

# Innovationen für die Windenergienutzung



Fraunhofer IWES  
Bremerhaven

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

DLR

Dr. Jan Teßmer  
jan.tessmer@dlr.de

In allen Prognosen renommierter Marktforschungsinstitute wird für die nächsten Jahre ein weiteres Wachstum der Windenergienutzung weltweit vorhergesagt. Im Jahr 2012 wurden insgesamt 45 GW neuer Anlagenkapazität aufgestellt, bis zum Jahr 2020 sollen 100 GW pro Jahr erreicht werden. Auf dieser Basis ist es möglich, durch Forschung und Entwicklung Innovationen wirtschaftlich darzustellen, selbst wenn von einer mittel- bis langfristigen Amortisation der notwendigen Investitionen ausgegangen werden muss.

Im Folgenden sollen vier wichtige Innovationsfelder der Windenergie beschrieben werden, die wichtige Herausforderungen und Trends aufgreifen.

## 1. Innovationsfeld Kostendegression

Obwohl die Windenergie die kostengünstigste Form der erneuerbaren Energien ist, besteht ständiger Kostendruck. Einerseits ermöglichen niedrigere Kosten den wirtschaftlichen Einsatz von Windenergieanlagen auch an windschwächeren Standorten, andererseits eröffnen niedrigere Gesteinskosten Perspektiven zur Nutzung der Windenergie auch in anderen Bereichen des Energiemarktes, z. B. zur Wärmeproduktion oder für die Mobilität (Power to Gas).

Zur weiteren Kostensenkung gibt es mehrere Bereiche, die relativ zügig erhebliches Einsparpotenzial bieten. So sind z. B. alle Themen im Bereich Industrialisierung der Fertigung sehr vielversprechend. Beispielhaft soll auf die Entwicklungsarbeit zur Automatisierung der Rotorblattfertigung hingewiesen werden. Zurzeit werden Rotorblätter aller Größen noch weitgehend in Handarbeit hergestellt. Hierbei entfallen ca. 40% der Herstellungskosten auf reine Arbeitskosten. Neben der direkten wirtschaftlichen Problematik sind auch Qualitätsaspekte ein wesentlicher Ansporn, zügig innovative Automatisierungsansätze umzusetzen.

Auch der eigentliche Betrieb der Windenergieanlage erfährt zunehmend Aufmerksamkeit unter Kostenaspekten. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und zur Erhöhung der Lebensdauer bzw. Reduktion der Ausfallzeiten haben direkte Auswirkungen auf die Kostensituation. Innovative Überwachungssysteme in Verbindung mit intelligenten Sensorlösungen leisten hier wichtige Beiträge.

Auch grundsätzlich neuartige Topologien für die Triebstränge der Anlagen werden entwickelt, um z. B. Fortschritte in der Generatortechnik für Direktantriebe zu nutzen und die Anzahl der sich drehenden Teile aus Zuverlässigkeitsgründen zu minimieren.

## 2. Innovationsfeld Anlagengröße

Erste kommerzielle Windenergieanlagen der 1980er-Jahre hatten einen Rotordurchmesser von 15 Metern, derzeitige Prototypen der neuesten Generation von Offshore-Anlagen kommen bereits auf 170 Meter. Für die nutzbare Rotorfläche bedeutet dies ein Wachstum innerhalb von 25 Jahren um den Faktor 128.

Bisher haben kontinuierliche Innovationseinführungen ermöglicht, dass diese gewaltige Zunahme der Nutzfläche stets mit einer kontinuierlichen Kostenoptimierung einherging. Begrenzt wird dieses Wachstum durch die Ähnlichkeitsgesetze, die besagen, dass jedes Aufwärtsskalieren mit einer Zunahme des spezifischen Gewichts verbunden ist – sofern nicht neue Materialien oder Technologien zum Einsatz kommen. Um deutlich über die aktuellen Abmessungen hinaus zu gehen, sind daher neue Materialentwicklungen erforderlich – hier können zum Beispiel Carbon Nano Tubes (CNT) eine Rolle spielen.

