

Windenergie: Forschungsbedarf am Rotor der Zukunft aus Sicht von Wissenschaft und Industrie



DLR
 Sarina Keller
 sarina.keller@dlr.de

Fraunhofer IWES
 Peter Caselitz
 peter.caselitz@iwes.fraunhofer.de

Prof. Dr. Andreas Reuter
 andreas.reuter@iwes.fraunhofer.de

Martin Shan
 martin.shan@iwes.fraunhofer.de

VDMA
 Thorsten Herdan
 thorsten.herdan@vdma.org

Der zukünftige erneuerbare Energiemix wird in großen Teilen von der Windenergie mitgetragen werden. Diese hat schon einen großen Anteil am weltweiten Ausbau zur Nutzung der neuen Stromerzeugungstechnologien, auch da die Stromgestehungskosten (onshore) schon sehr niedrig sind und im Bereich verschiedener konventioneller Stromerzeugungstechnologien liegen (ISE 2012). Trotzdem gibt es noch große Potenziale für Effizienzsteigerungen und Kostenreduktionen von Anlagen.

Würde ein Windrad in der heutigen Bauweise bis zu einer Leistung von 20 Megawatt vergrößert, wäre ein Rotorblatt 125 Meter lang und hätte ein Gewicht von mehr als 100 Tonnen. Dies wäre nicht mehr handhabbar, sodass grundlegende Veränderungen des bisherigen Konzepts nötig sind. Forschungsbedarf besteht bei neuen Anlagengenerationen insbesondere am Rotor und Rotorsystem. Zum einen sind grundlegend neue Konzepte und Materialien zur Optimierung von Bauweise und Gewicht, auch für den Transport, bei gleichzeitigen Lastminderungsstrategien erforderlich. Zum anderen muss im Sinne eines integrierten Designs die Kette von Auslegung bis zu einer den Bauweisen angepassten Produktion

führen. Dabei ist eine fokussierte Zusammenarbeit insbesondere von Forschung und Industrie notwendig, um eine neue Stufe mit innovativer Technologie beim Ausbau der Windenergienutzung zu erreichen.

Stand und Perspektiven der weltweiten Windenergienutzung

In der letzten Dekade hat die Nutzung der Windenergie weltweit stark zugenommen. Nach einem langsamen Anstieg der installierten Kapazität bis 2003 und einem Einbruch des Zubaus im Jahr 2004 waren Ende 2011 schon knapp 240 Gigawatt (GW) aufgestellt [GWEC 2012]. Dabei wuchs der weltweite Markt in der letzten Dekade im Durchschnitt um fast 30 % pro Jahr [ebd.]. Dieses Wachstum wird von einer kleinen Gruppe von Ländern getrieben, die neben den europäischen Stammländern wie Spanien und Deutschland insbesondere von China und den USA angeführt wird (Abb. 1).

Perspektivisch wird der Windenergie in verschiedenen Energieszenarien eine hohe Bedeutung im zukünftigen Strommix zugesprochen. Für 2030 gehen Schätzungen dabei von installierten Kapazi-

