität Kassel April 2009	K. Rohrig Wind Energy, Lecture 3 h, 7 <sup>th</sup> SolNet PhD course on Renewable Energies and Energy Efficiency Kassel of University September 2009	
M. Braun, A. Notholt-Vergara, M. Roos, M. Vandenbergh Photovoltaic Systems Technology PV Systems Technology, Lecture 2 h semester periods per week, University of Kassel WS 2009/2010	B. Krautkremer Energetische Biomassenutzung und Energieeffizienz, Vorlesung 2 SWS, FB Maschinenbau, Universität Kassel WS 2009/2010	M. Sterner Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung – Bioenergie im Kontext von Energiesystemen, Vorlesung 2 h, 31. Universitätsseminar Dialog Wissenschaft und Praxis, Universität Köln Mai 2009	
D. Geibel, N. Schäfer Grid Design, Lecture 4,5 h, EUREC Master Course Renewable Energy, Universität Kassel March 2010	P. Kühn Wind Energy, Lecture 4 h, Environ- mental Engineering: Renewable Energy Sources, International Winter University, University of Kassel	M. Sterner Mobility with Renewable Energy – Electro Mobility vs. Bio Fuels, Lecture	

# DISSERTATIONEN, DIPLOMARBEITEN UND MASTERARBEITEN

## ----- Dissertationen -----

A. Gesino

Power reserve provision with wind farms: Grid integrations of wind power  
Fachbereich Elektrotechnik/Informatik  
Universität Kassel, November 2010

J. Ringelstein

Betrieb eines übergeordneten dezentral entscheidenden Energiemanagements im elektrischen Verteilnetz  
Fachbereich Elektrotechnik/Informatik  
Universität Kassel, Februar 2010

B. Sahan

Wechselrichtersysteme mit Stromwischenkreis zur Netzanbindung von Photovoltaik-Generatoren, Fachbereich Elektrotechnik/Informatik  
Universität Kassel, Februar 2010

## ----- Diplom- und Masterarbeiten -----

S. Ahamad

Entwicklung eines Konzeptes zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Planetengetrieben für Windenergieanlagen, Technische Universität Dortmund, WS 2009/2010

B. Ahmadi

Modellierung des Baugrunds für die Simulation einer Windenergieanlage mit Modelica und Abaqus  
HS Bremen, WS 09/10

V. D. Brune

Entwicklung zustandsorientierter Instandhaltungsstrategien für Hauptkomponenten von Offshore-Windparks unter ökonomischen Aspekten  
Universität Kassel, WS 2009/2010

K. Direkvuttikul

Regelenergie durch Virtuelle Kraftwerke  
Masterarbeit  
Universität Kassel, August 2010

D. Duckwitz

Aktive Turmschwingungsdämpfung an Windenergieanlagen mittels Einzelblattverstellung  
Universität Kassel, Juni 2010

O. Franz

Konzeptentwicklung für eine Benutzerschnittstelle zur Integration von Elektrofahrzeugen in ein Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien  
Universität Kassel, Januar 2010

D. J. Gläser

Anreizbasierte Einbindung von Elektrofahrzeugen in dezentrale Versorgungsstrukturen zum Energie- und Netzmanagement  
Universität Flensburg, März 2010

O. Haufa

Integration von Regelungs- und Betriebsführungsstrategien eines Brennstoffzellensystems auf einer

Industrie-Steuerung

Studiengang Regenerative Energietechnik  
FH Nordhausen, August 2010

C. Jansen

Einbindung von Offshore-Windparks an das Deutsche Verbundnetz und an Europäisches Supergrid  
Diplomarbeit (Bachelor)  
Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Juli 2010

M. Krebs

Verifikation von Modelica-Programmen mit OCL  
Technische Universität Dresden, SS 2010

P. Kurtscheidt

Participation of Virtual Power Plants on the Danish Power Exchange and Regulating Power Markets  
Diplomarbeit  
TU Berlin, April 2010

H. Kyling

Entwicklung und Validierung einer objektorientierte Beschreibung von Rotorblättern für die Simulation von Windenergieanlagen  
RWTH Aachen, SS 2010

M. Lei

Real-Time Optimization of Reactive Power Supply – Simulation and Laboratory Experiments  
TU Berlin, Februar 2010

M. Nuschke

Entwicklung und Implementierung einer Betriebsführungsstrategie auf einem Beckhoff-System  
Studiengang Regenerative Energietechnik  
FH Nordhausen, Oktober 2010

A. Oesterdiekhoff

Treibhausgasbilanz von regenerativ erzeugtem Strom aus einem virtuellen Kraftwerk  
Diplomarbeit  
Universität Flensburg, Juli 2010

E. De Pascalis

Analyse der Ausgleichsmechanismen innerhalb der EEG-Bilanzkreise infolge von Unsicherheiten in der Windleistungsvorhersage  
FH Kempten, März 2010

A. Pathak

Influence of superelement modeling on fatigue estimation for a life like 5-MW turbine on a tripod support structure  
Universität Rostock, SS 2010

