

A bis Z

Fakten zur Windenergie

Von A wie Arbeitsplätze
bis Z wie Zukunft der Energieversorgung



Inhalt

Akzeptanz – Erfolgsfaktor der Windenergie	4
Arbeitsplätze – Windenergie als Jobmotor	6
Bürgerbeteiligungen – Windparks in regionaler Hand	8
Direktvermarktung und Marktintegration	9
Effizienz – mit großen Schritten zum Erfolg	10
Einspeisemanagement	11
Elektromobilität – Wind macht mobil	12
Energiebilanzen von Windenergieanlagen	13
Energieertrag von Windenergieanlagen	14
Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – Deutscher Exportschlager	15
EEG-Umlage – Wie sie zustande kommt	17
Export – Windenergie made in Germany	18
Externe Kosten – kein Thema beim Wind	19
Genehmigung von Windenergieanlagen	20
Gewerbsteuer – mehr Geld für Kommunen	21
Hindernisbefeuerung – Gut zu sehen	22
Infraschall – das harmlose Schreckgespenst	23
Internationale Windenergienutzung – Die Welt setzt auf Windkraft	24
Kleinwindanlagen – Eigener Strom für Jedermann	25
Klimafolgen und Klimaschutz – Rettungsanker Erneuerbare Energien	27
Landschaftsbild – Veränderung mit Weitsicht	29
Leistung der Windenergieanlagen	30
Netzausbau, Netzbau und Systemtransformation	31
Offshore – Signal auf Grün	33
Onshore – Windenergie an Land	35
Potenzial der Erneuerbaren Energien – Formel 100	36
Recycling von Windenergieanlagen	37
Regionale Wirtschaftsimpulse – Gewinn für alle	38
Repowering – weniger ist mehr	39
Rohstoffreserven – wird es knapp?	41
Rückbau von Windenergieanlagen	42
Schallentwicklung	43
Schattenwurf und Diskoeffekt	44
Sicherheit von Windenergieanlagen	45
Systemdienstleistungen und Netzstabilität	46
Technik – Hightech made in Germany	47
Technik – Wie funktioniert ein Windrad?	48
Technik – Komponenten einer Windenergieanlage	50
Tourismus – Voller Energie und Weitblick	52
Umweltverbände Windkraft – ja bitte!	53
Vergütung der Windenergie	54
Vergütungsmodelle – erfolgreiches Mindestpreissystem	55
Vogelschutz – Langzeitstudien geben Sicherheit	56
Wind im Wald	57
Windenergie im Internet	58
Ziele – national und international	60
Quellenverzeichnis	62
Impressum	67

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

das Thema Windenergie hat viele Facetten: technische, rechtliche, wirtschaftliche, politische und gesellschaftliche. Trotz oder gerade wegen ihrer Bedeutung ist die Windenergie in ihrer Komplexität für den interessierten Laien daher immer schwerer zu erfassen. Mit der vorliegenden Publikation wollen wir Abhilfe schaffen. Aufgebaut wie ein Lexikon soll die „A bis Z“ in alphabetischer Reihenfolge die wichtigsten Schlagwörter und Themenkomplexe der Windenergienutzung in Deutschland erläutern. Im Gegensatz zu einem Lexikon erhebt sie jedoch nicht Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr geht es hier um einen kurzen Streifzug durch die Welt der Windenergie.

Doch wie ist es in Deutschland gegenwärtig um die Windenergie bestellt? Über 22.000 Windräder produzieren etwa 8 Prozent des in Deutschland verbrauchten Stroms. Dies ist das Ergebnis einer gerade mal zwanzig Jahre währenden Entwicklung, bei der ein kontinuierlicher Zubau und rasante technische Weiterentwicklungen Hand in Hand gingen.

Doch Windenergie produziert nicht nur Strom, sondern sorgt auch für Arbeitsplätze. Schon heute arbeiten über 100.000 Menschen in der Windenergie. Mit einem steigenden weltweiten Bedarf an Windenergietechnologie bieten sich hier für das Vorreiterland Deutschland ganz neue ökonomische Möglichkeiten. Denn schon heute werden etwa 70 Prozent der hierzulande produzierten Anlagen exportiert.



Das Hauptaugenmerk der „A bis Z“ gilt zwar der deutschen Entwicklung. Dem Faktum wachsender internationaler Märkte wird das vorliegende Heft aber auch durch vielfache Abstecher und Seitenblicke auf die globale Perspektive gerecht.

Viel Spaß bei der Lektüre wünscht Ihnen

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. Albers'.

Hermann Albers,
Präsident Bundesverband WindEnergie e.V.

A

Akzeptanz – Erfolgsfaktor der Windenergie



Die große Mehrheit der Bevölkerung steht der Windenergie außerordentlich positiv gegenüber. Unabhängige Umfragen führender Meinungsforschungsinstitute belegen einen breiten Zuspruch für den Ausbau der Erneuerbaren Energien. Dennoch gehen die Meinungen beim Thema Sozialverträglichkeit von Windenergieanlagen (WEA) auseinander.

Ginge es nach dem Wunsch der Bevölkerung, würde die Energieversorgung der nächsten Jahrzehnte vor allem von Sonne und Wind gesichert. Eine repräsentative Umfrage von TNS Infratest im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien aus dem Jahr 2011 zeigt die hohe Zustimmung der Bevölkerung. Hiernach befürworten 94 Prozent der Bundesbürger den verstärkten Ausbau regenerativer Energieträger.

Wichtige Gründe sind neben der Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Öl und Gas zudem die positiven Auswirkungen auf Umwelt und ↗ Klimaschutz, die Schaffung von ↗ Arbeitsplätzen sowie langfristig sinkende Energiepreise. Auch mit Sicht auf kommende Generationen erweisen sich die Erneuerbare-Energien-Technologien zukunftsfähiger als konventionelle Energieträger.

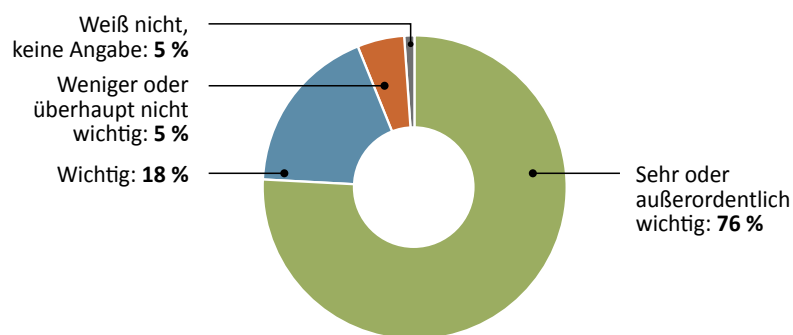
Insgesamt zwei Drittel der Bundesbürger sprechen sich für den Ausbau der Windenergie aus. Die Errichtung von WEA vor den Küsten Deutschlands erachten 71 Prozent als positiv. Das sogenannte NIMBY-Phänomen (engl.: „Not In My Back Yard“) ist bei Erneuerbaren Energieanlagen geringer ausgeprägt als bei konventionellen Kraftwerken. Die TNS Infratest-Umfrage zeigt, dass die Zustimmung für Windenergieanlagen in der Nachbarschaft insbesondere bei denjenigen Anwohnern hoch ist, die bereits Vorerfahrung mit Windrädern in ihrer Umgebung haben. So finden 69 Prozent der Befragten, die bereits in der Nähe eines Windparks leben, Windenergieanlagen in direkter Nachbarschaft sehr gut bzw. gut, 60 Prozent sind es dagegen bei den Befragten ohne Vorerfahrung. Besonders hoch ist die \nearrow Akzeptanz von WEA überall dort, wo die Bürger vor Ort an Bürgerwindparks direkt beteiligt sind – und damit auch am Gewinn.

Dennoch gibt es an einzelnen Standorten Ablehnung aus der Bevölkerung gegen die Errichtung von WEA. Die Ursachen sind vielfältig. Für den zukünftigen Ausbau der Erneuerbaren Energien wird das Erreichen einer hohen Akzeptanz vor Ort eine der entscheidenden Herausforderungen sein. Bürgerbeteiligung spielt hierbei eine zentrale Rolle. Denn das Einbinden der ortsansässigen Bevölkerung in einer frühen Phase der Planung sichert den Projekten eine breite Unterstützung und hilft Vorurteile abzubauen.

Internet:
[_www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)
[_www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

94 Prozent der Deutschen unterstützen den verstärkten Ausbau Erneuerbarer Energien

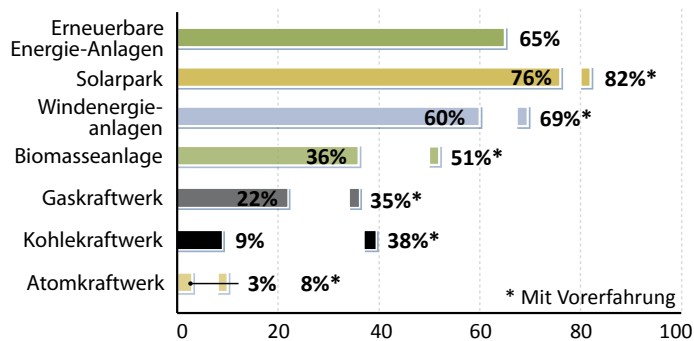
„Nutzung und Ausbau Erneuerbarer Energien sind ...“



Quelle: Umfrage von TNS Infratest 2011, im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien. Stand: 07/2011

Zustimmung zu Stromerzeugungsanlagen in der Umgebung des eigenen Wohnorts

Zur Stromerzeugung in der Nachbarschaft fänden sehr gut bzw. gut ...



Mit Vorerfahrung steigt die Akzeptanz für Erneuerbare Energien

Quelle: Umfrage von TNS Infratest 2011, 1002 Befragte, im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien. Stand: 07/2011

A

Arbeitsplätze – Windenergie als Jobmotor



Die Erneuerbaren Energien in Deutschland leisten nicht nur einen wichtigen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz, sie sind auch ein Jobmotor für den Industriestandort Deutschland.

Rund 380.000 Arbeitsplätze zählte die Branche der Erneuerbaren Energien im Jahr 2011, über 100.000 im Bereich der Windenergie. Das Branchenziel der Erneuerbaren liegt allerdings bei 600.000 Jobs bis zum Jahr 2030. Denn die Nachfrage nach deutscher Erneuerbare-Energien-Technik steigt – besonders im Ausland. Schon heute beträgt die ↗ Exportquote von Herstellern und Zulieferern deutscher Windtechnologie über 80 Prozent. Und dabei erweist sich die Energiewende als regelrechter Jobmotor. Die Erneuerbaren Energien leisten somit im Zeitalter der Globalisierung eine nationale und vor allem ↗ regionale Wertschöpfung.

Bei der Windenergie an Land werden die Beschäftigungszahlen bei Planung, Bau und Betrieb von Windenergieanlagen sowie bei der Zulie-

ferung von Anlagenkomponenten bis 2030 auf 160.000 ansteigen, sofern die Rahmenbedingungen für einen verstärkten Ausbau der Erneuerbaren günstig bleiben. Hersteller, Service-Dienstleister, Planungsbüros, Sachverständige und Gutachter leben von der sauberen Energie. Ebenso die Zulieferfirmen, zu denen vielfach alteingesessene Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Metallindustrie und der Elektrobranche gehören. Ihre Zentren finden sich größtenteils in Mittel- und Süddeutschland. Hier entstehen sichere Arbeitsplätze und somit wird die Wirtschaftskraft der oftmals strukturschwachen Regionen auf nachhaltige Weise gestärkt.

Windenergie hat nicht nur durch ihre positive Wirkung auf den Arbeitsmarkt einen entscheidenden Anteil an der bisherigen Erfolgsgeschichte der Erneuerbaren Energien. Auch die Zukunft ist vielversprechend: Die maritime Wirtschaft rechnet bei der Realisierung von 20.000 bis 40.000 Megawatt ↗ Offshore-Windenergie-Leistung bis 2020

mit über 20.000 gesicherten und bis zu 15.000 neuen direkten und indirekten Arbeitsplätzen in Deutschland. Um der hohen Nachfrage nach qualifiziertem Nachwuchs im Bereich der Erneuerbaren Energien zu begegnen, haben sich daher maßgeschneiderte Qualifizierungsangebote von der Aus- und Weiterbildung zum Servicetechniker für Windenergieanlagen bis hin zum Masterstudiengang für Ingenieure etabliert.

Internet:

[_www.bildungsportal-windenergie.de](http://www.bildungsportal-windenergie.de)
[_www.bmu.de](http://www.bmu.de)
[_www.bzee.de](http://www.bzee.de)
[_www.energiejobs.de](http://www.energiejobs.de)
[_www.fh-kiel.de](http://www.fh-kiel.de)
[_www.greenjobs.de](http://www.greenjobs.de)
[_www.hs-bremerhaven.de](http://www.hs-bremerhaven.de)
[_www.jobmotor-erneuerbare.de](http://www.jobmotor-erneuerbare.de)
[_www.rejm.de](http://www.rejm.de)
[_www.wind-energy-market.com](http://www.wind-energy-market.com)



B Bürgerbeteiligungen – Windparks in regionaler Hand

Ob Privatpersonen, Gewerbebetriebe oder Energieversorger, Genossenschaften oder Gesellschaftsformen wie die GmbH – die Betreiberstruktur deutscher Windparks ist vielfältig. Als besonders erfolgreich hat sich bisher das Modell der Bürgerbeteiligungen erwiesen.

Windparkprojekte sind durch verhältnismäßig hohe Anfangsinvestitionen gekennzeichnet. Für Einzelpersonen sind sie daher nur relativ schwer umzusetzen. Das Engagement vieler Akteure vor Ort und der Zusammenschluss von finanziellen Mitteln, Know-how und Zeit ermöglichen es jedoch, dass gemeinschaftlich Ideen verwirklicht werden können. Frei nach dem Motto: „Gemeinsam mehr erreichen“. Die Menschen in den Kommunen können mit Gemeinschaftsprojekten die Erneuerbaren Energien in ihrer Region stärken und lokal ↗ Klimaschutzziele voranbringen.

Bürgerwindparks werden idealerweise in enger Zusammenarbeit zwischen den Initiatoren (oftmals Personen aus der Region), den beteiligten Gemeinden und der anwohnenden Bevölkerung verwirklicht. Niedrige Min-

destbeteiligungssummen für Anwohner, deren bevorzugte Berücksichtigung bei der Zuteilung von Kommanditanteilen sowie ausgeklügelte Pachtzahlungs- und Ausschüttungsmodelle sorgen für hohe ↗ regionale Teilhabe und ↗ Akzeptanz. Beispielsweise können auch Eigentümer von Grundstücken, die nicht selbst Standort der Anlagen sind, aber in deren Nähe liegen oder für Zuwegungen oder Kabeltrassen benötigt werden, Pachtzahlungen erhalten.

So profitieren die Bürger auch finanziell vom sauberen Ertrag „ihres“ Windparks. Den Gemeinden bieten diese Windparks zusätzliche Einnahmequellen durch ↗ Gewerbesteuern – und damit neuen finanziellen Spielraum.

In Norddeutschland sind von Bürgern initiierte Windparks in manchen Landstrichen die Regel, so zum Beispiel in Nordfriesland, dem nördlichsten Landkreis Deutschlands. Mitte der Neunzigerjahre wurden hier die ersten Windparks mit Bürgerbeteiligung errichtet. Die Initiatoren begannen mit der Suche nach geeigneten Flächen für die Bürger-Projekte und gaben verschiedene Gutachten in Auftrag. Die

Standorte sollten möglichst geringe Auswirkungen durch ↗ Schall und ↗ Schattenwurf aufweisen. In der Konsequenz trug dies dazu bei, dass die Akzeptanz für die Windparks vor Ort erheblich verbessert werden konnte. Heute sind in Nordfriesland 90 Prozent der Windparks als Bürgerbeteiligungen organisiert – unter ihnen zum Beispiel auch die Bürgerwindparks in Ellhöft (50 Kommanditisten) und Galmsbüll (170 Kommanditisten).

Das Modell der Bürgerbeteiligung kann insgesamt zu erhöhter Identifikation mit der kommunalen Energiepolitik führen. Bürger können sich aktiv einbringen und einen regionalen Beitrag zur dezentralen Energieerzeugung und zum Klimaschutz leisten.

Internet:

[_www.bentuss.de](http://www.bentuss.de)
[_www.kommunal-erneuerbar.de](http://www.kommunal-erneuerbar.de)
[_www.windpark-bwg.de](http://www.windpark-bwg.de)
[_www.windpark-ellhoeft.de](http://www.windpark-ellhoeft.de)



Mit dem steigenden Anteil der Windenergie am deutschen Strommix spielt die Direktvermarktung von Windstrom eine zunehmend wichtige Rolle.