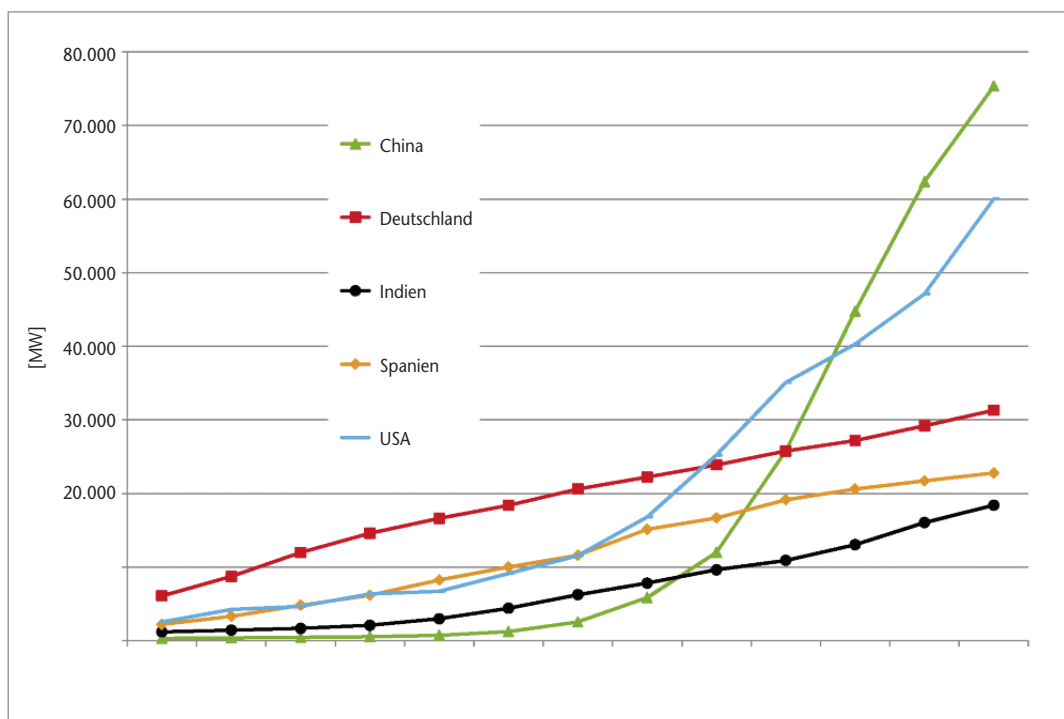


Abbildung 1
 Entwicklung der
 Installation von Wind-
 energieanlagen in
 ausgewählten Ländern
 2000–2010
 (eigene Darstellung nach
 [EIA 2012, v 2012, EPI 2012,
 Energistyrelsen 2012])

täten zwischen 750 GW bei Fortführung des jetzigen Ausbaupfades und 920 GW bzw. bis zu 2900 GW bei neuen politischen Regimen aus [IEA 2011, Greenpeace 2012].

Bezieht man diese Zahlen auf die in *Abbildung 1* gezeigten Länder, dann zeigt sich, dass Deutschland durch den schon erfolgten Ausbau großes Potenzial im Repowering besitzt, während in Zentral-, Süd- und Osteuropa noch unerschlossene Binnenlandstandorte hohes Potenzial aufweisen. Weltweit kommt außerdem noch ein großes Offshore-Potenzial hinzu. Diese Optionen – insbesondere Repowering sowie Offshore – erfordern allerdings noch weitreichende und angepasste politische Flankierungen, um gezielt genutzt werden zu können.

Die deutsche bzw. europäische Windindustrie gerät jedoch zunehmend unter Druck, auch wenn das Produktionsvolumen der Hersteller in Deutschland anteilmäßig noch über dem deutschen Anteil bei Investitionen in Anlagen liegt [VDMA, BWE 2012]. Nicht nur werden deutsche bzw. europäische Hersteller, die häufig zu den Pionieren der Windindustrie zählen, zunehmend von außereuropäischer Konkurrenz von der Weltmarktführerliste verdrängt, auch der Anteil deutscher Wertschöpfung im Zulieferbereich geht – bis auf wenige Ausnahmen bei Schlüsselkomponenten – tendenziell zurück. Dies trifft insbesondere auf die stark gewachsenen Märkte mit heimischer Windindustrie in China und den USA zu. Zudem sind zunehmend große globale Unternehmen und Konsortien insbesondere im Offshore-Geschäft tätig, wodurch die Partizipation deutscher Hersteller an zukünftigen Offshore-Projekten unsicherer wird.

Gleichzeitig ist die Technologieentwicklung von Windenergieanlagen in einer Umbruchphase: bei einer Zunahme der durchschnittlichen Anlagenleistung bei Neuanlagen von etwa einem Megawatt (MW) im Jahr 2000 auf knapp 2,5 MW muss das bisher weitgehend durch Upscaling bisheriger Bauweisen und Technologien erfolgte Größenwachstum nun durch grundlegende Überlegungen zu neuen Technologien hinterfragt werden [Windguard, VDMA, BWE 2012].