H. Reichardt

Entwicklung und Erprobung eines Micro Grid Controllers für Verteilnetze mit einem hohen Anteil an dezentralen Energieerzeugungsanlagen  
Diplomarbeit  
FH Nordhausen, Juni 2010

J. Rose

Ermittlung und Bewertung des

# PATENTE UND WEITERE SCHUTZRECHTE

Zuverlässigkeitsverhaltens von Windenergieanlagen auf Basis konkreter Betriebserfahrungen  
Fernuniversität Hagen, WS 2009/2010

D. Schledde  
Automatisierte Parameteridentifikation eines Batteriemodells durch evolutionäre und iterative Algorithmen  
Universität Kassel, November 2010

C. Scholz  
Entwicklung und Implementierung einer Betriebsführungsstrategie auf einem Beckhoff-System  
Studiengang Regenerative Energietechnik  
FH Nordhausen, Oktober 2010

A. Schulz  
Entwicklung einer Methode zur Prüfung von Ply-Drops in Faserverbundwerkstoffen unter Dauerbelastung - experimentelle Ergebnisse  
Technische Universität Braunschweig  
SS 2010

L. Stöckemann  
Elektrische Energieübertragungssysteme für Offshore-Windparks mit unterschiedlichen Betriebsfrequenzen  
Diplomarbeit (Bachelor)  
Universität Kassel, Dezember 2010

M. Teeken  
Energemarktanalyse zur Optimierung variabler Strompreise für Demand Side Management  
Diplomarbeit

Universität Kassel, November 2010  
J. Trigo Villavicencio  
Hybrid Energy System for Island Power Supply  
Masterarbeit  
FH Aachen, September 2010

C. Vachette  
Grid coupled Photovoltaic-Battery-System - Development of a Standard Proposal for Indoor System Characterization and System Modelling  
Masterarbeit  
Ecole de Mines, Paris, December 2010

Y. Wang  
Zuverlässigkeit elektrischer Komponenten in Windenergieanlagen  
Universität Kassel, WS 2009/2010

J. Wang  
Betrieb und Netzintegration von Offshore-Windpark „Alpha Ventus“  
Diplomarbeit (Master)  
Universität Kassel, September 2010

W. Yan  
Netzsimulationen zur Blindleistungsbereitstellung in Verteilnetzen durch Photovoltaikwechselrichter  
Diplomarbeit  
TU Darmstadt, Oktober 2010

## ----- Patente -----

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung der Kennlinien von photovoltaischen Bauelementen  
T. Glotzbach  
Patent DE 10 2009 039 707.8  
Anmeldung: 01.09.2009  
Eintragung: 10.12.2009

Wind/PV-to-SNG: Wandlung von regenerativem Strom zu Methan und dessen Verwendungsarten, Kopplung von Strom- und Erdgasnetz  
M. Sterner, B. Hahn, M. Specht\*, B. Stürmer\*, V. Frick\* (\*ZSW)  
Patent DE 10 2009 018 126.1  
Anmeldung: 09.04.2009

Vorrichtung zur Diebstahl-Überwachung des Solargenerators einer PV-Anlage  
J. Kirchhof  
Patent DE 10 2008 062 659.7  
Anmeldung: 16.12.2008  
Prüfantrag: 06.03.2009

Verfahren und Vorrichtung zum netzkonformen Betrieb von elektrischen Lasten und Erzeugern  
J. Ringelstein, C. Bendel, D. Nestle  
Patent DE 10 2008 057 563.1  
Anmeldung: 11.11.2008  
Prüfantrag: 18.08.2010  
Offenlegung: 30.09.2010

Verfahren und Vorrichtung zum netzkonformen Betrieb von elektrischen Lasten und Erzeugern

J. Ringelstein, C. Bendel, D. Nestle  
Patent EU 09 010 924.0  
Anmeldung: 26.08.2009  
Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Verluste eines Energiewandlers, insbesondere eines Stromrichters oder Synchrongenerators  
M. Braun  
Patent DE 10 2007 041 793.6  
Anmeldung: 03.09.2007  
Offenlegung: 05.03.2009  
Prüfantrag: 25.09.2008

Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der Ausgangsspannungen eines für 4-Leiter-Netze ausgelegten Wechselrichters beim Auftreten von Spannungsunsymmetrien  
J. Jahn  
Patent DE 10 2007 016 140.0  
Anmeldung: 11.04.2007  
Prüfantrag: 08.06.2007  
Offenlegung: 09.10.2008  
Erteilung: 13.05.2009

Verfahren und Vorrichtung zur indirekten Bestimmung dynamischer Größen einer Wind- oder Wasserkraftanlage mittels beliebig angeordneter Messsensoren  
J. Giehardts, D. Fedder\*, L. Kauke\* (\* LTI REnergy GmbH)  
Patent DE 10 2007 030 268.3  
Anmeldung: 28.06.2007

Strahlungssensor mit einer Solarzelle im PV-Generator  
C. Bendel, S. Ritter, M. Ries