Gegenwärtig existieren auf Basis des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) drei für die Windenergie relevante Direktvermarktungsmodelle: die sogenannte sonstige Direktvermarktung (§ 16 EEG), die Direktvermarktung nach dem Grünstromprivileg (§ 39 EEG) und die Vermarktung nach dem Marktprämienmodell (§ 33g EEG).

Grünstromprivileg

Das Grünstromprivileg wurde im Rahmen der Novelle des EEG 2009 erstmals eingeführt. Die damalige Version des Gesetzes regelte, dass Elektrizitätsversorgungsunternehmen bei einem Anteil von mindestens 50 Prozent Erneuerbaren Stroms an ihrem Stromportfolio komplett von der EEG-Umlage befreit werden. Für Betreiber von Windenergieanlagen ergab sich daraus die Möglichkeit, ihren Strom an Händler, die von dem Grünstromprivileg Gebrauch machten, wirtschaftlich zu verkaufen. Die Novellierung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes im Jahr 2011 sah jedoch eine Reihe an Änderungen vor, die das Grünstromprivileg einschränkten und damit in weiten Teilen für die Direktvermarktung unattraktiv machten. Im derzeit gültigen EEG 2012 ist die Befreiung der EEG-Umlage auf 2 Cent je Kilowattstunde begrenzt. Zum Vergleich: Im Jahr 2012 betrug die EEG-Umlage 3,59 Cent je Kilowattstunde. Zu den

Voraussetzungen für die Befreiung kommt neben dem 50-prozentigen Erneuerbaren-Energien-Anteils außerdem hinzu, dass mindestens 25 Prozent des Stroms aus fluktuierenden Quellen – also aus Wind und Sonne – kommen müssen.

Marktprämienmodell

Neu eingeführt wurde zu Beginn des Jahres 2012 das Marktprämienmodell. Dieses Modell, das eine verstärkte Marktintegration Erneuerbarer Energien zum Ziel hat, besteht aus drei Komponenten: Neben den Einnahmen aus der Vermarktung des erzeugten Windstroms erhält der Anlagenbetreiber eine sogenannte gleitende Marktprämie. Diese wird ermittelt aus der Differenz der regulären EEG-Vergütung und dem durchschnittlichen monatlichen Börsenstrompreis. Die dritte Komponente des Modells ist eine sogenannte Managementprämie, die den Aufwand für die Direktvermarktung und das höhere Risiko kompensieren soll. Sie beträgt 1,2 Cent pro Kilowattstunde im Jahr 2012 und wird bis zum Jahr 2015 in mehreren Schritten auf 0,7 Cent reduziert.

Marktintegration

Die genannten Modelle dienen einer verstärkten Marktintegration der Erneuerbaren Energien. Erneuerbare-Energien-Erzeuger und Vermarkter lernen, Erneuerbare Energien zu handeln. Vorher waren dafür lediglich die vier Übertragungsnetzbetreiber zuständig. Mittelfristig problematisch ist jedoch, dass das Design des heutigen Strommarktes auf die Erzeugung konventionellen Stroms ausgerichtet ist. Die Erneuerbaren Energien lassen sich nicht ohne weiteres in diesen Markt integrieren. Weht zum Beispiel viel Wind und scheint die Sonne, sinkt durch die erhöhte Einspeisung Erneuerbaren Stroms der Börsenpreis. Als Folge ist die Erzeugung von Windstrom in diesem Moment nicht mehr wirtschaftlich. Daher ist die Schaffung eines Strommarktdesigns, das sich an den Bedürfnissen Erneuerbarer Stromerzeugung orientiert, ein wichtiger Teil der Energiewende. Gegenwärtig arbeiten verschiedene Stellen an der Entwicklung eines solchen Designs. Wie es am Ende auszusehen hat, lässt sich gegenwärtig noch nicht abschätzen.



E

Effizienz – mit großen Schritten zum Erfolg



Die Windenergietechnik hat in Deutschland in den vergangenen 20 Jahren bemerkenswerte Fortschritte gemacht. Kostensenkungen erreichte die Branche bislang durch die Entwicklung immer effizienterer Windenergieanlagen mit besseren Blattprofilen, größeren Rotordurchmessern und Nabenhöhen sowie durch den Einstieg in die Serien- und Massenproduktion (Lernkurven).

Seit 1990 ist der Preis von Windenergieanlagen um über 30 Prozent gesunken. Zwischen 1991 und 2004 sank die Einspeisevergütung laut einer ISET-Studie um 23 Prozent. Das EEG sieht seit dem Jahr 2000 eine jährliche Kostendegression für neue Anlagen von 1 bis 2 Prozent vor. Gleichzeitig

wurden auch andere Eigenschaften von Windenergieanlagen, wie ↗ Schall- und Lichtemissionen oder die Netzverträglichkeit, deutlich verbessert. Die ersten Windenergieanlagen Anfang der Achtzigerjahre brachten es gerade einmal auf eine Nennleistung von 55 Kilowatt (kW). Bereits Anfang der Neunziger betrug die Nennleistung einer modernen Anlage 300 kW. Während eine typische 500-Kilowatt-Anlage Mitte der Neunzigerjahre an einem durchschnittlichen Standort 1,1 Millionen kWh Ertrag im Jahr erreichte, können moderne Maschinen mit der vierfachen ↗ Leistung (2.000 kW) mehr als die sechsfache Energiemenge (6,6 Millionen kWh) produzieren. Heute verfügen die größten Anlagen über eine maximale Leistung von mehr als 7 Megawatt (MW).

Die technische Entwicklung hin zu größeren und leistungsfähigeren Anlagen mit größeren Nabenhöhen ist das Ergebnis gesetzlicher Innovationsanreize. Die jährlich sinkenden ↗ Vergütungssätze des ↗ Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) erfordern einen immer effizienteren Einsatz der Erzeugungsanlage.

Internet:

[_www.dlr.de](http://www.dlr.de)

[_www.iset.uni-kassel.de](http://www.iset.uni-kassel.de)

Beim Einspeisemanagement (EinsMan) werden Erneuerbare Erzeugungsanlagen vom Netzbetreiber geregelt. Dies bedeutet eine zeitweilige Reduzierung der Einspeiseleistung von EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz)- oder KWK (Kraft-Wärme-Kopplungs)-Anlagen.

Um die Gefahr der Netzüberlastung zu vermeiden, können unter bestimmten Voraussetzungen Netzbetreiber an ihr Netz angeschlossene Anlagen regeln und die Stromeinspeisung der Anlagen reduzieren bzw. komplett abschalten. Die Möglichkeit wurde in § 11 des ↗ Erneuerbare-Energien-Gesetzes festgeschrieben.

Konkret werden die Anlagen bei einer Überlastung des Netzes in einer Netzregion durch ein Reduktionssignal zur Absenkung ihrer Einspeiseleistung aufgefordert. Sobald die kritische Netzsituation beendet ist, zeigt ein Signal den Anlagen an, dass die Einspeisung wieder in vollem Umfang möglich ist. Der Netzbetreiber muss allerdings sicherstellen, dass insgesamt die größtmögliche Strommenge aus Erneuerbaren Energien aufgenommen wird. Konventionelle Anlagen wie Kohle- oder Gaskraftwerke müssen zuerst abgeschaltet werden, bevor Anlagen mit Strom aus Erneuerbaren Energien geregelt werden können. Werden die Anlagen geregelt, so haben sie nach der sogenannten „Härtefallregelung“ in § 12 EEG einen Anspruch auf Entschädigung für die entgangenen Einnahmen.

Die Einsätze des Einspeisemanagements nehmen zu. Im Jahr 2010 fanden im Netzgebiet von acht Verteilnetzbetreibern Abregelungen statt – größtenteils in Nord- und Ostdeutschland. Ohne einen beschleunigten ↗ Netzausbau dürfte diese Problematik auch in Zukunft eine große Rolle spielen. Das Einspeisemanagement stellt allenfalls eine kurzfristige Übergangslösung dar. Langfristiges Ziel ist die Systemtransformation und der erforderliche Netzausbau, um die Abnahme einer größtmöglichen Menge Stroms aus Erneuerbaren Energien zu gewährleisten.

Internet:

[_www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de)



E Elektromobilität – Wind macht mobil

Über den Weg der Elektromobilität kann die Windenergie nicht nur den Strom-, sondern auch den Verkehrssektor mit Erneuerbarer Energie versorgen und so dabei helfen, die Ziele für Klimaschutz und Versorgungssicherheit der Bundesregierung und der Europäischen Union zu erreichen.

Der elektrische Antrieb eines Fahrzeugs an sich ist noch keine umweltfreundliche Lösung. Der Strom muss erneuerbar sein. Alles andere ist eine Mogelpackung für den Verbraucher, denn die Emissionen und Abfälle der herkömmlichen Stromerzeugung müssen selbstverständlich in der Bilanz berücksichtigt werden. Die Windenergie ist eine einheimische, unerschöpfliche Energiequelle und befreit dauerhaft von der hohen Importabhängigkeit bei Öl und Gas. Ein aktuelles Ranking in den Vereinigten Staaten vergibt der Windenergie als ausschließliche Energiequelle für den Elektrobetrieb aller

Kraftfahrzeuge der USA sogar die besten Noten für \nearrow Effizienz und Umweltverträglichkeit.

Genügend Strom stellen die Windenergieanlagen in Deutschland bereit. Bis 2020 sind hierzulande moderne Windenergieanlagen mit einer installierten \nearrow Leistung von 45.000 Megawatt an Land und 10.000 Megawatt auf hoher See realistisch. Diese werden dann rund 150 Milliarden Kilowattstunden Strom im Jahr ohne CO₂-Emissionen und radioaktiven Abfall produzieren. Schon 2 bis 3 Milliarden Kilowattstunden Strom reichen aus, um die von der Bundesregierung angepeilten eine Million Stromfahrzeuge bis 2020 elektrisch anzutreiben.

Ein Beispiel: Für Elektrofahrzeuge rechnet man mit einem Verbrauch von maximal 20 Kilowattstunden Strom pro 100 Kilometer – entsprechend dem Energieinhalt von rund zwei Litern Ben-

zin. Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung von 15.000 Kilometern pro Jahr entspricht dies einem Jahresverbrauch von 3.000 Kilowattstunden – dem mittleren Verbrauch eines Vier-Personen-Haushalts. Eine Flotte von einer Million Elektrofahrzeugen braucht jährlich maximal 3 Milliarden Kilowattstunden oder knapp 0,5 Prozent des heutigen Strombedarfs in Deutschland.

Windenergie und Elektromobilität können sich auch beim Netzmanagement hervorragend ergänzen. Mit einer ausreichend großen Flotte von Elektroautos, die zu Hause und möglichst auch vor dem Büro an das elektrische Netz angeschlossen sind, könnte eine Vielzahl dezentraler Stromspeicher zu einem großen virtuellen Stromspeicher zusammengeschlossen werden. Dieses unter dem Namen „Vehicle to Grid (V2G)“ entwickelte Konzept könnte so einen wesentlichen Beitrag zur Integration steigender Mengen von Windenergie in das Versorgungssystem leisten.



Internet:

[_www.bmvbs.de](http://www.bmvbs.de)
[_www.bsm-ev.de](http://www.bsm-ev.de)
[_www.dgs.de](http://www.dgs.de)
[_www.ee4mobile.de](http://www.ee4mobile.de)
[_www.elektromobilitaet2008.de](http://www.elektromobilitaet2008.de)
[_www.energie-impuls-owl.de](http://www.energie-impuls-owl.de)
[_www.ggemo.de](http://www.ggemo.de)
[_www.harzee-mobility.de](http://www.harzee-mobility.de)
[_www.park-charge.de](http://www.park-charge.de)
[_www.pt-elektromobilitaet.de](http://www.pt-elektromobilitaet.de)

Energiebilanzen von Windenergieanlagen



Eine Windenergieanlage erzeugt während ihrer Laufzeit gut 40 bis 70 Mal so viel Energie, wie für ihre Herstellung, Nutzung und Entsorgung eingesetzt wird.

Die energetische \nearrow Effizienz moderner Windmühlen bestätigen mehrere Studien unabhängiger Forschungseinrichtungen, so z. B. des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart. Demnach beträgt die Energierücklaufzeit oder auch energetische Amortisationszeit einer Windturbine an Land zwischen drei Monaten und einem Jahr. Diese Zeit benötigt sie, um die Energie wieder „zurückzugeben“, die sie für Produktion, Betrieb und Entsorgung aufwendet. Untersuchungen für Offshore-Anlagen der Multimegawattklasse haben gezeigt, dass diese vier bis sechs Monate brauchen, um die Energie wieder einzufahren. An einem besonders vorteilhaften Standort beträgt die energetische Amortisationszeit dieser Windenergieanlagen lediglich drei Monate. Betrachtet man dann noch die Möglichkeiten des \nearrow Recyclings und schreibt diese der Anlage gut, erhöht sich der Erntefaktor auf bis zu 90.

Internet:
www.gauss.org
www.ier.uni-stuttgart.de
www.rotorblattwerk-lauchhammer.de

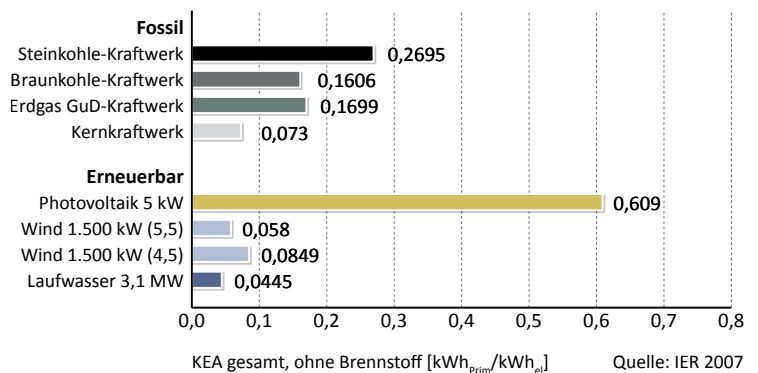
Bei einer durchschnittlichen Laufzeit von 20 Jahren ergibt sich somit eine überaus positive ökologische Bilanz, die konventionelle Kraftwerke durch das erforderliche ständige Hinzufügen von fossilen Energieträgern niemals erreichen können. Eine 1,5-MW-Windenergieanlage erzeugt in diesem Zeitraum rund 80 Mio. Kilowattstunden sauberen Strom und ersetzt dabei beispielsweise rund 90.000 Tonnen Braunkohle.

Spezifischer kumulierter Energieaufwand (KEA)

Der kumulierte Energieaufwand (KEA) berechnet sich aus der Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwands zur Herstellung, Nutzung und Entsorgung der jeweiligen Anlage in Bezug zur Stromerzeugung. Das folgende Diagramm veranschaulicht die Werte für den KEA fossiler und Erneuerbarer Stromerzeugungstechniken.



Spezifischer kumulierter Energieaufwand (ohne Brennstoff)



E

Energieertrag von Windenergieanlagen



Ende 2011 gab es deutschlandweit 22.297 Windenergieanlagen, die zusammen auf eine installierte Gesamtleistung von 29.060 MW kommen. Die Betriebszeit einer Windenergieanlage liegt zwischen 7.000 und 8.000 Stunden im Jahr.

Auf die 8.760 Gesamtstunden eines Jahres bezogen, entspricht dies einer durchschnittlichen Laufzeit bzw. Auslastung von circa 85 Prozent. Allerdings drehen sich die Rotoren nicht immer mit maximaler Leistung (= Nennleistung). Die Windstromproduktion beginnt schon bei circa 2,5 Metern Windschwwindigkeit je Sekunde und wird dank modernster Regeltechnik erst bei starkem Sturm langsam und netzver-

träglich herabgeregelt. Auch bei wenig Wind wird also Strom in das örtliche Netz eingespeist.

Der statistische Wert der Volllaststunden trifft eine Aussage über die jeweilige Standortqualität. An einem mittleren Binnenlandstandort beträgt dieser Wert etwa 1.600 – 1.800 Stunden, an einem guten Küstenstandort werden über 3.000 Volllaststunden erreicht. Die Volllaststunde errechnet sich, indem man die gesamte Stromproduktion der Anlage im Jahr durch ihre maximale Leistung (Nennleistung) teilt. Die Angabe der Volllaststunden fungiert als wesentliche Kalkulationsgrundlage bei Windparkfonds, weil sich daraus die zu erwartenden Erlöse aus der Produk-

tion von Strom aus Windenergieanlagen errechnen lassen. Grundsätzlich gilt, dass die Anzahl der Volllaststunden mit zunehmender Nabenhöhe ansteigt. Faustregel: Jeder Meter Turmhöhe bedeutet bis zu 1 Prozent mehr Ertrag. Dank modernster Anlagentechnik mit ausreichender Nabenhöhe und größeren Rotordurchmessern ermöglichen heute also auch Standorte in der Mitte und im Süden Deutschlands attraktive Erträge, wie sie bis vor wenigen Jahren nur an der Küste und an exponierten Berggipfeln denkbar waren.