Über die Materialfrage hinaus wird aber bei sehr großen Anlagen der Gesamtüberblick über die Themen Umweltbedingungen (also Wind, Turbulenz, Extremereignisse), Regelungs- und Steuerungskonzepte und dynamisches Anlagenverhalten kritisch. Nur wenn all diese Aspekte im Systemzusammenhang verstanden werden, kann eine Optimierung unter Gewichts- und Kostenaspekten gelingen.

So wird derzeit im Forschungsverbund Windenergie von den Partnern das Projekt „Smart Blades“ bearbeitet, bei dem intelligente Rotorblätter entwickelt werden, die optimal auf lokale Böen reagieren können – gleichzeitig wird die gesamte Anlage in den Optimierungsprozess einbezogen und es werden neue Regelungsstrategien entwickelt.

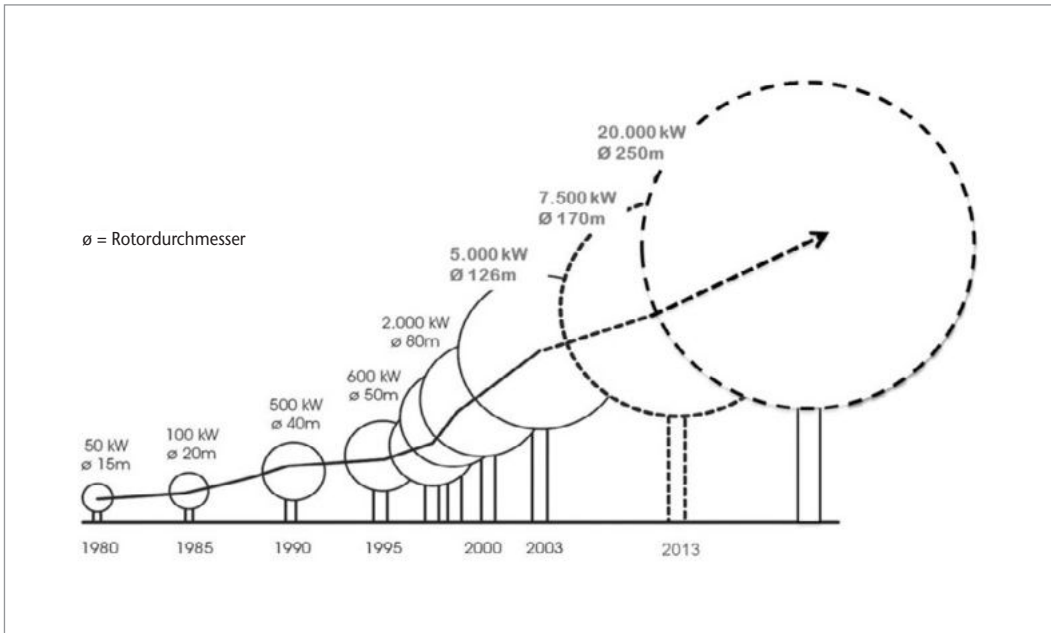


Abbildung 1  
Größenwachstum  
der Windenergie-  
anlagen seit 1980

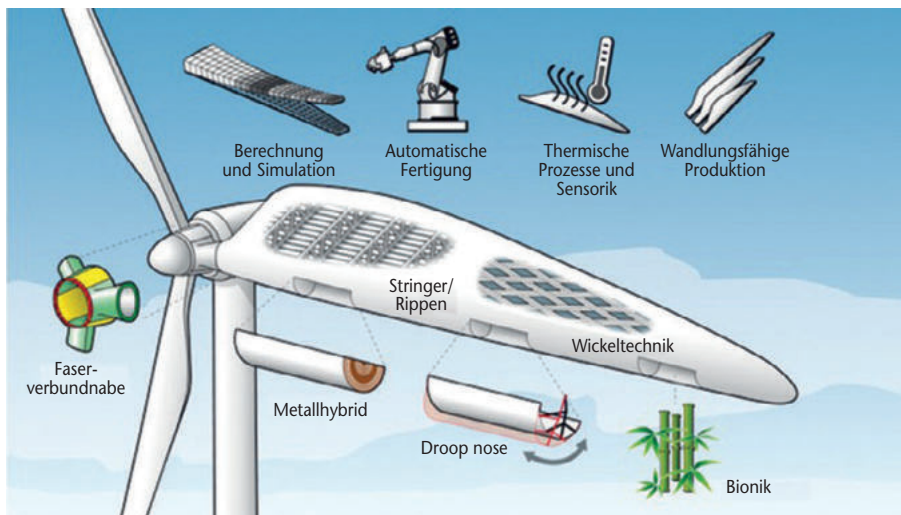


Abbildung 2  
Konzept Smart Blades  
Quelle: DLR

### 3. Innovationsfeld Offshore-Windenergie

Extreme Umweltbedingungen und große logistische Herausforderungen in der Bau- und Betriebsphase erfordern spezielle technische Lösungen für die Nutzung der Windenergie auf See. Für Offshore-Windenergieanlagen steht wegen der sehr eingeschränkten Zugänglichkeit das Thema Zuverlässigkeit sehr hoch auf der Prioritätenliste – neue Triebstrangkonzeppte, innovative Ansätze für die Leistungselektronik und umfangreiche Betriebsüberwachung sollen wirtschaftlich sinnvolle Verfügbarkeiten garantieren. So entwickelt sich ein eigenständiger Technologiebereich für diesen Einsatzzweck, der zwar auch als Ideenlieferant für die Nutzung der Windenergie an Land dient, aber letztendlich eigenständige Produkte entstehen lässt.

Mit zunehmender Wassertiefe der Offshore-Projekte werden auch angepasste Gründungsstrukturen entwickelt. Während noch bis vor kurzem davon ausgegangen wurde, dass ab einer bestimmten Wassertiefe und Anlagengröße verzweigte Strukturen unabdingbar seien (also: Tripods oder Jacketstrukturen), so werden zunehmend auch wieder sehr große Monopiles mit Durchmessern von über 6 Metern und Wandstärken von mehr als 50 mm eingesetzt – in Kombination mit schallarmen Installationsmethoden.