## PATENTE UND WEITERE SCHUTZRECHTE

Patent DE 10 2006 055 642.9 Anmeldung: 22.11.2006 Offenlegung: 29.05.2008	Method and apparatus for measuring the impedance of an electrical energy supply system H. Faßhauer, M. Viotto	C. Schmitz Patent DE 100 07 850 Anmeldung: 21.02.2000 Offenlegung: 23.08.2001	Abstrahlen und/oder Empfangen von hochfrequenten elektromagnetischen Wellen C. Bendel, H. Henze, J. Kirchhof Patent DE 199 38 199 Anmeldung: 12.08.1999 Erteilung: 25.01.2001
Strahlungssensor mit einer Solarzelle im PV-Generator C. Bendel, S. Ritter, M. Ries EU 07 021 990.2 Anmeldung: 22.11.2006 Offenlegung: 29.05.2008	Patent US 6 933 714 Application: 19.02.2003 Publication: 04.09.2003 Patent grant: 23.08.2005	PV planar antenna: Apparatus for converting solar energy into electrical energy and for radiation and/or reception high frequency electromagnetic waves C. Bendel, H. Henze, J. Kirchhof Patent EP 076 407 Application: 11.08.2000 Publication: 14.02.2001	Vorrichtung zur Bestimmung der Wirk- und/oder Blindleistung in einem einphasigen elektrischen Wechselspannungssystem und deren Anwendung B. Burger, A. Engler Patent DE 199 49 997 Anmeldung: 15.10.1999 Offenlegung: 07.06.2001 Erteilung: 07.03.2005
PV-integriertes Doppelglasmodul C. Bendel, P. Funtan Patent DE 103 41 169 Anmeldung: 06.09.2003 Offenlegung: 07.04.2005 Prüfantrag: 04.09.2003 Erteilung: 18.09.2008	Device for equal-rated parallel operation of single or three-phase voltage sources A. Engler Patent JP 2003-111 281 Application: 21.08.2002 Publication: 11.04.2003	PV planar antenna: Apparatus for converting solar energy into electrical energy and for radiating and/or receiving high frequency electromagnetic waves C. Bendel, H. Henze, J. Kirchhof Patent US 6 395 971 Application: 09.08.2000 Publication: 28.05.2002 Patent grant: 28.05.2002	Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes und / oder der Kapazität einer Batterie R. Knorr, M. Rothert, C. Schmitz, B. Willer Patent DE 199 18 529 Anmeldung: 23.04.1999 Offenlegung: 23.11.2000 Erteilung: 06.04.2004
BEMI – Bidirektionale Netzanschlussstelle Einrichtung zum Anschluss eines Gebäudes oder dgl. an ein elektrisches Niederspannungsnetz C. Bendel, M. Landau, D. Nestle, M. Ries Patent EP 1 339 153 Anmeldung: 19.02.2003 Offenlegung: 27.08.2003	Device for equal-rated parallel operation of single or three-phase voltage sources A. Engler Patent EP 1 286 444 Application: 17.08.2002 Publication: 26.02.2003 Patent grant: 18.10.2006	PV planar antenna: Device converting solar energy into electric energy and for emitting and/or receiving high frequency electromagnetic waves C. Bendel, H. Henze, J. Kirchhof Patent JP 2001-199 226AA, 2007-068189AA Application: 14.08.2000, 06.09.2006 Publication: 27.04.2001, 15.03.2007	Blattverstellregelung Windenergieanlage: Nick- und Giermoment-Kompensation bei Windenergieanlagen T. Krüger, D. Morbitzer Patent DE 197 39 164 Anmeldung: 06.09.1997 Offenlegung: 04.03.1999 Erteilung: 17.09.2009
Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Impedanz eines elektrischen Energieversorgungsnetzes H. Faßhauer, M. Viotto Patent EP 1 340 988 Anmeldung: 19.02.2003 Offenlegung: 03.09.2003 Erteilung: 17.05.2006	Patent US 6 693 809 Application: 16.08.2002 Publication: 17.02.2004 Patent grant: 17.02.2004	PV-Planarantenne: Vorrichtung zur Umwandlung von Solarenergie in elektrische Energie und zum	
	Verfahren und Vorrichtung zur Energiebereitstellung beim kathodischen Korrosionsschutz C. Bendel, R. Horbelt, B. Middendorf,		

-----  
**Gebrauchsmuster**  
 -----

Wechselrichter zur Einspeisung elektrischer, mit einer PV-Anlage od. dgl. erzeugter Energie in ein Energieversorgungsnetz  
 P. Zacharias, A. Engler, A. Notholt Vergara  
 Gebrauchsmuster DE 20 2006 001 063  
 Anmeldung: 23.01.2006  
 Eintragung: 27.04.2006  
 Bekanntmachung: 01.06.2006

Regelvorrichtung zur Vermeidung der Sättigung eines mit wenigstens einem Kern versehenen Transformators  
 A. Engler, M. Meinhardt  
 Gebrauchsmuster DE 20 2005 013 246  
 Anmeldung: 18.08.2005  
 Eintragung: 17.11.2005  
 Bekanntmachung: 22.12.2005