Internet:

[_www.dewi.de](http://www.dewi.de)

[_www.iset.uni-kassel.de](http://www.iset.uni-kassel.de)

[_www.windmonitor.de](http://www.windmonitor.de)

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – Deutscher Exportschlag



Zentrales Element für Klima- und Umweltschutz und gesetzliche Grundlage der Vergütung für Strom aus regenerativen Energien ist das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG).

Das EEG löste das Stromeinspeisegesetz von 1991 ab und trat zum April 2000 inkraft. Seitdem wurde es dreimal novelliert (2004, 2009, 2012). Die jüngsten Änderungen fanden durch den Bundestag am 30. Juni 2011 statt, die dann zu Jahresbeginn 2012 in Kraft traten.

Das Prinzip des EEG ist einfach. Betreiber von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien erhalten für die Dauer von 20 Jahren einen festen ↗ Vergütungssatz pro Kilowattstunde Erneuerbaren Stroms. Die Höhe des Vergütungssatzes ist technologiespezifisch und standortabhängig. Der Vergütungssatz sinkt jährlich um einen bestimmten Prozentsatz. Dies bedeutet nicht, dass Anlagenbetreiber über den

Vergütungszeitraum von 20 Jahren eine geringere Einspeisevergütung erhalten. Stattdessen ist die Einspeisevergütung geringer, je später eine Anlage ans Netz angeschlossen wird. Die Degression der Vergütungssätze setzt Anreize zur Kostenreduzierung – beispielsweise der Anlagentechnik – und dient der Heranführung der Erneuerbaren Energien an den Markt. Notwendig ist diese Förderung aufgrund der jahrzehntelangen Subventionierung der Kohle- und Atomkraftwerke und einer fehlenden Berücksichtigung ↗ externer Kosten in der Energiepreisbildung. Das EEG gleicht so die Nachteile gegenüber den fossilen und atomaren Energieträgern aus. Es schafft die notwendige Planungssicherheit für Hersteller, Anlagenbetreiber und Finanzierer. Aufgrund dieser sicheren Rahmenbedingungen errangen deutsche Unternehmen die technologische Spitzenposition im Zukunftsmarkt Erneuerbare Energien. Das EEG belastet den Wirtschaftsstandort Deutschland

keinesfalls, da Ausnahmeregelungen die stromintensive Industrie berücksichtigen.

Die Grundstruktur des Gesetzes hat Deutschland mit dem EEG 2012 beibehalten. Wichtige Änderungen der Novelle betreffen die attraktivere Gestaltung des ↗ Repowering, die Verbesserung der Förderbedingungen für die ↗ Offshore-Windenergie und eine Verbesserung der Netzintegration von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien mitsamt der Regelungen des ↗ Einspeisemanagements.

Seit seiner Einführung hat sich das EEG auch im Vergleich mit Ausschreibungssystemen und Quotenmodellen als äußerst effizientes Instrumentarium zur Wegbereitung einer nachhaltigen Energieversorgung erwiesen. Inzwischen sind viele Mitgliedsstaaten der Europäischen Union dem Beispiel Deutschlands gefolgt und haben ähnliche Vorschriften



E

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – Deutscher Exportschlager

zur Förderung Erneuerbarer Energien erlassen. Weltweit bestehen heute in mehr als 95 Ländern politische Rahmenbedingungen für die Förderung von Strom aus erneuerbaren Quellen. Eine überaus positive Tendenz zeigt der aktuelle Renewables 2011 Global Status Report des Politiknetzwerkes REN21 auf. Demnach haben bis Anfang 2011 rund 119 Staaten nationale energiepolitische Ziele für die Förderung Erneuerbarer Energieträger formuliert oder politische Rahmenbedingungen, größtenteils in Form von Einspeisetarifen, zur Förderung Erneuerbarer Energien geschaffen. Allein die Hälfte dieser Länder sind Entwicklungsländer.

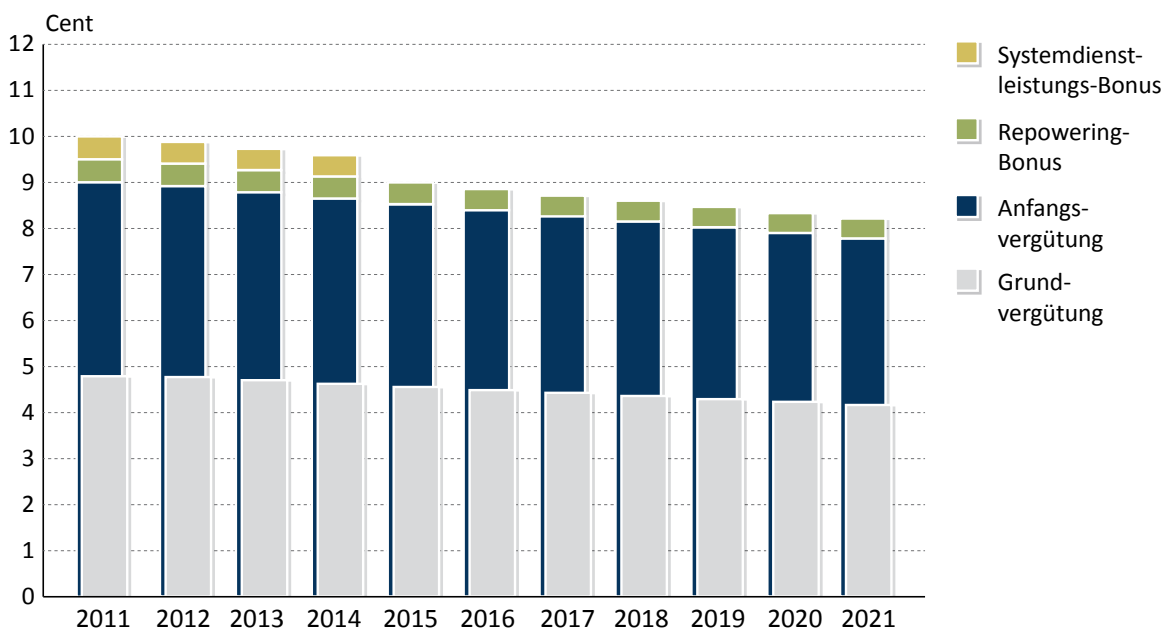
Leitlinien der EEG-Novelle 2012:

- Dynamischer Ausbau der Erneuerbaren Energien
- Steigerung der Kosteneffizienz
- Forcierung der Markt-, Netz- und Systemintegration
- Konsolidierung bewährter Grundprinzipien des EEG (insbesondere Einspeisevorrang, gesetzliche Einspeisevergütung)

Internet:

[_www.bee-ev.de](http://www.bee-ev.de)
[_www.eeg-aktuell.de](http://www.eeg-aktuell.de)
[_www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)
[_www.germanwatch.org](http://www.germanwatch.org)
[_www.ren21.net](http://www.ren21.net)

Vergütung laut EEG für Windenergie an Land ab 1. Januar 2012



Quelle: BWE 2012

EEG-Umlage – Wie sie zustande kommt



Seit dem 1. Januar 2010 wird der gesamte nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vergütete Strom über die Leipziger Strombörse (EEX) verkauft. Anbieter sind die vier Übertragungsnetzbetreiber 50 Hertz, Amprion, EnBW Transportnetze und Tennet.

Der Strom wird in verschiedenen Segmenten der Strombörse veräußert, meist einen Tag im Voraus. Bei der Umlage-Schätzung werden die möglichen Einnahmen aus dieser Vermarktung errechnet. Bemessungsgrundlage ist der Durchschnittspreis des „Phelix Baseload Year Future“ – umsatzstärkster Index im Terminmarkt – im Zeitraum vom 1. Oktober des Vorjahres bis zum 30. September des laufenden Jahres. Der gemittelte Preis lag für die Prognose 2011 bei 50,73 Euro je Megawattstunde. Dieser Wert wird je nach Technologie mit einem sogenannten Profilkfaktor von 82 Prozent (Wind), 100 Prozent (Wasser, Gase, Biomasse, Geothermie) oder 120 Prozent (Photovoltaik) multipliziert.

Die so kalkulierten Einnahmen werden mit den zu zahlenden Einspeiseerlösen verrechnet. Die dann entstehende „Deckungslücke“ sind die Differenzkosten. Sie werden auf die Strommenge des sogenannten nicht privilegierten Letztverbrauchs umgelegt. Hierzu zählen nicht die umlagebefreiten Großverbraucher (Härtefallregelung) und solche Unternehmen, die unter das Grünstromprivileg fallen – also mehr als 50 Prozent ihres verkauften Stroms aus Erneuerbaren Energien beziehen.



Die Netzbetreiber veröffentlichen monatlich die tatsächlich aufgelaufene EEG-Menge und gleichen sie mit dem Schätzwert ab. Weil der Kapazitätsausbau im Jahr 2009 stärker verlief als angenommen, ist bis Ende September 2010 ein Minus von 1,116 Milliarden Euro aufgelaufen – dies wird mit der EEG-Umlage 2011 ausgeglichen. Umgekehrt könnte es genau so sein: Liegt die Schätzung zu hoch, würden erwirtschaftete Überschüsse zu einer Senkung der EEG-Umlage im Folgejahr führen.

Für das Jahr 2012 ergibt sich ein Umlagebetrag von rund 14,1 Milliarden Euro. Dies bedeutet, dass die Verbraucher mit 3,592 Cent pro Kilowattstunde zur Förderung der Erneuerbaren Energien beitragen. Damit liegt die EEG-Umlage im Jahr 2012 nur unwesentlich über Vorjahresniveau (3,530 Cent pro Kilowattstunde).

Internet:
[_www.eeg-aktuell.de](http://www.eeg-aktuell.de)
[_www.eeg-kwk.net](http://www.eeg-kwk.net)

E Export – Windenergie made in Germany

Im weltweiten Vergleich nehmen deutsche Hersteller und Zulieferer eine Spitzenstellung beim Ausbau der Windenergie ein. Der Grund dafür ist die lange Erfolgsgeschichte bei der Entwicklung effizienter und leistungsstarker Windenergieanlagen.

In wenigen Ländern sind technisches Know-how und gesammelte Erfahrungswerte in so hohem Maße verfügbar. Hersteller exportieren und expandieren in die Absatzmärkte Europas, Nordamerikas und Asiens. Die Exportquote der in Deutschland produzierenden Windenergieanlagenhersteller beträgt gegenwärtig zwischen 65 und 70 Prozent.

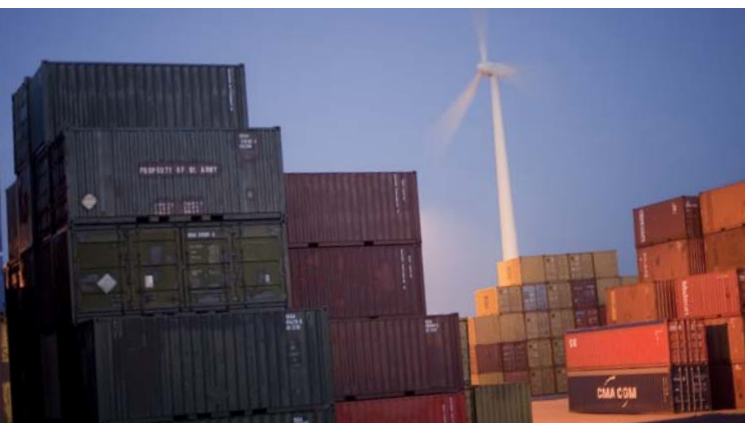
Neben Deutschland sind die Vereinigten Staaten, China, Indien und Spanien derzeit die größten Märkte für Windenergie. Doch auch Italien, Frankreich, Großbritannien und Portugal verzeichnen ein überdurchschnittlich hohes Wachstum. Besonders Länder, die nicht über eigene große Vorkommen fossiler Energieträger verfügen, sind

auf die Bereitstellung von Energie aus Erneuerbaren Quellen angewiesen und profitieren vom rasanten Wachstum deutscher Windenergietechnologie.

Hersteller von Windenergieanlagen aus der ganzen Welt kaufen Systeme und Komponenten in Deutschland ein. Jahrelange Erfahrung im Betrieb sowie gezielte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die Herstellungs- und Betriebskosten senken und die Lebensdauer verlängern, sind auf dem gesamten Globus gefragt. Der gute Ruf heimischer Windenergietechnik eilt Anlagenbauern sowie Komponenten-Zulieferern voraus und spiegelt deren Kompetenzen wider. Sie können ihre Produkte im laufenden Betrieb optimieren und Innovationen gründlich auf Praxistauglichkeit überprüfen. Die installierten Windenergieanlagen an der deutschen Küste und im Binnenland sind zum Schaufenster für den globalen Windenergiemarkt geworden und demonstrieren den Technologievorsprung der deutschen Windindustrie.

Internet:

[_www.dewi.de](http://www.dewi.de)
[_www.ewea.org](http://www.ewea.org)
[_www.exportinitiative.de](http://www.exportinitiative.de)
[_www.german-renewable-energy.com](http://www.german-renewable-energy.com)
[_www.gwec.net](http://www.gwec.net)
[_www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de)



Externe Kosten – kein Thema beim Wind



Jegliche Form der Energiegewinnung verursacht Folgekosten, die der Stromproduzent nicht als Kosten in seinen Strompreisen zu berücksichtigen braucht und die stattdessen die Volkswirtschaft trägt.

Beispielsweise zählen dazu die Kosten für das Waldsterben, Umweltkatastrophen infolge von Klimaveränderungen, Zerstörung ganzer Landstriche durch den Braunkohletagebau, riesige Umweltschäden durch die Förderung der ölhaltigen Teersande in der kanadischen Tundra, Methanemissionen aus maroden Gaspipelines oder radioaktiv belastetes Wasser im deutschen Atom-mülllager Asse II. Allein die Sanierung der Asse wird viele Milliarden Euro kosten, für die der Steuerzahler aufkommen muss.

Schäden durch die Emission von Luftschadstoffen und den damit verbundenen globalen Klimawandel machen den größten Anteil an den externen

Kosten der Stromerzeugung aus. Laut Deutschem Zentrum für Luft- und Raumfahrt sowie dem Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ergibt sich ein empfohlener zentraler Schätzwert dieser Kosten von 70 Euro je Tonne Kohlendioxid. Allerdings seien auch Kosten von bis zu 300 Euro je Tonne Kohlendioxid möglich. Damit betragen die externen Kosten der Stromerzeugung in modernen Braun- und Steinkohlekraftwerken zwischen 6 und 8 Cent je Kilowattstunde. Die externen Kosten der Windenergie erreichen dagegen nur den Bruchteil eines Cents je Kilowattstunde.

Strom aus Erneuerbaren Energien wäre somit bereits heute nicht nur wettbewerbsfähig, sondern volkswirtschaftlich günstiger, würde man die

Externe Kosten

Stromrechnung inkl. Gewinne der Energieversorger

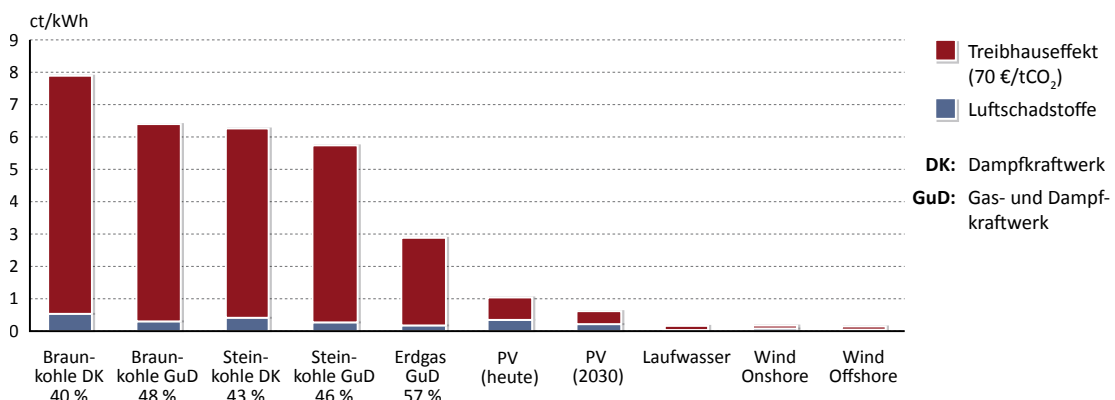
Volkswirtschaftliche Schäden, getragen durch den Steuerzahler
(Gesundheitsschäden, militärische Konflikte, politische Abhängigkeit, Treibhauseffekt/Umweltschäden, atomare Endlagerung)



externen Kosten der Energiegewinnung in den Energiepreisen berücksichtigen. Dies würde in Zukunft zu richtigen Entscheidungen bei der Investition in neue Energiesysteme führen. Neue, von der Gesellschaft zu tragende Folgeschäden ließen sich damit vermeiden.