Ziele der Markt- und Technologieentwicklung am Beispiel des Rotors

Grundsätzlich zählt der Rotor zu den kritischen Komponenten einer Windenergieanlage durch seinen hohen Anteil von 25–30% an den Gesamtkosten der Anlage. Die Rotordurchmesser nehmen immer mehr zu für eine bessere Ausnutzung von Schwachwindgebieten, höhere Erträge bei der Offshore-Nutzung

(mit weniger installierten Anlagen) und Skaleneffekte. Da sich die Energieausbeute bei einer Verdoppelung des Rotordurchmessers vervierfacht, haben lange Rotorblätter an Onshore-Standorten eine hohe Bedeutung.

Bislang folgt die Auslegung eines Rotorblatts – die aktuell schon Längen von über 80 m erreicht – noch sehr individuellen Philosophien bei den einzelnen Herstellern, was auf Grund der komplexen Geometrie zu einer noch geringen Produktionsautomatisierung führt. Einzelne Fertigungsschritte erfolgen immer noch überwiegend manuell, wodurch in der Auslegung, auch durch fehlende Qualitätssicherung, z. B. hohe Sicherheitszuschläge bei den Wanddicken erforderlich werden. Dies führt auch zu einem hohen Anteil von Personal- und Materialkosten an den gesamten Rotorkosten. Hier besteht ein Zielkonflikt zwischen den Materialkosten und den Herstellungskosten, der auch auf das Upscaling von Technologie und fehlende Innovationssprünge zurückzuführen ist.

Bei der Markt- und Technologieentwicklung können übergreifend mehrere Ziele aufgeführt werden:

1. Windkraftanlagen

Kostenreduktion ist übergreifend der wichtigste Punkt für die Technologieentwicklung von Windenergieanlagen, um im weltweiten Wettbewerb zu bestehen. Dabei sollen nicht nur größere Rotoren eingesetzt, sondern auch höhere Energieausbeuten erzielt werden. Zugleich muss die Umweltverträglichkeit sichergestellt werden.

Gerade für Offshore-Anlagen ist es notwendig, eine höhere Zuverlässigkeit zu erreichen, da die Wartung der Maschinen auf dem Meer eine große logistisch-technische Herausforderung darstellt und mit hohen Kosten verbunden ist.

Im Binnenland kommen noch andere Herausforderungen auf die Technologieentwicklung zu: In vielen Ländern treffen die Anlagen auf topografisch anspruchsvolles Gelände wie Berge oder waldreiche Gebiete, für die neue Entwicklungen notwendig werden; dazu zählen z. B. auch neue Konzepte für hohe Türme.

2. Gesamtsystem und Windpark

Durch die steigende Menge an Windstrom, die durch den geplanten Ausbau noch deutlich zunehmen wird, sind nicht nur neue Konzepte für Netzstabilisierung notwendig, sondern auch für die Netzintegration großer Mengen an Windstrom z. B. bei Einspeisungen von Offshore-Windparks. Hierbei spielen insbesondere Systemdienstleistungen, die von Windenergieanlagen erbracht werden können, eine wichtige Rolle.

Forschungsbedarf am Beispiel des Rotors

In der Windenergie werden immer größere Rotoren eingesetzt. Wie oben dargestellt, entstehen durch die zunehmende Länge der Rotorblätter an den Rotoren sowohl an den Rotorblättern selbst wie auch am Antriebsstrang extrem hohe Belastungen: Bei Rotor-durchmessern schon ab 100 m herrschen an den verschiedenen Blattspitzen in Bodennähe bzw. am oberen Ende völlig unterschiedliche Windverhältnisse. Einzelne Windböen können hier erheblichen Einfluss auf den Lasteintrag haben.

Die aufgeführten Probleme und das überwiegend durch Upscaling erfolgte Größenwachstum, welches zu ineffizienten Bauweisen geführt hat, erfordern umfassende Forschungsanstrengungen insbesondere bei der Kosteneffizienz, der Lastminderung sowie der Steigerung der Energieausbeute:

1. Kosteneffizienz

Im Bereich des Rotors liegt eine wichtige Kostenkomponente in der Materialreduktion oder der Verwendung neuer Materialien. Dabei spielt insbesondere ein integriertes Design eine große Rolle, welches z. B. schon bei der Auslegung von Rotorblättern fertigungsspezifische Aspekte berücksichtigt. Gleichzeitig können neue Fertigungskonzepte und qualitätsgesicherte Automatisierungsstrategien in der Produktion zu deutlichen Kostensenkungen beitragen. Hierbei spielt die Reproduzierbarkeit der Prozesse eine wichtige Rolle.