Fermenterrechner  
 U. Hoffstede, R. Johannes, J. Kerzendorf, B. Krautkremer  
 Gebrauchsmuster DE 20 2005 004 972  
 Anmeldung: 17.03.2005  
 Eintragung: 11.08.2005  
 Bekanntmachung: 15.09.2005

Bestrahlungsstärkemessvorrichtung  
 C. Bendel, M. Ries  
 Gebrauchsmuster DE 20 2004 001 246  
 Anmeldung: 27.01.2004  
 Eintragung: 08.04.2004

Bekanntmachung:13.05.2004  
 Einrichtung zum Anschluss eines Gebäudes oder dgl. an ein elektrisches Niederspannungsnetz – Bidirektionale Netzanschlussstelle  
 C. Bendel, M. Landau, D. Nestle, M. Ries  
 Gebrauchsmuster DE 202 18 473  
 Anmeldung: 26.11.2002  
 Eintragung: 27.03.2003  
 Bekanntmachung: 30.04.2003

-----  
**Marken- und Geschmacks-  
 muster**  
 -----

DERlab (Bildmarke)  
 Gemeinschaftsmarkenanmeldung 006452619  
 Erstanmeldung DE: 30.05.2007  
 Anmeldung: 09.11.2007

PV-Castle (Bildmarke)  
 Gemeinschaftsmarkenanmeldung 005623582  
 Anmeldung: 29.12.2006  
 Veröffentlichung: 03.09.2007

PV-Nature (Bildmarke)  
 Gemeinschaftsmarkenanmeldung 005623624  
 Anmeldung: 29.12.2006  
 Veröffentlichung: 02.07.2007

ISET-BEMI+ (Bildmarke)  
 Gemeinschaftsmarkenanmeldung 005482005  
 Anmeldung: 08.11.2006

Eintragung: 15.11.2007  
 ISET (Wortmarke)  
 Gemeinschaftsmarkenanmeldung 004911889  
 Anmeldung: 16.02.2006  
 Eintragung: 24.05.2007  
 selfsync (Wort-/Bildmarke)  
 Markenanmeldung 303 48 949  
 Anmeldung: 23.09.2003  
 Eintragung: 17.03.2004

SOLPLANT (Wortmarke)  
 Markenanmeldung 300 41 549  
 Anmeldung: 31.05.2000  
 Eintragung: 05.02.2001

Strahlungssensor  
 Geschmacksmuster 499 05 182.3  
 Anmeldung: 27.05.1999  
 Eintragung: 04.10.1999

PVcad (Wort-/Bildmarke)  
 Markenanmeldung 398 66 737  
 Anmeldung: 31.10.1998  
 Eintragung: 10.05.1999

SolArchitekt (Wort-/Bildmarke)  
 Markenanmeldung 398 62 669  
 Anmeldung: 31.10.1998  
 Eintragung: 12.02.1999

# MITGLIEDSCHAFTEN

## Mitgliedschaften

AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller  
Forschungseinrichtungen „Otto von  
Guericke“ e.V.: P. Schaumann

BBE Bundesverband Bioenergie, Bonn:  
B. Krautkremer

BSW Bundesverband Solarwirtschaft,  
Berlin: M. Landau  
AK PV-Netzfragen: M. Braun

BWE Bundesverband Windenergie  
e.V., Osnabrück: S. Faulstich

DAST - Deutscher Ausschuss für Stahl-  
bau: P. Schaumann

CIGRE (Deutscher Arbeitskreis DAK):  
K. Rohrig

deENet – Kompetenznetzwerk Dezen-  
trale Energietechnologien e.V., Kassel

DER Journal – International Journal of  
Distributed Energy Resources - Editor:  
P. Strauß; Associate Editor: T. Degner

DERlab European Distributed Energy  
Resources Laboratories e.V.

Deutsche Energie-Agentur Projekt  
„biogaspartner“: M. Beil, U. Holz-  
hammer

DGS – Deutsche Gesellschaft für Son-  
nenenergie / ISES – International Solar  
Energy Society, München

DPG – Deutsche Physikalische Gesell-  
schaft: J. Dobschinski, P. Lichtner

Deutsche Physikalische Gesellschaft,  
Fachverbands Dynamik und Statisti-  
sche Physik, stellvertretender Leiter:  
J. Peinke

DEWI – Deutsches Windenergie  
Institut, Wissenschaftlicher Beirat:  
J. Peinke

EAWE – European Academy of Wind  
Energy

Editorial and Program Advisory Board  
„Energie“, Springer Verlag Heidel-  
berg, Berlin: J. Peinke

EERA Joint Programme Wind, Steering  
Committee: B. Lange

EERA Joint Programme Wind, subpro-  
gramme Wind Conditions: B. Lange

E-Energy Programm, Begleitforschung:  
FG Interoperabilität: D. Nestle, FG  
Rechtsfragen: H. Waldschmidt