Internet:
[_www.bmu.de](http://www.bmu.de)
[_www.externe.info](http://www.externe.info)
[_www.ier.uni-stuttgart.de](http://www.ier.uni-stuttgart.de)
[_www.isi.fraunhofer.de](http://www.isi.fraunhofer.de)

Externe Kosten der Stromerzeugung für verschiedene Stromerzeugungsoptionen



Quelle: www.erneuerbare-energien.de

G Genehmigung von Windenergieanlagen

Windenergieanlagen wachsen nicht willkürlich aus dem Boden. Die Genehmigungsverfahren und deren Umfang sind abhängig von der Anzahl der zu errichtenden Windenergieanlagen.

Kommunen und die Träger der Regionalplanung können die Genehmigung von Anlagen durch die Ausweisung geeigneter Flächen, sogenannter Vorrangflächen oder Eignungsgebiete, in Regionalplänen, Flächennutzungs- und Bebauungsplänen räumlich steuern. Zudem existieren reine Ausschlussgebiete – Naturschutzgebiete oder Gebiete von besonderer kultureller und historischer Wertigkeit –, in denen keine Anlagen aufgestellt und betrieben werden dürfen.

Bereits zu Beginn der Planungsphase werden die „Träger öffentlicher Belange“ (Behörden, kommunale Verbände und Vereine) über das Vorhaben informiert. Jedes Projekt durchläuft vor seiner Realisierung ein ordentliches Genehmigungsverfahren, das die örtlichen Bedingungen wie Wohnbebauung, Landschaft und Tierwelt untersucht und berücksichtigt.

Die Einhaltung notwendiger Abstände zum Schutz vor zum Beispiel ↗ Schallemissionen (Lärm) und ↗ Schattenwurf ist ebenfalls fester Bestandteil der Prüfung und wird durch das Verfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) gesichert. Sogenannte Windenergieerlasse der Länder haben dagegen nur Empfehlungscharakter, sie können das tatsächlich nutzbare ↗ Potenzial der Windenergie durch geforderte Abstände zwischen Anlagen und Bebauung, die über die BImSchG-Anforderungen hinausgehen, jedoch erheblich einschränken. Höhenbegrenzungen können den Stromertrag schmälern und wirken sich negativ auf die ↗ Effizienz der Anlagen aus. Als Faustregel gilt: Jeder Meter Turmhöhe bedeutet bis zu 1 Prozent mehr Ertrag. Dank modernster Anlagentechnik ermöglichen also auch Standorte in der Mitte und im Süden Deutschlands – auch im Wald – attraktive Erträge, wie sie bis vor einigen Jahren nur an der Küste und auf exponierten Berggipfeln denkbar waren.

Erforderliche Genehmigungen nach dem BImSchG enthalten in der Regel unter anderem Auflagen zu Ausgleichsmaßnahmen für die Beeinträchtigung von Natur und Landschaft. Danach hat der Windparkbetreiber mit der Durchführung der Baumaßnahme eine Ausgleichszahlung oder Maßnahmen wie beispielsweise die Bereitstellung von Naturschutzflächen nach dem jeweiligen Landesnaturschutzgesetz durchzuführen.

Internet:
[_www.kommunal-erneuerbar.de](http://www.kommunal-erneuerbar.de)

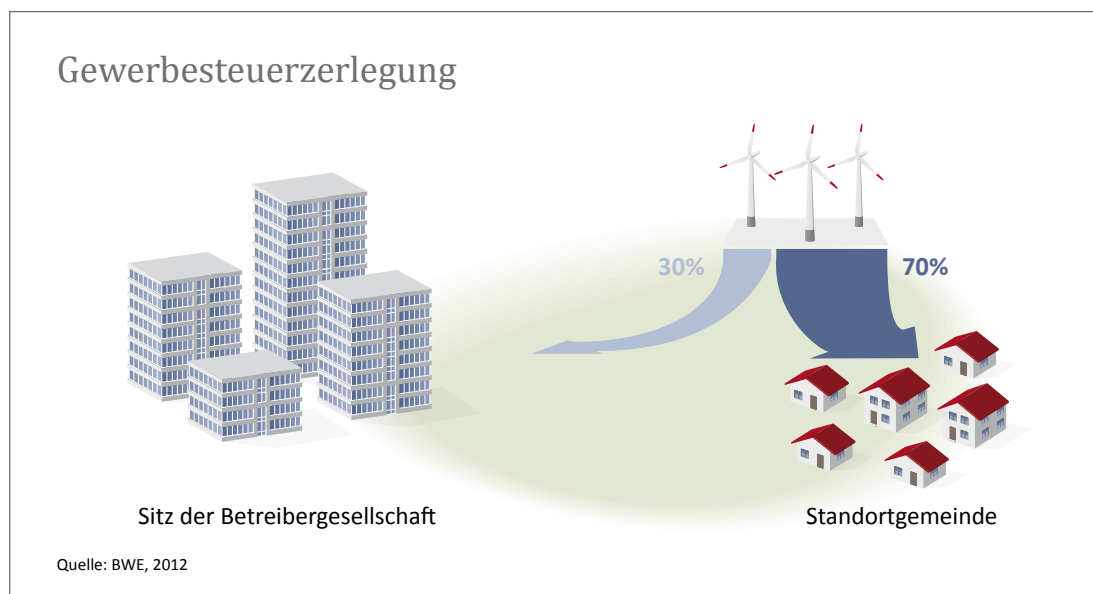


Das Einkommen aus dem Betrieb von Windenergieanlagen unterliegt der Gewerbesteuer – somit erwirtschaften Windparks stabile Einnahmen für die Gemeinden.

Seit dem 1. Januar 2009 gilt die Neuregelung zur Gewerbesteuerzerlegung. Danach fließen mindestens 70 Prozent der Gewerbesteuer an die Gemeinde, in der die Windenergieanlagen stehen (= Standortgemeinde) und 30 Prozent an die Gemeinde, in der sich die Verwaltung der Betreibergesellschaft befindet. Dies ist ein wichtiges Signal für den weiteren Ausbau der Windenergie in Deutschland, denn die Regelung erhöht die Akzeptanz für Windenergieanlagen vor Ort. Zudem bleibt die Möglichkeit bestehen, sich auf einen Zerlegungssatz von bis zu 100 Prozent für die Standortgemeinde zu einigen. In vielen Fällen ist dies auch heute noch eine gängige Praxis.

Die Produktion von Windstrom bringt nicht nur sauberen Strom, Investitionen und \nearrow Arbeitsplätze in die Regionen: Gerade die Kommunen profitieren bei der Windstromerzeugung immer stärker von den Gewerbesteuerereinnahmen. Im Auftrag des Bundesverbandes Windenergie e.V. (BWE) hat das Wirtschaftsinstitut Prognos AG das Gewerbesteueraufkommen durch Windstrom-Produktion in Norddeutschland untersucht. Die Gewerbesteuer-Zahlungen aus dem Betrieb von Windkraftanlagen in den norddeutschen Kommunen lagen danach im Jahr 2004 insgesamt bei 16 Millionen Euro. 89 Prozent der Gewerbesteuer-Zahlungen gingen direkt an die Standortgemeinden. Eine Arbeitsgruppe der Bürgerwindpark-Geschäftsführer im BWE veröffentlichte eine Erhebung, wonach die Betreiber von Windparks im Kreis Nordfriesland (Schleswig-Holstein) im Jahr 2007 insgesamt 9,1 Millionen Euro Gewerbesteuer

an die nordfriesischen Gemeinden abgeführt hatten – knapp ein Zehntel des gesamten jährlichen Gewerbesteueraufkommens im Kreisgebiet.



H Hindernisbefeuerung – Gut zu sehen

Die Errichtung von Windenergieanlagen mit einer Gesamthöhe von mehr als 100 Metern gewinnt in Deutschland zunehmend an Bedeutung.

Ausschlaggebend für diese Entwicklung sind die Nutzung der höheren Windgeschwindigkeiten in höheren Luftschichten und der Einsatz größerer Rotordurchmesser. Dadurch nimmt der Anteil der nach Luftverkehrsgesetz zu kennzeichnenden Windenergieanlagen stetig zu. In welcher Form die Anlagen zu kennzeichnen sind, ist seit 2004 über die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen“ (AVV) festgelegt. Entsprechend der International Civil Aviation Organization (ICAO) unterscheidet die AVV zwischen der Tag- und der Nachtkennzeichnung. Während die Kennzeichnung am Tag über farbige Markierungen und/oder weiße Feuer erfolgt, dürfen für die Nachtkennzeichnung in Deutschland ausschließlich rot blinkende Feuer verwendet werden. Dadurch fühlen sich Anwohner oftmals gestört.

Um die Lichtemissionen an On- und Offshore-Windenergieanlagen zu minimieren und damit auch weiterhin eine hohe Akzeptanz für größere Windenergieanlagen zu gewährleisten, hat der Bundesverband WindEnergie im HIWUS-Projekt die Entwicklung eines Hindernisbefeuerungskonzeptes in Auftrag gegeben sowie Feldstudien durchführen lassen. Diese zeigen, dass es mit dem Einsatz neuer, innovativer Technologien möglich ist, die Wirkungen von Markierungen und Befeuerungen an Windenergieanlagen zu verringern, ohne die Sicherheit des Flugverkehrs und der Seefahrt zu gefährden. Eine effizientere Befeuerung erhöht die Akzeptanz der Windenergie in der Bevölkerung weiter. Die Befeuerung lässt sich heute zum Beispiel durch den Einsatz von Sichtweitenmessgeräten auf die Lichtstärke von 10 Candela, das entspricht etwa einer 10-Watt-Glühlampe, reduzieren. Und durch den Einsatz von Radarsystemen wäre zu 99 Prozent aller Fälle eine Befeuerung des Windrads nicht mehr notwendig.

Primär- und/oder Sekundärradarsysteme signalisieren den Windenergieanlagen rechtzeitig, dass ein Flugzeug im Anflug ist. Nach diesem Signal schaltet das Windrad dann automatisch die Befeuerung an. Mit dem Einsatz einer bedarfsgerechten Befeuerung ist in Deutschland ab dem kommenden Jahr zu rechnen. Dann sollen erstmals Primärradarmodule in einem Windpark geschaltet werden. Zu Beginn 2013 könnten nach erfolgreichem Probebetrieb weitere Windparks ausgerüstet werden.

Internet:
_www.lanuv.nrw.de
_www.seismologie.bgr.de
_www.wind-energie.de



Infraschall – das harmlose Schreckgespenst



Infraschall (Schall mit sehr niedrigen Frequenzen) ist ein weit verbreitetes Phänomen. Beispiele für tieffrequente Geräusche finden sich in beinahe jeder Alltagssituation und können Beeinträchtigungen im Wohlbefinden auslösen. So fürchten auch Menschen, die in der Nähe eines Windparks leben, von unangenehmen Schallemissionen betroffen zu sein.

Neben natürlichen Quellen wie Gewittern, Windströmungen und Meeresbrandungen gibt es auch eine Vielzahl technischer Infraschallquellen wie Heizungs- und Klimaanlageanlagen, Kompressoren und Verkehrsmittel.

Um die etwaige Störung tieffrequenter ↗ Schallemissionen durch Windenergieanlagen zu untersuchen, wurden

im Auftrag der REpower Systems AG im Jahr 2008 umfangreiche Messungen an Häusern mit einem geringen Abstand (ca. 0,5 km) zu einer 5-MW-Windenergieanlage (WEA) durchgeführt. Dieser WEA-Typ wird vornehmlich im ↗ Offshore-Bereich verwendet, sodass die gemessenen Werte weit über denen herkömmlicher WEA im Binnenland liegen. Die Messungen zeigten, dass die durch die Rotation der WEA entstehenden Infraschallemissionen unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle liegen.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten Studien des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes. Diese zeigten, dass Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle, also Schall unter 20 Hertz und einem Schalldruckpegel von weniger als

130 Dezibel, für den menschlichen Organismus keinerlei negative Auswirkungen hat. Weiteren unabhängigen Messungen zufolge erreicht der von Windenergieanlagen erzeugte Infraschall selbst im Nahbereich bei weitem nicht diese Werte. Die verschiedenen Messungen älteren und neueren Datums belegen, dass die Sorgen von Anwohnern eines Windparks, durch tieffrequente Schallemissionen gesundheitlich beeinträchtigt zu werden, nicht begründet sind.

Internet:

[_www.koetter-consulting.com](http://www.koetter-consulting.com)
[_www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)
[_www.umweltbundesamt.de/laermprobleme](http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme)
[_www.wind-ist-kraft.de/grundlagenanalyse](http://www.wind-ist-kraft.de/grundlagenanalyse)

I Internationale Windenergienutzung – Die Welt setzt auf Windkraft

Ende 2011 waren in Deutschland gut 29.060 Megawatt (MW) Windleistung in Betrieb. Weltweit waren es fast 240 Gigawatt. Insgesamt wurden in 2011 weltweit über 41.000 Megawatt neue Windenergieanlagen ans Netz gebracht.

Spitzenreiter bei Neuinstallationen war China mit rund 18.000 MW, gefolgt von den USA mit 6.810 MW, Indien mit rund 3.000 MW und Deutschland mit 2.086 MW. Die stärkste Dynamik zeigt China, das zur Bewältigung seines riesigen Energiehungers zunehmend auf Erneuerbare Energien setzt und im globalen Vergleich an der Spitze der führenden Nationen im Bereich der regenerativen Energien rangiert. Das Land hat seine installierte Windenergieleistung in 2011 nochmals

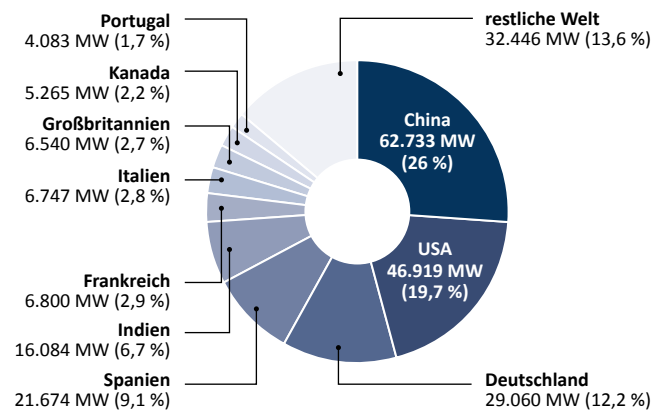
auf 62.733 MW verdoppelt. Experten betrachten dies erst als den Anfang der Entwicklung. Die Chinese Renewable Energy Industries Association (CREIA) rechnet mit einer Kapazität von etwa 50.000 MW für das Jahr 2015. Bis 2020 soll der Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch in China auf 15 Prozent ansteigen.

In einigen Regionen der Welt beträgt der Windstromanteil schon heute zwischen 40 und 50 Prozent. Zum Beispiel in Sachsen-Anhalt, in Norddeutschland oder der Region Navarra in Nordspanien. Im gesamten dänischen Königreich stammt nahezu ein Viertel der Stromproduktion aus der Windenergie. An windreichen Tagen ist hier bereits eine Vollversorgung mit Windstrom Realität.

Internet:
[_www.ewea.org](http://www.ewea.org)
[_www.giz.de/wind](http://www.giz.de/wind)
[_www.gwec.net](http://www.gwec.net)
[_www.windea.org](http://www.windea.org)



TOP 10 der installierten Leistung und Marktanteil



Quelle: Global Wind Statistics 2011. GWEC, 2012

Steigende Energiepreise und der Wunsch, Energie selbst zu produzieren, lassen viele Menschen nach einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Möglichkeit der Stromversorgung Ausschau halten. Immer mehr Eigenheimbesitzer und Landwirte interessieren sich für die Kleinwindenergie, die eine optimale Möglichkeit bietet, dezentral und auf „Erneuerbare“ Weise Energie zu produzieren.

Kleinwindenergieanlagen (KWEA) gibt es in nahezu jeder Form: Ob als Batterielader für ein Segelboot oder Gartenhaus, auf Hausdächern, im Vorgarten, bei größeren Liegenschaften oder als Anlage, mit der ein landwirtschaftlicher Betrieb versorgt werden kann – die Vielfalt ist erstaunlich. Die am häufigsten installierten KWEA finden sich im Leistungsbereich von 1 bis 10 Kilowatt (kW). Dabei ist der Turm meist nicht höher als 20 Meter und der Rotordurchmesser nicht größer als 5 Meter.

Der Kleinwindenergiemarkt ist groß und die Preise variieren pro installiertem Kilowatt recht stark. Die steigende Nachfrage und die Produktion in größeren Stückzahlen können die Preise jedoch sinken lassen.