Der Betrieb der großen Offshore-Parks mit Gesamtleistungen von 500 MW oder mehr erfordert gut durchdachte Servicekonzepte. Einerseits erwartet der Betreiber kraftwerksähnliche Eigenschaften; andererseits stellen Umweltbedingungen und große Küsten-

entfernung für die Wartung der Anlagen die große Herausforderung dar. Neben dem zunehmenden Einsatz von Helikoptern wird auch mit immer weiter spezialisierten Service-Schiffen gearbeitet und durch aufwändige Zugangssysteme der Übergang zur Anlage auch bei schlechtem Wetter gewährleistet.

#### 4. Innovationsfeld Netzintegration

Eine sehr dynamische Entwicklung bei der Einspeisung von erneuerbaren Energien in die vorhandenen Netze verursacht erhebliche Herausforderungen für das lokale Netzmanagement. Windenergieanlagen haben aber inzwischen auch Eigenschaften entwickelt, die stabilisierend auf die Netze wirken können. Insbesondere bei großen Störungen wird die Rückkehr des Netzes in den stabilen Betrieb schon heute wesentlich durch das Verhalten der Windenergieanlagen bestimmt, die hohe Regeldynamik und Flexibilität der umrichterbasierten Generatorsysteme kann und soll zukünftig noch besser zur Stabilisierung im Störfall genutzt werden.

Die einzelne Windenergieanlage kann sich nicht mehr in jeder Situation auf die Netzspannung verlassen, stattdessen soll sie aktiv an der Spannungsbildung und somit an der Netzstabilisierung teilhaben. Transiente Frequenz- und Spannungsregelung ermöglicht schon jetzt die Stabilisierung von Teilnetzen durch dynamisches „Abfangen“ aus dem windgeführten Normalbetrieb in den stark gedrosselten Betrieb. Zukünftig werden Windparks die Funktion der konventionellen Kraftwerke zur Netzstabilisierung fast vollständig übernehmen können.

#### Fazit

Die großmaßstäbliche Nutzung der Windenergie ermöglicht die kontinuierliche Implementierung von Innovationen in neue Produktgenerationen. Hierbei liefern die sich verändernden Märkte oder Umweltbedingungen eine Vielzahl von Anreizen für ein hohes Innovationstempo. Somit ist die Windenergie bestens gerüstet, schon jetzt eine wirtschaftlich tragfähige und systemtechnisch stabile Alternative zur Nutzung fossiler Energien zu bieten.