Energie 2000, Energieagentur Land-  
kreis Kassel, Wolfhagen

EPE – European Power Electronics  
Association: N. Henze

EUBIA – European Biomass Industry  
Association, Brussels: U. Hoffstede

EUREC Agency – European Renewable

Energy Centers Agency, Brussels:  
P. Strauß

EUROSOLAR e.V., Bonn

Eurogia – The EUREKA Cluster for  
Low-Carbon Energy Technologies:  
P. Strauß

European EMTP – ATP Users Group  
e. V., Offenbach (EEUG): T. Degner

European Energy Research Alliance  
- Joint Program Wind Energy - Chair  
WG Energy Integration: K. Rohrig

European Wind Energy Technology  
Platform

WG 1 Wind Conditions: B. Lange;

WG 2: Wind Power Systems:

J. Giebhardt;

WG 3 Grid Integration, Vice Chair:

K. Rohrig;

WG 4 Offshore: M. Durstewitz,

P. Schaumann

EWEA – European Wind Energy Asso-  
ciation, Brussels

Fachverband BIOGAS e.V., Freising:  
B. Krautkremer, U. Hoffstede

FGE – Forschungsgesellschaft Energie  
an der RWTH Aachen: S. Faulstich

FGW – Fördergesellschaft Windener-  
gie e.V., Kiel

FNN – Forum Netztechnik/Netzbetrieb

im VDE, Berlin: T. Degner

Forschungsverbund EMV, Kassel

Forschungsverbund Fahrzeugsysteme,  
Kassel

Forum für Zukunftsenergien e.V.,  
Berlin

ForWind – Zentrum für Windenergie-  
forschung der Universitäten Olden-  
burg, Hannover und Bremen

FVEE Forschungsverbund Erneuerbare  
Energien, Berlin

GEE – Gesellschaft für Energiewissen-  
schaft und Energiepolitik, P. Lichtner

GERMANWIND – Windenergie-Cluster  
in der Nordwest-Region

GUS – Gesellschaft für Umweltsimula-  
tion e.V., Pfinztal: P. Funtan

Hessisches Energie-Forum 2020 - Spre-  
cher der Projektgruppe: K. Rohrig

HERO – Hessenrohstoffe e.V.,  
Witzenhausen: B. Krautkremer

IAEE International Association for  
Energy Economics: P. Lichtner

IBN – Interessengemeinschaft für den  
Einsatz von Batteriespeichern in elekt-  
rischen Netzen e.V., Magdeburg

# NORMUNGSGREMIEN RICHTLINIENAUSSCHÜSSE

IEA – Implementing Agreement Ocean Energy Systems der Int. Energy Agentur, Vice Chair: J. Bard

M. Landau

IEA – International Energy Agency: M. Durstewitz

Studiengemeinschaft für Fertigungbau AK Photovoltaik: P. Funtan

IEA Wind Task 25: National Representative: B. Lange

Technology Platform Wind Energy, WG Wind Conditions: B. Lange

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

VDE – Verband Deutscher Elektrotechniker, Bezirksverein Kassel e.V.:

IEEE Communication Society: P. Strauß

G. Arnold, W. Heckmann, M. Landau,

IEEE Power & Energy Society:

N. Schäfer, B. Valov

M. Braun, K. Rohrig

VDE-ETG: M. Braun

Inno-cnt Innovationsallianz Carbon Nanotubes

WAB – Windenergie-Agentur Bremerhaven/Bremen e.V.

ISES International Solar Energy Society: P. Lichtner

Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative, Hessen (H2BZ Initiative Hessen) e.V., Frankfurt Hoechst

IVBH – Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau: P. Schumann

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung – Globale Umweltveränderung, Berlin: J. Schmid, A. von Oehsen, M. Sterner

Kompetenzteam Biogas Hessen:

M. Beil, U. Hoffstede

KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft:

B. Krautkremer, U. Hoffstede;

AG „Gaseinspeicherung“: M. Beil;

Landesregierung Niedersachsen, Initiative „Zukunft schmieden“, AG Energie / Klimawandel: J. Peinke

LiTG – Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V., Berlin: J. Schmid,

## Normungsgremien

BSH – Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie, AG Standardisierung – Konstruktive Ausführung von Offshore-Windenergieanlagen: P. Schaumann

CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, Deutscher Sprecher CLC-TC 8.X System Aspects for Electrical Energy Supply: P. Strauß

CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, TC 8X WG03 Requirements for the Connection of Generators above 16 A: T. Degner, D. Geibel

CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, TC 82 PV solar Energy Systems: N. Henze

CIGRE WG C 6.07 Rural Electrification: M. Vandenbergh, P. Strauß

CIGRE WG C6.10 Technical and commercial standardisation of DER/microgrids components: P. Strauß

DEWI - OCC, Zertifizierungsbeirat: P. Schaumann

DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik, PG Windenergieanlagen, AG Beanspruchbarkeit: P. Schaumann

DKE in DIN und VDE, Komitee K383 Windenergieanlagen: P. Kühn

DKE in DIN und VDE, Arbeitskreis K383.01 Kommunikation in Windenergieanlagen, J. Giebhardt, F. Schlögl

DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, Obmann und deutscher Sprecher Komitee K261 Systemaspekte der elektr. Energieversorgung: P. Strauß