Da die Wirtschaftlichkeit einer KWEA in besonderem Maße von den Windverhältnissen des Standortes abhängt, sollte idealerweise eine Windmessung mit einem handelsüblichen Anemometer in der gewünschten Nabenhöhe durchgeführt werden. Als Faustregel gilt: Je höher der Mast und je weniger Hindernisse dem Wind im Wege stehen, desto größer ist der \nearrow Energieertrag im Jahr und damit auch die Wirtschaftlich-



K Kleinwindanlagen – Eigener Strom für Jedermann



keit der Anlage. Auch die Frage, ob man den produzierten Strom einspeisen oder selbst verbrauchen möchte, will bei der Planung beantwortet sein. Die Förderung erfolgt derzeit über die üblichen EEG-Vergütungssätze. Insbesondere bei landwirtschaftlichen Betrieben, die einen hohen Eigenenergieverbrauch haben, lohnt sich der Bau einer KWEA.

Die ↗ Genehmigungspraxis für KWEA ist in Deutschland bis heute sehr uneinheitlich geregelt. Formal sind es bauliche Anlagen, die nach § 29 Baugesetzbuch (BauGB) behandelt werden. Zu beachten sind des Weiteren die Bestimmungen der Technischen Anleitung Lärm (TA Lärm) sowie die Bestimmungen nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und ↗ Schattenwurf. Alle über diese bundesweit verbindlichen Bestimmungen hinausgehenden Fragen regeln die Bauordnungen der einzelnen Bundesländer. Interessenten sollten sich grundsätzlich vor dem Kauf gut informieren und ausgiebig beraten lassen.

In Deutschland gibt es rund 10.000 KWEA. Im weltweiten Vergleich rangieren jedoch die USA und Großbritannien ganz vorne: Im ländlichen Raum, fernab der öffentlichen Stromnetze und ausgestattet mit hervorragenden Windverhältnissen spielen KWEA eine große Rolle. Denn im Gegensatz zu Dieselgeneratoren benötigen sie keinen Treibstoff. Aber auch die typischen „Westernwindmühlen“, die als Wasserpumpen fungieren, spielen eine nicht unbedeutende Rolle. Beide Arten von KWEA stellen auch in Schwellen- und Entwicklungsländern ein großes und nachhaltiges ↗ Potenzial dar – auch für den deutschen ↗ Export.

Internet:

[_www.bvkw.org](http://www.bvkw.org)
[_www.energieverbraucher.de](http://www.energieverbraucher.de)
[_www.kleinwindanlagen.de](http://www.kleinwindanlagen.de)
[_www.smallwindindustry.org](http://www.smallwindindustry.org)
[_www.urbanwind.net](http://www.urbanwind.net)
[_www.wind-energy-market.com](http://www.wind-energy-market.com)

Klimafolgen und Klimaschutz – Rettungsanker Erneuerbare Energien

K

Die hohen Emissionen von Treibhausgasen durch den Menschen stellen einen entscheidenden Faktor für die heutigen Veränderungen des Weltklimas dar. Die Wissenschaft ist sich einig darüber, dass der hohe Energieverbrauch durch den modernen Lebensstil des Menschen den natürlichen Treibhauseffekt in solch einem Maße verstärkt, dass überall auf dem Globus Niederschlags- und Temperaturanomalien auftreten. Besonders betroffen sind hierbei Regionen, die bereits aufgrund natürlicher Gegebenheiten verstärkt unter Naturkatastrophen leiden.

Ursache des globalen Klimawandels sind die Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan und Lachgas, die unter anderem in erhöhter Konzentration auftreten durch eine fortschreitende Urbanisierung, intensiviert Landnutzung und Industrie. Seit Beginn der Industrialisierung hat sich die Konzentration des Treibhausgases CO₂ in der Atmosphäre um mehr als ein Viertel erhöht, sie liegt nun bei über 390 parts per million – der höchste Wert seit mindestens 800.000 Jahren. Im selben Zeitraum stieg die globale Durchschnittstemperatur um ca. 0,8° C. Die Temperaturzunahme führt zum Abschmelzen von Gletschern und Eisschilden und damit zum Anstieg des Meeresspiegels. Die Erhöhung des Meeresspiegels ist besonders für Bewohner von Küstenregionen und -städten problematisch. Zu einer existenziellen Bedrohung wird der Anstieg jedoch für Inselstaaten wie die Malediven und Länder mit breiter Küstenfläche sowie einem tief liegenden Hinterland, wie beispielsweise Bangladesch und die Niederlande. Laut Szenarien des Intergovernmental



Panel on Climate Change (IPCC; der sogenannte Weltklimarat) könnte die globale Durchschnittstemperatur bis zum Jahr 2100 sogar nochmals um bis zu 5° C steigen, sofern die Menschheit nicht deutliche Gegenmaßnahmen zur Reduktion klimarelevanter Emissionen ergreift.

Prioritär ist hierbei ein gemeinsamer Konsens über die Maßnahmen, die der internationale Klimaschutz und ein erhöhter Einsatz der Erneuerbaren verlangt. Denn jene kommen nicht nur dem Weltklima, sondern auch dem internationalen Wirtschaftssystem zugute. Dies wird im Hinblick auf die ökonomischen Vorteile eines forcierten Ausbaus regenerativer Energien sichtbar. Der ehemalige Chefökonom der Weltbank, Sir Nicolas Stern, berechnete im so-

genannten Stern-Report (Stern Review on the Economics of Climate Change) aus dem Jahr 2006, dass die Welt zwischen 5 und 20 Prozent des weltweiten Bruttoinlandsproduktes für Klimaschäden aufwenden müsste, wohingegen sich die Kosten durch die Reduktion der Treibhausgasemissionen auf weniger als ein Prozent des globalen Bruttoinlandsproduktes pro Jahr begrenzen ließen. Durch den Ausbau Erneuerbarer Energien könnten sich so bis 2030 jährlich rund 14 Milliarden Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen lassen. Diese Menge entspricht rund 40 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen im Jahr 2010. Zu einer verbindlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen verpflichteten sich die Industrieländer im Jahre 1997 im Kyoto-Protokoll. Diejenigen Staaten, die das Klimaschutzabkommen ratifizier-

K

Klimafolgen und Klimaschutz – Rettungsanker Erneuerbare Energien

ten, sollten so ihren jährlichen Treibhausgasausstoß im Zeitraum von 2008 bis 2012 um durchschnittlich 5,2 Prozent gegenüber 1990 reduzieren. Teilweise führten diese Ziele zu ambitionierten Klimaschutzmaßnahmen auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene, wie bspw. zu dem Europäischen Emissionshandelssystem auf EU-Ebene. Doch längst nicht alle Staaten zeigten sich so entscheidungsfreudig. So hat Kanada seine Kyoto-Ziele weit verfehlt. Hochproblematisch ist, dass obwohl das Kyoto-Protokoll im Jahr 2012 ausläuft, sich die UNO-Mitgliedsstaaten bei der Klimakonferenz im südafrikanischen Durban im Dezember 2011 nicht auf ein Folgeabkommen einigen konnten.

Erfolgsversprechender erscheinen da gegenwärtige nationale sowie Ansätze innerhalb der Europäischen Union. Bereits im Frühjahr 2007 einigten sich die EU-Mitgliedsstaaten auf Vorschlag der Kommission darauf, den CO₂-Ausstoß bis 2020 um mindestens 20 Prozent zu senken und für den

Einsatz Erneuerbarer Energieträger ein verbindliches Ziel von 20 Prozent festzuschreiben. Für Deutschland heißt das, dass einer verstärkten Nutzung der Erneuerbaren Energien prioritäre Bedeutung zukommt. Würden alle Länder der Europäischen Union tatsächlich 20 Prozent ihres Energiebedarfs aus Erneuerbaren Quellen wie etwa Wind, Wasserkraft, Biomasse, Sonne oder Erdwärme decken, ließen sich zwischen 600 bis 900 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen. Die EU verfolgt damit ein klimaschonendes Szenario und möchte so den globalen Temperaturanstieg auf höchstens 2 Grad Celsius beschränken.

Internet:

[_www.conservation.org](http://www.conservation.org)
[_www.dwd.de](http://www.dwd.de)
[_www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)
[_www.emdat.be](http://www.emdat.be)
[_www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov)
[_www.ifm-geomar.de](http://www.ifm-geomar.de)
[_ipcc.ch](http://ipcc.ch)
[_www.klimaschutz.de](http://www.klimaschutz.de)
[_www.munichre.de](http://www.munichre.de)
[_www.pik-potsdam.de](http://www.pik-potsdam.de)
[_www.roadmap2050.eu](http://www.roadmap2050.eu)
[_www.umweltbundesamt.de/klimaschutz](http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz)



Landschaftsbild – Veränderung mit Weitsicht

L

Ob Land- oder Forstwirtschaft, industrielle Entwicklung oder Städtebau: Seit jeher haben menschliche Aktivitäten das Landschaftsbild geformt und immer neuen Veränderungen unterworfen.

Es ist gar nicht lange her, dass Wasser- und Windmühlen zu unserer Kulturlandschaft gehörten. Noch um 1900 standen allein in Nordwestdeutschland rund 30.000 Windenergieanlagen. Wie die Veränderungen im Landschaftsbild empfunden werden, bestimmt die subjektive Wahrnehmung. Fakt ist jedoch: Nichts hat unsere Umwelt so geprägt wie die Industrialisierung mit ihrem Energiehunger und Mobilitätsbedürfnis. Über 200.000 Strommasten verteilen sich über das gesamte Bundesgebiet; Hochspannungsleitungen und Verkehrswege zerschneiden weiträumig die Landschaft. Die Windenergienutzung ist gegen die Auswirkungen der fossilen und nuklearen Stromerzeugung abzuwägen. Allein dem Braunkohletagebau fielen bisher über 1.600 Quadratkilometer Landschaft zum Opfer. Weitere Auswirkungen sind die Umsiedlung ganzer Ortschaften und ein Absinken des Grundwasserspiegels.

Der Einfluss der Windturbinen ist dagegen vergleichsweise gering. Windenergieanlagen stehen im Gegensatz zum Braunkohleabbau für Nachhaltigkeit und Erneuerbarkeit. Zudem schaffen sie \nearrow Arbeitsplätze und sichern Mehrwertschöpfung ohne Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten aus dem Ausland. Damit die Energiegewinnung aus Wind besonders umwelt- und sozialverträglich betrieben werden kann, wirkt die Branche mit an technischen

Innovationen und Konzepten zum Beispiel zur Geräuschverminderung oder zur Minimierung der Wirkungen von Markierungen und Befeuerungen an Windenergieanlagen. Zudem gibt es in der Regional- und Flächennutzungsplanung ausreichend Instrumente, um den Belangen von Natur- und Landschaftsschutz unter Beteiligung der Bevölkerung Rechnung zu tragen.

Im Norden Deutschlands wird sich die Anlagenzahl trotz steigender installierter \nearrow Leistung durch technische Innovationen und \nearrow Repowering in den nächsten Jahren nicht wesentlich erhöhen. Hingegen sollen im Süden nun viele Windparks und Windenergieanlagen hinzukommen. Mit der Schaffung der politischen Rahmenbedingungen für den Ausbau der Windenergietechnik wollen u.a. Bayern, Hessen und Baden-Württemberg ihren Windenergie-Anteil um ein Vielfaches erhöhen.

Internet:
[_www.dnr.de](http://www.dnr.de)
[_www.wanderverband.de](http://www.wanderverband.de)
[_www.wind-ist-kraft.de](http://www.wind-ist-kraft.de)



L Leistung der Windenergieanlagen

Moderne Windturbinen arbeiten mit mäßigen Drehzahlen und dabei äußerst effektiv. Neueste Anlagen haben eine Spitzenleistung von rund 6 MW und mehr.

Die Lernkurve der Windenergie ist erstaunlich: In den Neunzigerjahren hatte eine typische Windenergieanlage eine Nabenhöhe von max. 50 Meter und ihre Leistung lag bei rund 250 Kilowatt.

In den letzten Jahren wurden Anlagen installiert, die dreimal so hoch waren und das Zehnfache – zwischen 2 und 3 MW – an Leistung erbringen konnten.

Eine einzige 5-MW-Anlage produziert je nach Standort ungefähr 15 Millionen Kilowattstunden Strom im Jahr. Damit kann sie pro Jahr ca. 4.500 Haushalte versorgen oder in 20 Betriebsjahren umgerechnet mehr

als 220.000 Tonnen Kohlendioxid aus Braunkohlekraftwerken ersetzen. Die größten Windturbinen haben mittlerweile Nennleistungen von bis zu 7,5 Megawatt. Sie produzieren jährlich bis zu 20 Millionen Kilowattstunden Strom. Somit kann ein Windpark bereits heute eine ganze Kleinstadt mit Strom versorgen.



Netzausbau, Netzumbau und Systemtransformation

N

Das historisch gewachsene Energieversorgungssystem befindet sich an einem Wendepunkt mit den Erneuerbaren Energien als der zukünftig tragenden Säule der Elektrizitätsversorgung. Für diese Systemtransformation ist das Stromnetz von zentraler Bedeutung: Es dient der Übertragung der elektrischen Energie von den Erzeugungsanlagen zu den Verbrauchern.

Das Übertragungsnetz dient dem weiträumigen Transport von elektrischer Energie, die auf der Höchstspannungsebene (≥ 220 kV und 380 kV) von Kraftwerken eingespeist wird. Näher an den Verbrauchszentren wird auf niedrigere Spannungen in den Verteilernetzen transformiert. Hier wird zwischen der Höchstspannungsebene, der Mittelspannungsebene und der Niederspannungsebene unterschieden.

Das Mittelspannungsnetz verteilt die elektrische Energie regional; das Niederspannungsnetz liefert die elektrische Energie schließlich lokal an Endverbraucher und kleine Stromabnehmer. Der Anschluss von Windenergieanlagen findet überwiegend in der Mittel- und Hochspannungsebene, das heißt, in den Verteilernetzen statt: Über 95 Prozent der Winderzeugung (Netto-Nennleistung von 25,8 GW) ist am Verteilernetz angeschlossen. Ein Anschluss auf der Höchstspannungsebene ist für Windparks mit großer installierter Leistung, bspw. bei Offshore-Windprojekten, erforderlich.

Mit der Liberalisierung der Strommärkte wurde das Übertragungsnetz von der Erzeugung entflochten. Neben einer zunehmenden Dezentralisierung der Erzeugerstruktur an Land werden

zudem leistungsstarke Windparks auf See errichtet. Aufgrund von jahrelang nicht vollzogenen Investitionen haben die Stromnetze mit diesen Entwicklungen nicht Schritt gehalten. In immer mehr Regionen gelangen sie an die Grenzen ihrer Übertragungskapazität. Generell gibt es folgende Möglichkeiten, Netzengpässen zu begegnen: ↗ Einspeisemanagement (kurzfristig), Netzoptimierung (mittelfristig), Netzaus- und -umbau (langfristig).

Beim Einspeisemanagement (Eins-Man) werden Erneuerbare Erzeugungsanlagen vom Netzbetreiber geregelt. Netzoptimierungsmaßnahmen stellen eine Option zur Erhöhung der Übertragungskapazität der Netze ohne Netzausbau dar. Beim Temperatur-Monitoring wird durch Überwachung der Windgeschwindigkeit und der Umgebungstem-



N

Netzausbau, Netzumbau und Systemtransformation

peratur die aktuell zulässige Übertragungskapazität ermittelt: Bei hohen Windgeschwindigkeiten und niedrigerer Umgebungstemperatur ist gleichzeitig eine höhere Belastbarkeit der Leiterseile vorhanden. Dies ermöglicht die Nutzung einer höheren Transportkapazität in Zeiten, in denen viel Windstrom erzeugt wird. Hochtemperaturseile sind hingegen eine Netzverstärkungsmaßnahme: Durch die Neubeseilung bestehender Trassen mit Hochtemperaturseilen, die einen Betrieb bei wesentlich höheren Leitertemperaturen ermöglichen, kann die Übertragungskapazität ungefähr verdoppelt werden. Langfristig hat der Netzausbau auf Übertragungs- und Verteilnetzniveau jedoch oberste Priorität. Verschiedene Studien und Analysen haben den Ausbaubedarf auf Übertragungsnetzniveau unter verschiedenen

Annahmen, Technologieoptionen und Szenarien untersucht. Eine Studie zur „Analyse und Bewertung der Versorgungssicherheit in der Elektrizitätsversorgung“ ergab, dass eine Untergrenze des Ausbaubedarfs im Zeitfenster 2015 – 2030 von ca. 5.000 Stromkreiskilometern (mit Kernenergieausstieg) auf der 380-kV-Spannungsebene wahrscheinlich ist.