2. Lastminderung

Die schon erwähnten Herausforderungen bei den hohen Belastungen von Rotorblättern erfordern auf verschiedenen Feldern Forschungsanstrengungen. Somit sind neue Bauweisen und eine Gewichtsreduktion ebenso erforderlich wie z. B. böenlastoptimierte Regelungssysteme. Zugleich muss aber die Umweltverträglichkeit der großen Rotoren sichergestellt bleiben, was u. a. effiziente Lärminderungstechnologien erfordert.

3. Steigerung der Energieausbeute

Durch die Bedeutung der Rotorgröße für den Ertrag sind insgesamt natürlich größere Ernteflächen notwendig. Die dafür erforderlichen großen Rotorblätter müssen mit einer leistungssteigernden Aerodynamik entworfen und gebaut werden können. Da der gesamte Energieertrag auch eng mit einer hohen Kontinuität der Stromeinspeisung und Lebensdauer einhergeht, können Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet des Structural Health Monitoring, also die im Betrieb laufende Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Blattstruktur, weitere Aspekte in der Technologieentwicklung beisteuern.

Insgesamt können sogenannte „Smart Blades“ in der Technologieentwicklung von Rotoren eine wichtige Rolle spielen, die mit aktiven oder passiven Blattelementen sowohl zu einem geregelteren Lasteintrag, besserer Lärminderung sowie höheren Energieausbeuten führen können. Zu den aktiven Elementen zählen verstellbare Klappen oder verformbare Teile an den Vorder- oder Hinterkanten. Passive Elemente sind z. B. die Verdrehung und Verbiegung von Rotorblättern unter Last.

Möglichkeiten für die Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft

Die nun anstehende neue Technologieentwicklungsphase erfordert intensive gemeinsame Anstrengungen von Wissenschaft und Industrie, um im globalen Wettbewerb eine führende Rolle beizubehalten. Effektive Formen der Zusammenarbeit, die auch schon in anderen Forschungsgebieten erfolgreich gelebt werden und für die Windenergie gefordert werden, sind z. B.

- Forschung im Verbund
- Transfer von Lösungen aus anderen Branchen
- vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung mit der Industrie
- verstärkte Entwicklungszusammenarbeit in der Wertschöpfungskette
- verstärkte internationale Abstimmung bei Forschungsthemen

Vorteil dieser gemeinsamen Anstrengungen ist eine national wie international abgestimmte Großforschungsinfrastruktur, die (zukünftig) auch mehr gemeinsam genutzt werden könnte. Zusätzlich ermöglicht diese Herangehensweise insbesondere die Beforschung von Systemthemen, die eine zunehmende Relevanz besitzen.

Literatur

EIA 2012: Homepage der U.S. Energy Information Administration (EIA), <http://www.eia.gov/>, abgerufen am 25.10.2012.

Energistyrelsen 2012: Homepage der Danish Energy Agency, <http://www.ens.dk/da-dk/Sider/forside.aspx>, abgerufen am 25.10.2012.

EPI 2012: Homepage des Earth Policy Institute (EPI), <http://www.earth-policy.org/>, abgerufen am 25.10.2012.

Greenpeace 2012: Energy [R]evolution Scenario. 2012: Amsterdam.

GWEC 2012: Homepage des Global Wind Energy Council (GWEC), <http://www.gwec.net/global-figures/wind-energy-global-status/>, abgerufen am 25.10.2012.

IEA 2011: World Energy Outlook 2011. International Energy Agency (IEA): Paris.

ISE 2012: Studie Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE): Freiburg.

Kaltschmitt et. al. 2003: Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Kaltschmitt, M., Wiese, A. und Streicher, W. (Hrsg.). 3. Aufl., Springer-Verlag: Berlin.

VDMA, BWE 2012: Produktionsvolumen und Export der Windindustrie in Deutschland 2011. VDMA Power Systems, Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE): Berlin.

Windguard, VDMA, BWE 2012: Deutsche Windindustrie – Inlandsmarkt, Produktionsvolumen und Export. Pressekonferenz, 1. August 2012. Deutsche WindGuard GmbH, VDMA Power Systems, Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE): Berlin.