DKE – Deutsche Kommission, Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, Ad hoc Arbeitskreis GCPC Grid Connected Power Conditioner des UK 767.11: J. Kirchhof

DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, UK 767.1 Niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen

DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, Komitee K373 »Photovoltaische Systeme«: P. Funtan, N. Henze

DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, AK 373.0.2 Gebäudeintegrierte PV-Module: P. Funtan

DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, Obmann des AK 373.0.3 PV-Systemtechnik: N. Henze

## NORMUNGSGREMIEN UND RICHTLINIENAUSSCHÜSSE

DKE – Deutsche Kommission  
Elektrotechnik Elektronik Informati-  
onstechnik, AK 411 2.3 Leitungen für  
PV-Systeme: P. Funtan

DKE – Deutsche Kommission  
Elektrotechnik Elektronik Informati-  
onstechnik, Arbeitskreis Dezentrale  
Energieversorgung: P. Strauß

DKE – Deutsche Kommission Elektro-  
technik Elektronik Informationstech-  
nik, AK 952.0.17 Informationsmodelle  
und Kommunikation für dezentrale  
Energieversorgungssysteme: D. Nestle,  
G. Heusel

DKE – Deutsche Kommission  
Elektrotechnik Elektronik Informati-  
onstechnik, AK Inhouse Automation:  
D. Nestle

DKE – Deutsche Kommission  
Elektrotechnik Elektronik Informati-  
onstechnik, Fokus Netzintegration  
Lastmanagement und Dezentrale  
Energieerzeugung (NeLDE):  
D. Nestle, P. Strauß

DKE – Deutsche Kommission  
Elektrotechnik Elektronik Informati-  
onstechnik, Focus Dezentrale Energie:  
P. Strauß

DKE und VDE, Normungsausschuss  
GK 385 Meeresenergie-, Meeresströ-  
mungs-, Wellen- und Gezeiten-Kraft-  
werke, Nationales Spiegelkomitee des  
IEC TC114: J. Bard

DWA – Deutsche Vereinigung für  
Wasserwirtschaft, Abwasser und  
Abfall e.V., AG AK-8.3 Aufbereitung  
von Biogas: M. Beil

Germanischer Lloyd, Fachausschuss  
Windenergie. P. Schaumann

IEA – International Energy Agency  
Vice Chair Implementing Agreement  
Ocean Energy Systems: J. Bard

IEC – International Electrotechnical  
Commission, Deutscher Sprecher  
IEC TC8, System Aspects of Electrical  
Energy Supply: P. Strauß

IEC – International Electrotechnical  
Commission, IEC TC 77A EMC, Low  
Frequency Phenomena: N. Henze

NABau – NA 005 Normenausschuss  
Bauwesen: P. Schaumann

NABau – NA 005-51 FBR Fachbe-  
reichsbeirat KOA 01; Mechanische  
Festigkeit und Standsicherheit:  
P. Schaumann

NABau – NA 005-08 FBR Lenkungs-  
gremium Fachbereich 08 - Stahlbau,  
Verbundbau, Aluminiumbau:  
P. Schaumann

### ----- Richtlinienausschüsse -----

DERlab – Network of DER Laboratories  
and Pre-Standardisation, Vorstands-  
vorsitzender: P. Strauß

VDI Richtlinienausschuss 3834,  
Messung und Beurteilung der  
mechanischen Schwingungen von  
Windenergieanlagen und deren Kom-  
ponenten: J. Giebhardt

VDI-Richtlinienausschuss VDI 4656,  
Planung und Dimensionierung von  
Mikro-KWK-Anlagen: P. Selzam

FGW – Fachausschuss Instandhaltung  
(TR7): S. Faulstich (Obmann)

FGW – Fachausschuss Elektrische Ei-  
genschaften (TR 3, TR 4 und TR 8): AK  
Bestimmung der elektr. Eigenschaften  
– Netzverträglichkeit: G. Arnold;  
AK Photovoltaik: G. Arnold (Obmann),  
A. Notholt-Vergara, T. Degner;  
AK Modellierung / Validierung:  
G. Arnold  
AK Zertifizierung: A. Notholt-Vergara

# PUBLIKATIONEN

## Bücher und Schriftenreihen

Use of Electronic-Based Power Conversion for Distributed and Renewable Energy Sources - 20 Years of Research on Power Conversion Systems  
Hrsg: Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Zacharias, Fraunhofer IWES, Kassel, Germany  
Wissenschaftl. Fachbuch Hardcover, 685 S., Farbdruck, Preis: 149,- Euro, 2. Auflage März 2009

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz – Renewable Energies and Energy Efficiency  
Gemeinsame Schriftenreihe des Fraunhofer IWES und der Universität Kassel  
Hrsg: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmid  
Bezugsquelle: kassel university press  
<http://www.uni-kassel.de/upress/>

Band 1: Cornel Ensslin  
The Influence of Modelling Accuracy on the Determination of Wind Power Capacity, Effects and Balancing Needs  
116 p., ISBN: 978-3-89958-248-2  
2007