Die dena-Netzstudie II ermittelte für das Jahr 2020 im Basisszenario ohne Speichereinsatz einen Netzzubaubedarf von rund 3.600 km Trassenlänge (Stromkreislänge: rund 6.600 km). Zur Einordnung dieser Ergebnisse: Die gesamte Stromkreislänge (Kabel und Freileitungen) der Übertragungsnetzbetreiber betrug Ende Dezember 2009 auf der Höchstspannungsebene 34.829 km

und auf der Hochspannungsebene 125 km. Neben dem Netzausbau durch neue Freileitungsstrassen sind weitere Technologieoptionen realisierbar. Letztere gewinnen insbesondere unter regionalen \nearrow Akzeptanzgesichtspunkten an Attraktivität. Hierzu zählt die Erdverkabelung von Trassen oder Teiltrassen des Hoch- und Höchstspannungsnetzes, wie sie auf der Mittel- und Niederspannungsebene bereits Stand der \nearrow Technik ist und auch auf der Hochspannungsebene (110 kV) seit Jahren eingesetzt wird. Für den langfristigen Netzzubau sind Lastenmanagement und Speicher sowie Smart Grids – mit intelligenter, dezentraler Kommunikation und Steuerung zwischen Produktion, Netzen und Verbrauch – umfassende Konzepte für eine effiziente Integration der Erneuerbaren Energien.



Starke und stetig wehende Winde auf hoher See machen die Offshore-Windenergie interessant. Die Energieausbeute liegt schätzungsweise um 40 Prozent höher als an Land.

Aus diesem Grund können sogenannte Offshore-Windparks in den kommenden Jahren einen wachsenden Beitrag zur Energieversorgung leisten. Nach Schätzungen der European Wind Energy Association (EWEA) können in Europa bis 2020 bis zu 40.000 Megawatt (MW) Offshore-Leistung installiert sein.

Bereits heute drehen sich vor den europäischen Küsten an das Netz angeschlossene Anlagen mit insgesamt 3.813 MW Leistung. Seit dem Jahr 2011 befinden sich neun Offshore-Projekte im Bau. Zudem werden bereits Vorbereitungsarbeiten für neun weitere Projekte, davon sieben in Deutschland und zwei in Großbritannien, getroffen. Wenn diese insgesamt 18 Projekte realisiert sind, wird die kumulierte Offshore-Leistung in Europa neun Gigawatt betragen. In der deutschen Nordsee, 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum, wurde mit dem Offshore-Testfeld alpha ventus Ende 2009 der erste deutsche Offshore-Park mit insgesamt zwölf Anlagen und einer installierten Leistung von 60 MW errichtet.

Der deutsche Rückstand in der Offshore-Windenergie erklärt sich durch die hiesigen Bedingungen. Um Auswirkungen auf das Landschaftsbild auszuschließen, sehen die Projekte der Offshore-Windparks – im Gegensatz zu skandinavischen und britischen Projekten – Standorte weit vor der Küste in bis zu 40 Meter Wassertiefe vor. Die



technischen Anforderungen (Turmbau, Kabellegung, Logistik und Wartung) sind hierbei um ein Vielfaches höher als beim Bau von Anlagen direkt vor der Küste. Auch der Wartung auf hoher See und der regelmäßigen Zustandsüberwachung kommt durch die konstante Einwirkung von Salzwasser, Stürmen und Gezeiten eine zentrale Bedeutung zu.

Hightech in Nord- und Ostsee

Aktuell sind in der Nordsee 24 Offshore-Windparks genehmigt, in der Ostsee vier. Insgesamt sind in diesen Gewässern bis 2020 rund 10.000 MW Kapazität realistisch, der Energieertrag beläuft sich dort dann auf mindestens 37 Milliarden Kilowattstunden im

Jahr. Mit der forcierten Entwicklung der deutschen Offshore-Windenergienutzung ist ein Beschäftigungseffekt von insgesamt zusätzlich 20.000 Arbeitsplätzen zu erwarten. Dabei trifft diese Beschäftigungswirkung aufgrund der stark verteilten Wertschöpfungskette nicht nur auf den Küstenraum zu, sondern auch in den industriellen Ballungsräumen Süd- und Westdeutschlands, wo wichtige Bauteile wie Lager, Getriebe und Generatoren hergestellt werden.

Das neue EEG hat die Signale für den deutschen Offshore-Markt nun auf Grün gestellt. Die Anfangsvergütung für Windenergieanlagen auf See beträgt 15 Cent je Kilowattstunde und wird in den ersten zwölf Jahren ab Inbetriebnahme gezahlt. Die Grundvergütung liegt bei 3,5 Cent pro Kilowatt-

O

Offshore – Signal auf Grün

stunde. Optional können Betreiber von Offshore-Anlagen, die vor dem 1. Januar 2018 in Betrieb gehen, eine erhöhte Anfangsvergütung von 19 Cent pro Kilowattstunde in den ersten acht Jahren ab Inbetriebnahme erhalten (Stauchungsmodell). Die Degression der Vergütung für Offshore-Windenergieanlagen setzt ab dem Jahr 2018 ein und beträgt 7,0 Prozent. Die Betreiber von Übertragungsnetzen müssen bei Offshore-Windparks die Leitungen vom Umspannwerk bis zum Verknüpfungspunkt des nächsten Übertragungs- oder Verteilernetzes errichten und unterhalten.

Die Gesetzesnovellierung sieht im Energiewirtschaftsgesetz Sammelanbindungen von Offshore-Clustern vor – es sollen möglichst viele, räumlich nah stehende Offshore-Parks gemeinsam angeschlossen werden. Gleichfalls soll jährlich ein Offshore-Netzplan vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie erstellt werden, der die Offshore-Anlagen identifiziert, die für eine solche Cluster-Anbindung geeignet sind. Durch die Anpassung der Offshore-Vergütung und die Erstellung des Offshore-Netzplans soll der Ausbau der Windenergie auf hoher See beschleunigt werden, damit die Ausbauziele auch erreicht werden können.

Internet:

[_www.alpha-ventus.de](http://www.alpha-ventus.de)
[_www.bsh.de/de/Meeresnutzung](http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung)
[_www.ewea.org](http://www.ewea.org)
[_www.iwr.de/wind](http://www.iwr.de/wind)
[_www.offshore-stiftung.com](http://www.offshore-stiftung.com)
[_www.wab.net](http://www.wab.net)



Die Windenergie an Land, auch Onshore-Windenergie genannt, ist die treibende Kraft der Energiewende. In den letzten zwei Jahrzehnten hat sie sich aus der Nische heraus zur heute führenden Erneuerbare-Energien-Technologie entwickelt.

Mit einem Strommixanteil von über 8 Prozent macht sie schon heute fast die Hälfte des gesamten Erneuerbaren Stroms in Deutschland aus. In Deutschland produzierten im Jahr 2011 mehr als 22.000 Windenergieanlagen mit einer installierten Leistung von etwa 29.000 Megawatt sauberen Strom für Unternehmen und Haushalte. Neben der Anzahl der Windräder ist vor allem auch die Leistungsfähigkeit der einzelnen Anlage in den vergangenen beiden Dekaden massiv gestiegen. Waren in den Neunzigerjahren Anlagen mit einer Leistung von 600 Kilowatt Standard, liegen die Spitzenanlagen von heute bei 7,5 Megawatt. Hinzu kommt eine Steigerung der Volllaststunden und damit eine erhöhte Produktion von Windstrom je Anlage.

Die Leistungsfähigkeit der Windenergie an Land wird jedoch nicht nur über die Masse des eingespeisten Stroms, sondern insbesondere auch über die Kosten deutlich. Sie ist unter den Erneuerbaren Energien die kostengünstigste. Im Jahr 2011 lag die durchschnittliche EEG-Vergütung für Onshore-Windstrom bei unter 9 Cent je Kilowattstunde. Das bedeutet in der Konsequenz: Obwohl die Windenergie an Land fast die Hälfte des in Deutschland produzierten Erneuerbaren Stroms ausmacht, liegt auf der Kostenseite der Anteil der Windenergie an der EEG-Umlage bei unter 20 Pro-

zent. Gegenwärtig stehen die meisten Windenergieanlagen in den nord- und mitteldeutschen Bundesländern. Die Spitzenreiter sind dabei Niedersachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Doch aktuelle technologische wie auch politische Entwicklungen sorgen dafür, dass die Windenergie an Land auch zunehmend in Süddeutschland an Bedeutung gewinnt. Tatsächlich hat eine Studie des Fraunhofer Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) ergeben, dass vor allem in Bayern, aber auch in Baden-Württemberg ein enormes Potenzial für die Windenergienutzung vorhanden ist.

Windenergie an Land ist ein Jobmotor für den Industriestandort Deutschland. Im Jahr 2009 arbeiteten allein hier über 100.000 Menschen. Eine Aufschlüsselung der Arbeitsplätze nach Bundesländern hat ergeben: Windenergie sorgt überall in Deutschland für Beschäftigung. Bis 2030 können hierzulande im Bereich der Windenergie an Land sogar bis zu 160.000 Menschen tätig sein.

Internet:
_ www.erneuerbare-energien.de
_ www.wind-energie.de



P

Potenzial der Erneuerbaren Energien – Formel 100

Vor dem Hintergrund der sich weiter verschärfenden Klimaproblematik und der Sicherheitsrisiken der Atomenergie rücken die Erneuerbaren Energien noch stärker in den Fokus der politischen Debatte. Unbestreitbar werden sie in Zukunft eine der Grundsäulen der modernen Energieversorgung bilden. Das physikalische Potenzial der Erneuerbaren Energien ist dabei unerschöpflich.

Allein die Sonneneinstrahlung auf die Erde würde ausreichen, den jährlichen Energiebedarf der Menschheit über 2.800 Mal zu decken. Technisch nutzbar gemacht, würden die aus Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Erdwärme resultierenden Energiemengen den aktuellen Verbrauch um ein Vielfaches übertreffen. So wird der weltweite Energieverbrauch theoretisch 200-fach durch das Windpotenzial gedeckt.

Windenergie trägt seit Jahren seinen Teil zur Energiewende bei. In Deutschland sind es mittlerweile rund acht Prozent des Bruttostromverbrauchs. Bis 2020 sind hier nach Berechnungen des Bundesverband Wind-Energie moderne Windenergieanlagen mit einer installierten Leistung von 45.000 Megawatt an Land und 10.000 Megawatt auf hoher See realistisch. Diese 55.000 Megawatt werden dann rund 150 Milliarden Kilowattstunden grünen Strom im Jahr produzieren. So kann schon in weniger als einem Jahrzehnt jede vierte Kilowattstunde Strom aus Windenergieanlagen kommen.

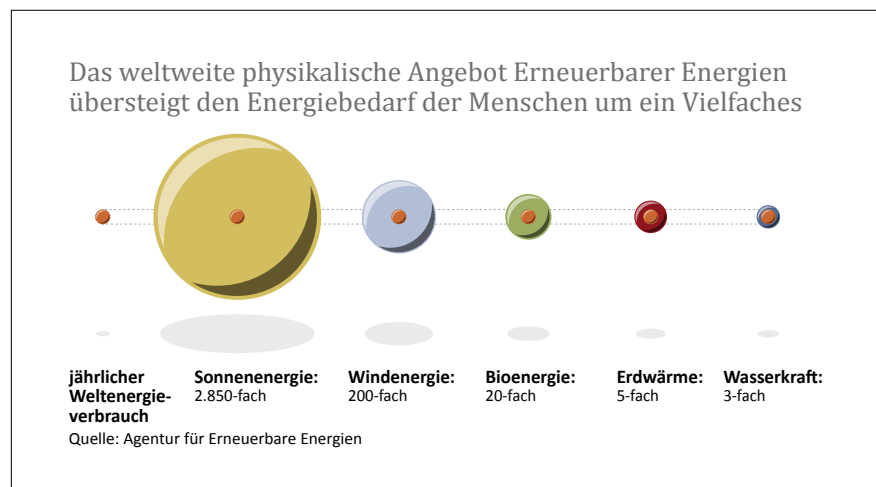
In ihrer Prognose „Stromversorgung 2020“ gehen Unternehmen und Verbände der Erneuerbare-Energien-Branche davon aus, dass bis zum Jahr 2020 fast die Hälfte des deutschen Stromverbrauchs aus regenerativen Energien gedeckt wird. Diese Ausbauprognose beruht auf konservativen und fundierten Annahmen hinsichtlich des Stromverbrauchs (moderater Rückgang um ca. drei Prozent), des Ausbaus Erneuerbarer Energien, der Entwicklung des konventionellen Kraftwerkparcs und der Netzinfrastruktur. Des Weiteren setzt die Studie voraus, dass die politischen Rahmenbedingungen günstig bleiben und den Erneuerbaren Energien auch weiterhin Vorrang gewährt wird.

Im Auftrag des Bundesverbandes WindEnergie ermittelte das Fraunhofer IWES im Frühjahr 2011 die vorhandenen Potenziale der Windenergie an Land in Deutschland. Die Studie zeigt, dass ca. acht Prozent der Fläche der Bundesrepublik für die Windenergienutzung

geeignet sind. Allein die Nutzung von zwei Prozent Fläche, so die Studie weiter, könnte zu einer Deckung von bis zu 65 Prozent des deutschen Strombedarfs führen.

Dieses Flächenpotenzial eröffnet weitreichende Möglichkeiten für einen verstärkten Ausbau der Windenergie an Land. Und zum Onshore-Potenzial kommt die Leistung der Offshore-Windenergie hinzu: Obgleich sich diese Technologie in Deutschland erst in einem frühen Entwicklungsstadium befindet, sind heute bereits Windparks in Nord- und Ostsee genehmigt. Dies zeigt, dass die Windenergie eine zentrale Rolle bei der Energiewende sowie beim Erreichen der Klimaschutzziele der Bundesregierung übernehmen wird.

Internet:
_www.100-ee.de
_www.bmu.de
_www.stanford.edu
_www.worldenergy.org



Moderne Windenergieanlagen lassen sich fast vollständig verwerten.

Eine durchschnittliche Windenergieanlage mit Getriebe und Stahlrohrturm besteht inklusive Fundament zu 82 Prozent aus Stahl. Weitere nennenswerte Anteile machen mit acht Prozent glasfaser- und kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff sowie mit drei Prozent Kupfer aus. Zusätzliche Materialien wie Aluminium, Elektroteile und Betriebsflüssigkeiten machen zusammen sieben Prozent aus. Die Stahlsegmente gehen vorwiegend als Sekundärrohstoff zurück ins Stahlwerk, die Betonteile werden nach einer Aufbereitung als Recycling-

beton vielfach als Unterbaumaterial für Verkehrsflächen verwendet. Die Rotorblätter – bestehend aus glasfaserverstärkten Kunststoffen – werden zerkleinert. Nach einer thermischen Verwertung werden die Glasfaserbestandteile dann in Zementmischungen wiederverwertet.

Der Beton des Fundamentes und gegebenenfalls des Turmes kann als Zuschlagstoff im Straßenbau Verwendung finden. Elektroschrott kann in Scheideanstalten stofflich verwertet und die metallischen Komponenten können in Gießereien eingeschmolzen werden.

Internet:

[_www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)

[_www.faserverbund-verwertung.de](http://www.faserverbund-verwertung.de)



Gute regenerative Projekte lassen alle Seiten profitieren: die Betreiber der Anlagen, die beteiligten Gemeinden, die Planer und die beteiligten Bürger.

Beim Bau und Betrieb der Windenergieanlagen entstehen Arbeitsplätze. Im Falle von Bürgerwindparks gehen Aufträge für Wegebau, Fundamente oder Service-Dienstleistungen häufig an regional ansässige Firmen. Landwirtschaftliche Betriebe verschaffen sich ein weiteres wirtschaftliches Standbein nach dem Motto „vom Landwirt zum Energiewirt“, und Gewerbesteuern fließen in die kommunalen Kassen. Zudem bleiben Pachteinahmen zu einem großen Teil in den Regionen und stärken die Kaufkraft vor Ort.

Auch nutzen ganze Gemeinden, die ihre Energieversorgung vollständig auf Erneuerbare Energien umgestellt haben, ihr Engagement als Tourismus-Magnet für Besucher aus aller Welt. Das Bioenergie Dorf Jühnde in Niedersachsen, Dardesheim – die Stadt der Erneuerbaren Energien im Harz – oder auch die Energielandschaft Morbach im pfälzischen Hunsrück sind Paradebeispiele, wie gerade kleinere, ländliche Gemeinden Erneuerbare Energien mit Gewinn nutzen können. In Dänemark errichten Gemeinden Besucherinformationszentren für ihre Offshore-Windparks, zum Beispiel Blavand (Windpark Horns Rev) oder Nysted. Hier sind die Übernachtungszahlen und auch die Preise für Ferienhäuser seit Bau des küstennahen Offshore-Windparks Nysted gestiegen.

Wenn Energieprojekte auf dem Reiseprogramm ausländischer Besuchergruppen stehen, dann profitieren davon eben auch die Gastgeber, Gastwirte und Hoteliers der Region. In den Landkreisen Cuxhaven und Stade flossen einer Studie des Forschungsinstitutes Forwind zufolge in zehn Jahren Investitionen in Höhe von 600 Millionen Euro in Windprojekte. Allein aus Pachteinahmen und Betriebsausgaben verbleiben jährlich rund 30 Millionen Euro in den beiden Landkreisen.

Die geplanten Offshore-Parks in Nord- und Ostsee lassen viele weitere Arbeitsplätze an deutschen Küstenstandorten entstehen. Die maritime Wirtschaft rechnet bei der Realisierung von 20.000 bis 40.000 MW Offshore-Windenergieleistung bis 2020 mit über 20.000 gesicherten und bis zu 15.000 neuen direkten und indirekten Arbeitsplätzen in Deutschland. Der Europäische Windenergie Verband (EWEA) prognostiziert allein für Europa ein Marktpotenzial von 40.000 MW bis 2020. Das entspricht einem jährlichen Investment von etwa 9 Mrd. Euro. Schon heute investieren die großen Anlagenhersteller an exponierten Hafenstandorten wie zum Beispiel Emden, Bremerhaven und Rostock und bereiten die Serienproduktion von Offshore-Turbinen und Fundamenten vor.



Internet:

[_www.bioenergie Dorf.de](http://www.bioenergie Dorf.de)
[_www.energielandschaft.de](http://www.energielandschaft.de)
[_www.energiepark-druiberg.de](http://www.energiepark-druiberg.de)
[_www.kommunal-erneuerbar.de](http://www.kommunal-erneuerbar.de)
[_www.regiosolar.de](http://www.regiosolar.de)

Repowering bezeichnet den Ersatz älterer Windenergieanlagen durch neue, leistungsstärkere und effizientere Anlagen.

Insbesondere in Bundesländern der ersten Stunde der Windenergienutzung sind viele Anlagen in die Jahre gekommen. Hier besteht großes \nearrow Potenzial, die Altanlagen abzubauen und durch neue, wesentlich leistungsstärkere Anlagen zu ersetzen. Mit der Neuregelung des \nearrow Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) von 2012 wurde der Anreiz für Investitionen in Repowering-Projekte durch eine Erhöhung der Anfangsvergütung verstärkt. Neu installierte Anlagen erhalten nun für den Zeitraum der Anfangsvergütung einen Bonus von 0,5 Cent je Kilowattstunde, wenn sie aus dem gleichen oder benachbarten

Landkreis wie die abgebauten Altanlagen stammen. Diese müssen vor dem 1. Januar 2002 in Betrieb genommen worden sein.

Die installierte \nearrow Leistung beträgt dabei mindestens das Doppelte der ersetzten Anlagen. Gleichzeitig wird die Anlagenzahl reduziert und werden Standorte durch sorgfältige Planung besser ausgenutzt. Planungsfehler aus der Vergangenheit können so ausgebessert werden. Große Windenergieanlagen mit moderner \nearrow Technik verfügen zudem über deutlich geringere Drehzahlen, sie wirken damit optisch verträglicher als die schnell drehenden Rotoren älterer Anlagen. Die Anzahl der Umdrehungen pro Minute hat sich von 40 bis 60 auf weniger als 20 verringert. Zudem lassen sich modernere Windenergiean-

lagen leichter ins Netz integrieren, denn sie speisen konstanter mehr Strom ein.

Einen weiteren technischen Fortschritt gibt es bei der Verringerung von Schall- und Lärmbelastung. Die \nearrow Schallemissionen heutiger Anlagen sind gering und die Einhaltung der Grenzwerte aus dem Immissionsschutzrecht wird bei der Neuplanung von Windparks von Anfang an sichergestellt.

Für die alten Anlagen, deren technischer Zustand dies noch erlaubt, hat sich mittlerweile ein internationaler Gebrauchtanlagenmarkt entwickelt. Die Altanlagen dienen jedoch häufig auch als Ersatzteillager oder werden recycelt.



R Repowering – weniger ist mehr

Potenzial und Hemmnisse

Das Repowering bietet eine große Chance für einen weiteren schonenden Ausbau der Windenergie. Seit Anfang des Jahrzehnts zieht die Anzahl der Projekte merklich an, sie wird so zu einer relevanten Größe für die Neuinstallation. Dennoch ist der Anteil der Repowering-Projekte am Gesamtanteil der Neuaufstellungen in den letzten Jahren hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Prinzipiell könnte das Repowering bereits heute eine wesentlich größere Rolle spielen. Rund 90 Prozent der in Deutschland installierten Windenergiekapazität befinden sich in sogenannten Eignungsflächen, also in speziell für die Windenergienutzung

ausgewiesenen Flächen. Würden die Anlagen auf diesen Flächen entsprechend den strengen Vorgaben des Immissionsschutzes repowert, ließe sich hier im Vergleich zu 2005 mehr als der dreifache Stromertrag erzielen.

Administrative Hemmnisse, allen voran Abstandsregelungen und Höhenbegrenzungen, schränken dieses Potenzial in vielen Regionen erheblich ein. Beispiel Höhenbegrenzung: Gelten maximale Bauwerkshöhen von 100 Metern, lassen sich keine Anlagen mit Rotordurchmessern von 80 Metern und mehr errichten – dies entspricht einer Nennleistung von 2.500 Kilowatt und schließt die Nutzung von neuester, verfügbarer Anlagentechnik aus.

Der Erfolg der Projekte hängt außerdem stark von der betriebswirtschaftlichen Kalkulation der vorhandenen Anlagen ab sowie von der Netzkapazität und deren Ausbaumöglichkeiten. Vor allem entlang der Küste müssen die vorhandenen Netze zur Integration der Windenergie dringend ausgebaut werden.

Internet:

[_www.bmu.de](http://www.bmu.de)
[_www.dstgb.de](http://www.dstgb.de)
[_www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)
[_www.repowering-kommunal.de](http://www.repowering-kommunal.de)
[_www.wab.net](http://www.wab.net)



Rohstoffreserven – wird es knapp?

R



Neben Erdöl und Erdgas, Kohle, Mineralien und Metallen sind sogenannte Hightech-Rohstoffe und Seltene Erden wichtig für unseren modernen Lebensstil. Doch sind sie alle nur begrenzt vorhanden. Der Bedarf an Kupfer & Co. wird in den kommenden Jahren rasant ansteigen, daher stellt sich die Frage nach einer lückenlosen Versorgung.

Zukunftsweisende Technologien in den Industriestaaten und aufstrebende Schwellenländer schaffen einen stetig wachsenden Energiehunger. Seltene Erden, ohne die die Herstellung von Smartphones, Flachbildschirmen und Energiesparlampen undenkbar wäre, werden auch zur Produktion von Hybridautos und Windenergieanlagen verwendet. Hier spielt der Stoff Neodym eine zentrale Rolle. Jedoch müssen die Seltenen Erden zum Großteil aus China importiert werden. Das Land hat die globale Vormachtstellung beim Export Seltener Erden – insgesamt stammen 97 Prozent der Weltmarktproduktion aus der Volksrepublik, die jahrelang eine exzessive Förderung zulasten der Umwelt und der Arbeiter betrieben hatte.

Seit 2010 gibt es aber eine neue Rohstoffpolitik im Reich der Mitte. Die Zeit der billigen Seltenen Erden soll nun beendet sein und ihrer Ausbeutung auf Kosten der Umwelt ein Ende gesetzt werden. Das bedeutet für die Handelspartner Chinas, dass man sich auf Versorgungsengpässe einstellen muss. Denn der Bedarf im Westen nach den Hightech-Rohstoffen wächst stetig. Dennoch besteht kein Zusammenhang zwischen der drohenden Verknappung und den tatsächlichen Vorkommen. Denn trotz des Namens sind die Seltenen Erden nicht wirklich knapp, viele Gebiete sind hier noch unerforscht. Das Vorkommen der Seltenen Erden ist aus geologischer Sicht kein Problem – dieses liegt einzig in der hohen Nachfrage. Im Zusammenhang mit der begrenzten Produktion ergeben sich somit enorm hohe Preise, die die Unternehmen an den Rohstoffbörsen zahlen müssen.

Im Gegensatz zu Erneuerbaren Energien sind fossile Energieträger deutlich begrenzt. Die weltweiten Vorräte an Erdöl und Erdgas, Kohle und Uran werden in einigen Regionen in wenigen

Jahren bzw. Jahrzehnten erschöpft sein. Zudem stellt sich die Frage nach der Erreichbarkeit und Förderung, mitunter können so Importabhängigkeiten entstehen. Die Erneuerbaren Energien dagegen sind unerschöpflich und bereits hier und heute verfügbar. Dennoch braucht eine grundlegende Umstellung der Energieversorgung Zeit. Engagierte Ausbauziele in überschaubaren Zeitintervallen helfen, die Energiewende einzuleiten.

Internet:
_www.bgr.bund.de
_www.bmwi.de
_www.fnr.de

R Rückbau von Windenergieanlagen

Die gewöhnliche Betriebsdauer von Windenergieanlagen ist ausgelegt auf 20 Jahre, kann jedoch bei Vorlage eines Standsicherheitsnachweises auch verlängert werden.

Ihrem Bau und der Inbetriebnahme geht ein mehrstufiges ↗ Genehmigungsverfahren voraus, das gemäß Baugesetzbuch auch die Verpflichtung beinhaltet, die Anlagen nach Betriebsende vollständig zurückzubauen und den Standort wieder in den ursprünglichen Zustand zu versetzen. Als ↗ Sicherheitsleistung trägt der Betreiber zumeist eine Baulast ein oder stellt eine Rückbaubürgschaft gegenüber dem Grundstückseigentümer in Form einer Bankbürgschaft zur Verfügung. Nach endgültiger Stilllegung

einer Windenergieanlage bleiben somit keinesfalls Bauruinen oder eine zerstörte Landschaft zurück.

Im Zuge des Rückbaus wird eine Windenergieanlage mithilfe eines Kranes Stück für Stück abgebaut und abtransportiert. Die Rotorblätter werden von der Nabe abgetrennt. Nabe, Gondel und Turm werden demontiert. Auch Schaltanlage, Übergabestation und Kabel werden entfernt.

An guten Standorten kann es rentabel sein, eine Windenergieanlage vor ihrer Ablaufzeit abzubauen und im Zuge des Repowering durch eine neue, größere Anlage zu ersetzen. Die Altanlage lässt sich dann eventuell wieder

verkaufen und weiterhin nutzen. Moderne Windenergieanlagen lassen sich zudem fast vollständig recyceln, da sie zum Großteil aus Stahl bestehen. Beim ↗ Recycling gehen die Stahlsegmente vorwiegend als Sekundärrohstoff zurück ins Stahlwerk, die Rotorblätter werden später als Beimengung für Zementmischungen genutzt.



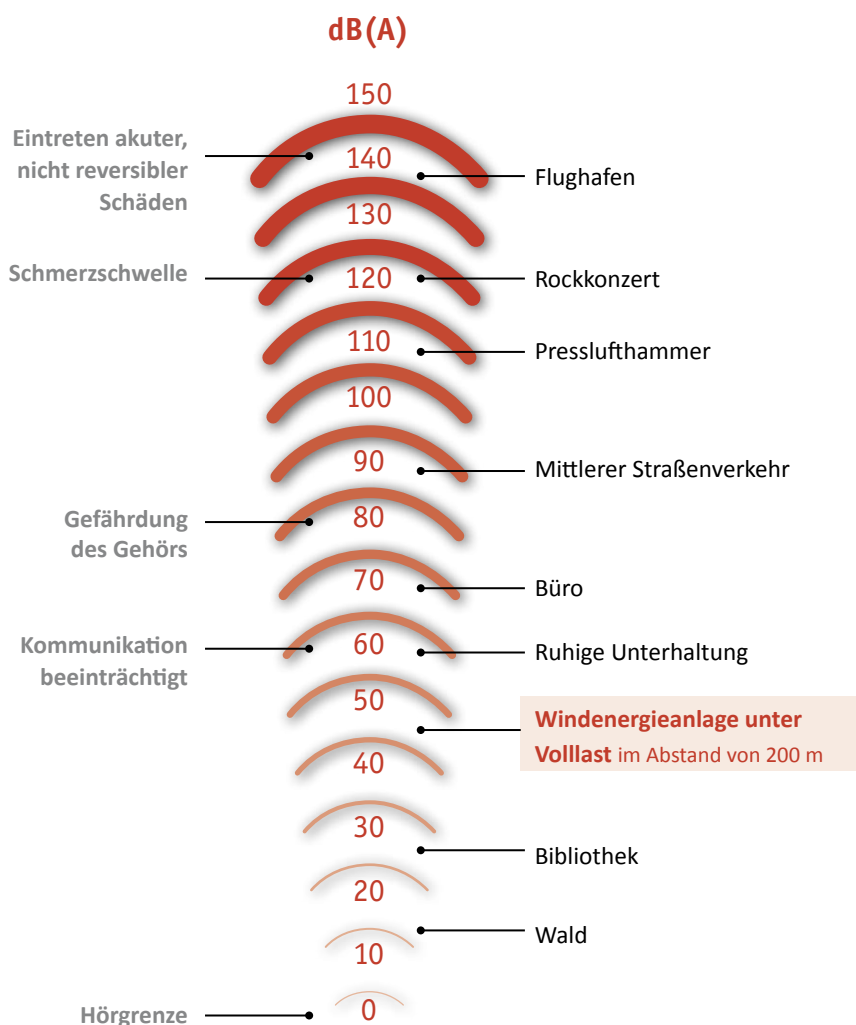
Bei einer Windenergieanlage gibt es zwei Schallquellen: zum einen die mechanischen Bauteile wie Getriebe und Generator, zum anderen entsteht durch die Bewegung des Rotors aerodynamischer Schall.

Beim Bau von Windenergieanlagen müssen im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens umfassende baurechtliche Vorschriften eingehalten werden. Ein wichtiger Abschnitt bei der Genehmigung von WEA findet bereits in der Planungsphase statt, denn zu diesem Zeitpunkt werden die zu erwartenden Schallemissionen überprüft. Grundlage hierfür ist die „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA-Lärm), in der jeweils konkrete Vorgaben für Geräuschpegel festgelegt sind, die in Wohn-, Misch- oder Gewerbegebieten nicht überschritten werden dürfen. Nach ihnen richtet sich der Abstand zur nächsten Wohnbebauung. Für eine Baugenehmigung ist die Einhaltung dieser Werte durch ein Gutachten nachzuweisen.

Grundsätzlich produzieren moderne Windenergieanlagen weit weniger Lärm als ihre Vorgänger aus der Pionierzeit der Windenergie; sie sind besser schallgedämmt und besitzen schalltechnisch optimierte Rotorblattformen. In wenigen Hundert Metern Entfernung ist der schwirrende Klang des Rotors akustisch kaum noch wahrzunehmen. Zudem überlagern Umgebungsgeräusche – rauschende Bäume und Büsche, Straßenlärm und andere Alltagsgeräusche – die Geräuschentwicklung von Windenergieanlagen erheblich.

Besucher von Windparks sind häufig überrascht, wie leise die Anlagen wirklich sind. Hierzu ein Vergleich: Befindet man sich mit 200 Metern Abstand neben einer modernen Windenergieanlage, beträgt die ausgehende Schallbelastung ca. 45 dB(A). In einem fahrenden Auto ist man bei 100 km/h hingegen 100 dB(A) ausgesetzt.

Internet:
[_www.dewi.de](http://www.dewi.de)
[_www.lanuv.nrw.de/geraeusche](http://www.lanuv.nrw.de/geraeusche)
[_www.wind-fgw.de](http://www.wind-fgw.de)



S

Schattenwurf und Diskoeffekt

Abhängig von Wetterbedingungen, Windrichtung, Sonnenstand und Betrieb kann eine Windenergieanlage mit ihren rotierenden Flügeln einen bewegten Schlagschatten werfen.

Bei den Berechnungen des Schattenwurfs wird unterschieden zwischen der theoretisch maximal möglichen Einwirkzeit – wobei stets Sonnenschein, eine ungünstige Windrichtung und ein drehender Rotor vorausgesetzt werden – und der realen Einwirkzeit unter örtlich normalen Wetterbedingungen. Die Schattenwürfe der Rotorblätter können für Betroffene unangenehm sein, wenn die Schlagschatten zum Beispiel ständig auf die Fenster eines Wohnhauses treffen. Dieser Aspekt ist gesetzlich geregelt. Die Schattenwurfdauer darf nach Bundes-Immissionsschutzgesetz 30 Minuten täglich und 30 Stunden im Jahr nicht überschreiten. In Grenzfällen ist im [Genehmigungsverfahren](#) durch Gutachten nachzuweisen, dass keine

unzulässigen Schattenbelästigungen auftreten. Bei Überschreitungen ist die Windenergieanlagen mit einem speziellen Sensor auszustatten und durch eine Abschaltautomatik anzuhalten. Allerdings stehen in der Regel im „Schattenbereich“ von Windparks keine Wohngebäude.