Band 2: Martin Staffhorst  
The Way to Competitiveness of PV – An Experience Curve and Break-even Analysis  
148 p., ISBN: 978-3-89958-241-3  
2006

Band 3: Manuel Sánchez Jiménez  
Smart Electricity Networks Based on

Large Integration of Renewable Sources and Distributed Generation  
152 p., ISBN: 978-3-89958-257-4  
2007

Band 4: Alexander Badelin  
Large-scale integration of wind power in the Russian power supply: analysis, issues, strategy  
126 p., ISBN: 978-3-89958-339-7  
2007

Band 5: Aleksandra Saša Bukvić-Schäfer  
Lastmanagement – Nutzung der thermischen, Kapazität von Gebäuden als nichtelektrischer Energiespeicher in elektrischen Versorgungssystemen  
95 S., ISBN: 978-3-89958-356-4  
2007

Band 6: Tawatchai Suwannakum  
Mini-Grid System for Rural Electrification in the Great Mekong Sub Regional Countries  
177 S., ISBN: 978-3-89958-364-9,  
2008

Band 7: David Nestle  
Energiemanagement in der Niederspannungsversorgung mittels dezentraler Entscheidung. - Konzept, Algorithmen, Kommunikation und Simulation  
231 S., ISBN: 978-3-89958-390-8,  
2008

Band 8: Giovanni Mattarolo  
Development and Modelling of a

Thermophotovoltaic System  
132 S., ISBN: 978-3-89958-375-5,  
2008

Band 9: Jörg Jahn  
Energiekonditionierung in Niederspannungsnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Integration verteilter Energieerzeuger in schwachen Netzausläufern  
160 S., ISBN: 978-3-89958-377-9,  
2008

Band 10: Martin Braun  
Provision of Ancillary Services by Distributed Generators. Technological and Economic Perspective  
278 S., ISBN: 978-3-89958-638-1,  
2009

Band 11: Indradip Mitra  
Optimum Utilization of Renewable Energy for Electrification of Small Islands in Developing Countries  
221 S., ISBN: 978-3-89958-694-7,  
2009

Band 12: Björn Eide  
Regelung und Optimierung eines Brennstoffzellensystems für die Hausenergieversorgung  
100 S., ISBN: 978-3-89958-696-1,  
2009

Band 13: Andrey Shustov  
Netzschutz für elektrische Energieversorgungssysteme mit hohem Anteil dezentraler Stromerzeugungsanlagen  
186 S., ISBN: 978-3-89958-778-4,

2009

Band 14: Michael Sterner  
Bioenergy and renewable power methane in integrated 100% renewable energy systems. Limiting global warming by transforming energy systems  
212 S., ISBN: 978-3-89958-798-2,  
2009

Band 15: Ramchandra Bhandari  
Role of Grids for Electricity and Water Supply with Decreasing Costs for Photovoltaics  
152 S., ISBN: 978-3-89958-958-0,  
2010

Band 16; Jan Ringelstein  
Betrieb eines übergeordneten dezentral entscheidenden Energiemanagements im elektrischen Verteilnetz  
261 S., ISBN: 978-3-86219-008-9,  
2010

## Studien, Reports und Buchbeiträge

K. Knorr, D. Callies, J. Dobschinski, Y.-M. Saint-Drenan, K. Rohrig  
Mitautoren von: Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick auf 2025 - dena-Netzstudie II,  
Endbericht, dena, November 2010

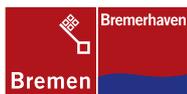
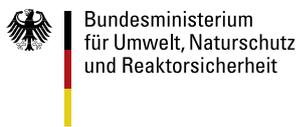
P. Kühn  
How Much Electricity do Small Wind Turbines Generate? - A Small Tool for

## PUBLIKATIONEN

- Yield Estimation  
Special Report in Buch: Wind Energy International 2009/2010, WWEA, 2009, ISBN: 978-3-940683-01-4  
July 2009
- J. Ringelstein, D.Nestle, P. Selzam, H. Waldschmidt, A. Kießling, M. Khat-tabi  
Demand Side Management im E-Ener-gy Projekt Modellstadt Mannheim  
VDI-Fortschritt Bericht Reihe 6, Nr. 593, Seite 45-61  
2010
- K. Rohrig  
Dynamische Simulation der Strom-versorgung in Deutschland nach dem Ausbauszenario der Erneuerbaren-Energien-Branche, Studie des IWES für den Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., Kassel  
Februar 2010
- K. Rohrig  
Kombikraftwerk 2.0: Vernetzung von Bedarf und Produktion  
in: Kraftwerke für Jedermann: Chan-cen und Herausforderungen einer dezentralen erneuerbaren Energiever-sorgung, Sammelband Dezentralität, Hrsg: Agentur für Erneuerbare Energi-en e.V., Berlin, S. 76-79  
September 2010
- Y.-M. Saint-Drenan, M. Sterner, A. von Oehsen, N. Gerhardt, S. Bofinger, K. Rohrig  
Dynamische Simulation der Strom-versorgung in Deutschland nach dem Ausbauszenario der Erneuerbaren-Energien-Branche, Studie des IWES für den Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., Kassel  
Februar 2010
- J. Schmid, M. Sterner, K. Rohrig, H.-G. Busmann, et.al.  
Energiekonzept 2050  
Mitglieder des FVEE-Fachausschusses  
Berlin  
Juni 2010
- M. Sterner  
Nachhaltige Weltenergiesysteme.  
Wege in eine kohlenstoffarme Ener-giezukunft.  
T. Debiel, D. Messner, F. Nuscheler, M. Ulbert (Hrsg.): Globale Trends  
2010, Frankfurt am Main: Fischer  
Taschenburg Verlag  
Januar 2010
- M. Sterner, N. Gerhardt, Y.-M. Saint-Drenan, A. von Oehsen, P. Hochloff, M. Kocmajewski, M. Jentsch, P. Licht-ner; C. Pape, S. Bofinger, K. Rohrig  
Energiewirtschaftliche Bewertung von Pumpspeicherwerken und anderen Speichern im zukünftigen Stromversorgungssystem, Studie des Fraunhofer IWES für Schluchseewerk AG, Kassel, März 2010
- M. Faulstich, M. Mocker (Hrsg.): Bio-masse & Abfall. Emissionen mindern und Rückstände nutzen. Sulzbach-Rosenberg: Dornier PrintConcept GmbH (Verfahren & Werkstoffe für die Energietechnik, 5), S. 23–38.  
Juni 2010
- B. Valov, P. Zacharias  
Die Nordsee geht ans Netz  
Beitrag zur 2. Auflage des Buches  
Erneuerbare Energie, Herausgeber  
Roland Wengenmayr, S. 23 bis 25,  
Wiley-VCH Verlag, ISBN 978-3-527-40973-0, 2009

# FÖRDERER

## Danksagung an die Förderer des Fraunhofer IWES



# IMPRESSUM

---

## Bildnachweis

---

- Titel: Uta Werner
- S. 4 1. Vestas S/A,
- S. 5 S. 32-1, S. 37, S. 62 Deutsches Fernerkundungszentrum des DLR
- S. 7 Matthias Heyde, Michael Wiedemann
- S. 10 iStock
- S. 14, S. 27, S. 42 Jens Meier
- S. 21, S. 30-2, S. 40, S. 50 Jan Meier
- S. 25, S. 38: Wolfhard Scheer
2. GE Wind
- S. 26 1. DOTI, alpha ventus
2. Leibniz Universität Hannover, Institut für Stahlbau
- S. 29 ForWind – Center for Wind Energy Research
- S. 30 1. DOTI, alpha ventus
- S. 33 Hochrechnungsverfahren: Fraunhofer IWES, Datenquelle:  
Database Helioclim3 - Mines ParisTech/Armines/Transvalor
- S. 44 DOTI, alpha ventus
- S. 46 VTT Finland, Dr. Kari Kolari
- S. 48 Florian Meier
- S. 54 Multibrid
- S. 56 Marine Current Turbines Ltd.
- S. 58 Michael Beil
- S. 60 Tobias Ruf, Hochbauamt Regensburg
- S. 66 [www.energiepark-druiberg.de](http://www.energiepark-druiberg.de)
- S. 70 SolarFuel

---

## Redaktion, Koordination, Grafik

---

Uwe Kregel, Britta Rollert,  
Uta Werner, Renate Rothkegel

Autoren: J. Bard, Dr. M. Braun, F. Bürkner, D. Callies, P. Caselitz, Dr. T. Degner,  
J. Dubois, S. Faulstich, M. Geyler, J. Giebhardt, B. Hahn, Dr. N. Henze,  
S. Hetmanczyk, R.-R. Hoßbach, Dr. H. Huhn, M. Jentsch, Dr. B. Krautkremer,  
L. Kruse, P. Kühn, M. Landau, Dr. B. Lange, R. Mackensen, F. Meier,  
Dr. D. Nestle, Prof. Dr. J. Peinke, Dr. K. Rohrig, Prof. Dr. R. Rolfes, F. Sayer,  
Prof. Dr. P. Schaumann, B. Schillo, F. Schlögl, Dr. H. Schnars, A. Schulz,  
Dr. M. Sterner, Dr. P. Strauß, M. Strobel, F. Vorpahl, Dr. A. van Wingerde

Redaktionsschluss: 31.12.2010

Druck: Strube Druck & Medien OHG, Felsberg  
Der Bericht wurde gedruckt auf IGEPa Circle matt  
Das Papier trägt die Umweltzertifizierungen  
»Blauer Engel« und »EU-Blume«

-----  
**Herausgeber**  
-----

Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES

Institutsteil Bremerhaven  
Am Seedeich 45, 27572 Bremerhaven  
Tel: +49 471 14 290-100

Institutsteil Kassel  
Königstor 59, 34119 Kassel  
Tel: +49 561 7294-0

[info@iwes.fraunhofer.de](mailto:info@iwes.fraunhofer.de)  
[www.iwes.fraunhofer.de](http://www.iwes.fraunhofer.de)