Im Gegensatz zum Schattenwurf spielt der sogenannte „Diskoeffekt“ – Lichtreflexe an den Rotorblättern – heute keine Rolle mehr, denn schon lange werden die Rotorflächen mit matten, nicht reflektierenden Farben gestrichen.

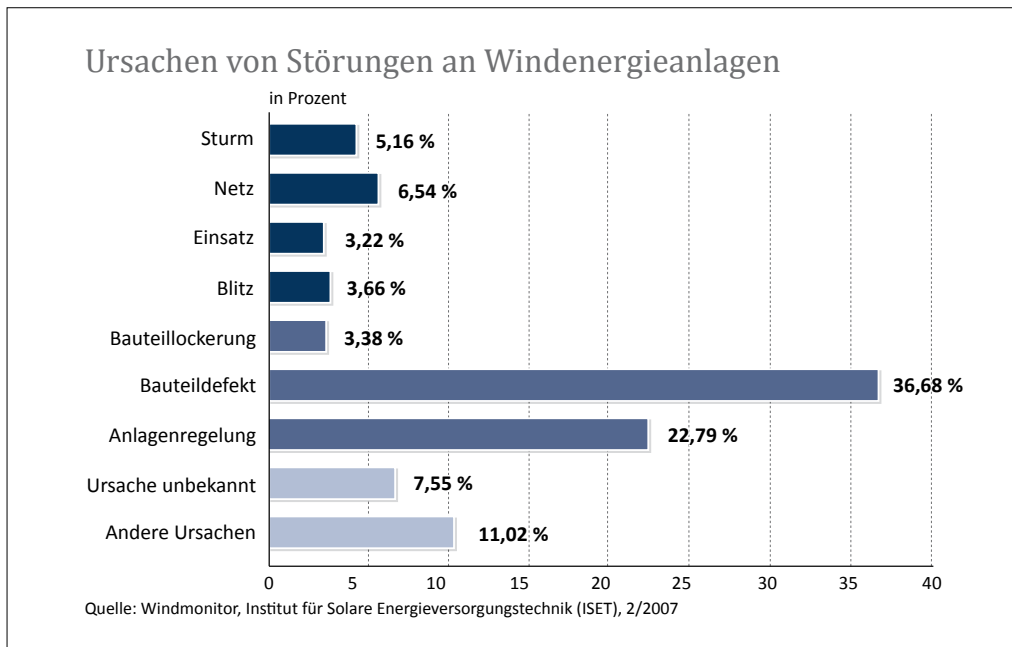
Internet:

[_www.dewi.de](http://www.dewi.de)

[_www.lai-immissionsschutz.de](http://www.lai-immissionsschutz.de)

[_www.windtest-nrw.de](http://www.windtest-nrw.de)





Windenergieanlagen sind heute im Durchschnitt zu 98,5 Prozent technisch verfügbar, stehen also wegen technischer Mängel nur etwa sieben Tage im Jahr still. Die Stillstandszeiten bei Großkraftwerken betragen hingegen mehrere Wochen pro Jahr.

Gerade die Versicherungswirtschaft, die bei einem Maschinenausfall einspringt, besteht auf technische Zuverlässigkeit. Ebenso wie die genehmigende Behörde verlangt sie umfangreiche und regelmäßige Prüfungen und Sicherheitschecks. Im Rahmen der Baugenehmigung legt die Genehmigungsbehörde fest, wie oft Windenergieanlagen von Sachverständigen geprüft werden müssen. Die „wiederkehrende Prüfung“ erfolgt alle zwei bis vier Jahre. Für die Sicherheit von Windenergieanlagen ist die Richtlinie für Windenergieanlagen des Deutschen Instituts für Bautechnik maßgeblich.

In der Praxis erhalten Windenergieanlagen auf dieser Basis eine Typenprüfung von Zertifizierungsinstitutionen. Die Typenzertifizierung umfasst drei Elemente: die Prüfung der Konstruktionsunterlagen, die Bewertung der Herstellung (Qualitätsmanagement) und die Bewertung des Prototypentests. Ohne diese Typenprüfung sind Windkraftanlagen nicht genehmigungsfähig. Ausnahmen sind Prototypen, für die es Einzelgenehmigungsverfahren gibt. Die Prüfung muss durch einen anerkannten Sachverständigen erfolgen, dem alle notwendigen Informationen und technischen Dokumentationen zur Verfügung stehen. Der Sachverständigen-Beirat im Bundesverband Windenergie hat hierzu ebenfalls Richtlinien herausgegeben.

Internet:
_www.dibt.de
_www.gl-group.com
_www.wind-energie.de
_www.windmonitor.de



S

Systemdienstleistungen und Netzstabilität

Für eine sichere und zuverlässige Stromversorgung sind die Netzstabilität und die hierfür erforderlichen Systemdienstleistungen essenziell.

Der Transmission Code 2007 definiert Systemdienstleistungen als unbedingt erforderliche Leistungen für die Funktionstüchtigkeit des Systems, „die Netzbetreiber für die Anschlussnehmer/Anschlussnutzer zusätzlich zur Übertragung und Verteilung elektrischer Energie erbringen und damit die Qualität der Stromversorgung bestimmen“.

In Deutschland wird die elektrische Energie mittels Dreiphasenwechselstrom übertragen; die Netzfrequenz beträgt – ebenso wie in den europäischen Nachbarländern – 50 Hertz. Um die Netzfrequenz einzuhalten, ist stets ein Ausgleich zwischen Elektrizitätserzeugung und -verbrauch erforderlich. Wenn ein Überschuss an elektrischer Energie (im Verhältnis zum Verbrauch) in das Netz eingespeist wird, führt dies zu einer Frequenzerhöhung. Umgekehrt sinkt die Netzfrequenz unter 50 Hertz, wenn der Verbrauch größer ist als die produ-

zierte Energie, wie es zum Beispiel bei einem Kraftwerksausfall der Fall wäre. Um die notwendige Balance zwischen Erzeugung und Verbrauch herzustellen, benötigen die Übertragungsnetzbetreiber Regelleistung als Ausgleichsleistung. Neben der Frequenzhaltung stellen Spannungshaltung und Blindleistungsbereitstellung, Versorgungswiederaufbau (u. a. Schwarzstartfähigkeit) sowie System- und Betriebsführung weitere wichtige Systemdienstleistungen dar. Je nach Spannungsebene, an der eine Erzeugungsanlage angeschlossen ist, gibt es unterschiedliche Vorgaben für die technischen Anforderungen, die die Anlage erfüllen muss. Dies sind insbesondere für die Mittelspannungsebene die BDEW-Mittelspannungsrichtlinie (3. Ergänzung in Kraft ab 1. April 2011) sowie der Transmission Code 2007 für den Anschluss an der Hoch- und Höchstspannungsebene.

In § 29 (2) des Erneuerbaren-Energiengesetzes ist verankert, dass Windenergieanlagen mit Inbetriebnahme vor 2015 einen Bonus zur Systemdienstleistung von 0,48 ct/kWh erhalten, wenn

sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Diese Anforderungen sind in der Verordnung zu Systemdienstleistungen durch Windenergieanlagen (§ 5 SDLWindV) geregelt – für Neuanlagen entsprechend mit Anschluss an der Mittelspannungsebene sowie Hoch- und Höchstspannungsebene (§§2, 3 SDLWindV). Die SDLWindV verweist für technische Spezifikationen zu den jeweiligen Systemdienstleistungen (z. B. Blindleistungsbereitstellung) wiederum – je nach Spannungsebene – auf die Mittelspannungsrichtlinie und den Transmission Code.

Internet:

[_www.bdew.de](http://www.bdew.de)

[_www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de)

[_www.gesetze-im-internet.de/sdlwindv](http://www.gesetze-im-internet.de/sdlwindv)

[_www.regelleistung.net](http://www.regelleistung.net)



Anfang der Neunzigerjahre standen in Deutschland knapp 800 Windenergieanlagen. Bei Rotordurchmessern von 20 Metern speisten sie mit einer Leistung von durchschnittlich 150 Kilowatt bundesweit 140 Millionen Kilowattstunden in das Netz ein.

Seitdem hat sich die Stromproduktion durch Windenergie mehr als ver Hundertfacht. Heute drehen sich die Rotoren von 22.297 Anlagen im Wind. Die größten von ihnen ragen mehr als 150 Meter in den Himmel und verfügen über Nennleistungen von 3 bis 7,5 Megawatt.

Die modernen Hightech-Riesen haben einen Turm aus Beton und / oder Stahl und Maschinenträger aus Gusseisen. Rotoren mit einem Durchmesser von 80 bis 120 Metern werden in

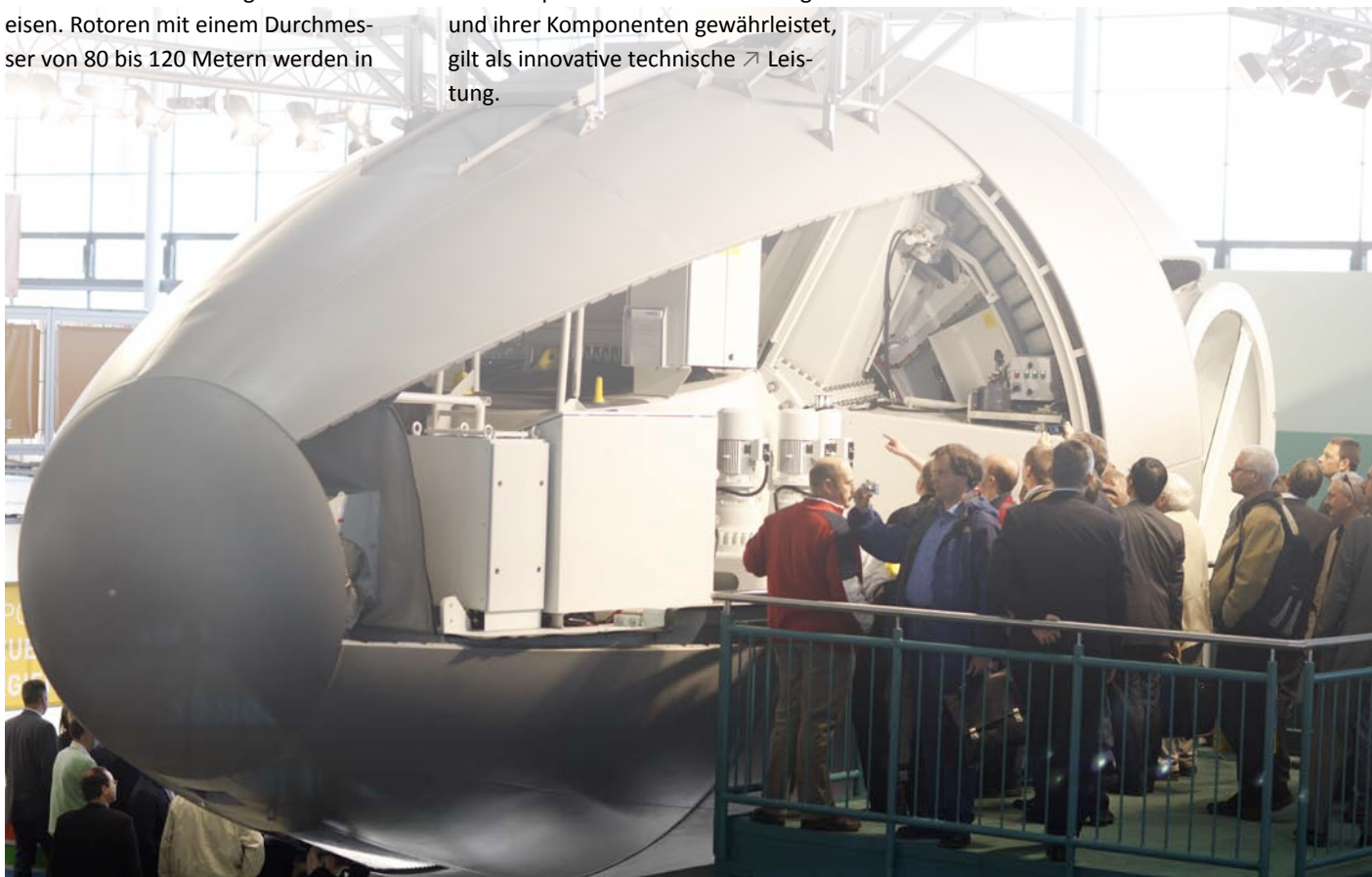
unternehmenseigenen Forschungsprojekten nach Kriterien wie Aerodynamik, ↗ Schallemission und hohe Lebensdauer optimiert. Wichtigstes Element der Anlagen ist das Antriebssystem; hier findet die Umwandlung der Windenergie in elektrische Energie statt. Ziel der Entwicklungsingenieure ist ein optimaler Wirkungsgrad – bestehende Windenergieanlagen erreichen annähernd 50 Prozent.

Weitere Innovationen wie Sensoren am Rotorenblatt, Sturmregelungssoftware und Netzanbindungssysteme sorgen für einen sicheren, störungsfreien Betrieb und optimale Netzintegration. Auch die zustandsorientierte Instandhaltung (Condition Monitoring), die den optimalen Betrieb der Anlage und ihrer Komponenten gewährleistet, gilt als innovative technische ↗ Leistung.

Praxiserprobtes Wissen und der Erfahrungsvorsprung von Herstellern, Zulieferern und Planern schaffen Marktvorteile. Das „Windenergie Wunder Deutschland“ wird unter dem Druck der degressiv gestaffelten EEG-Fördermittel seine Innovationsfähigkeit in Zukunft auch verstärkt im wachsenden internationalen ↗ Wettbewerb unter Beweis stellen.

Internet:

[_www.deutsche-windindustrie.de](http://www.deutsche-windindustrie.de)
[_www.hannovermesse.de/wind](http://www.hannovermesse.de/wind)
[_www.husumwindenergy.com](http://www.husumwindenergy.com)
[_www.iwes.fraunhofer.de](http://www.iwes.fraunhofer.de)
[_www.wind-energie.de/de/technik](http://www.wind-energie.de/de/technik)
[_www.wind-energy-market.com](http://www.wind-energy-market.com)



T

Technik – Wie funktioniert ein Windrad?



Windkrafttechnik: Eine saubere Leistung

Windenergieanlagen sind moderne Kraftwerke. Sie funktionieren nach einem einfachen Prinzip. Die Rotorblätter wandeln die Bewegungsenergie des Windes in eine Drehbewegung, und diese formt ein Generator, ähnlich dem Dynamo-Prinzip, in elektrischen Strom um.

Physik der Windenergienutzung: Welche nutzbare Leistung steckt im Wind?

Eine Windenergieanlage kann maximal 59 Prozent der im Wind enthaltenen kinetischen Energie in mechanische Energie umwandeln. Aufgrund von Umwandlungsverlusten erreichen moderne Anlagen heute eine Ausbeute von gut 45 Prozent.

Für die Leistung, die dem Wind entzogen werden kann, ist maßgeblich die von den Rotorblättern überstrichene Fläche bzw. spezielle Bauart der Rotorblätter sowie die Windgeschwindigkeit von Bedeutung. Gerade die Windgeschwindigkeit ist für den Ertrag einer Anlage entscheidend, da sie – physikalisch betrachtet – mit ihrer dritten Potenz einfließt. Das bedeutet: Bei der Verdoppelung der Windgeschwindigkeit verachtfacht sich die Windleistung.

Kontrollierte Kraft: Nennleistung und Leistungsregulierung

Der Begriff „1.500-kW-Windenergieanlage“ kennzeichnet die Nennleistung des Generators, also seine maximale Leistung. Eine Leistung von 1.500 Kilowatt entspricht bei einem PKW einer Leistung von 2.039 PS. Die Nennleistung erreicht die Anlage bei

einer spezifischen Windgeschwindigkeit. Diese Nennwindgeschwindigkeit liegt meist zwischen 11 und 15 Metern pro Sekunde (entsprechend 40 bis 54 Stundenkilometern).

Der Betriebsbereich der Windenergieanlage liegt zwischen der Einschaltwindgeschwindigkeit (2,5 bis 4 Meter Wind pro Sekunde), bei der die Anlage beginnt, elektrische Leistung in das Netz abzugeben und der Abschaltwindgeschwindigkeit (25 bis 34 Meter Wind pro Sekunde). Geht die Anlage ans Netz, geschieht dies „weich“, das heißt gleitend unter Einsatz von moderner Regelungstechnik. Weht der Wind zu stark, wird die Leistung herabgeregelt, um eine gleichmäßige Einspeisung zu gewährleisten. Bei modernen Anlagen verhindert eine sanfte Sturmabschaltung, dass die Leistung abrupt aufhört. Dies vermeidet Störungen im Übertragungsnetz.

Technik – Wie funktioniert ein Windrad?

T

Leistungsregulierung

Um Windenergieanlagen vor Überlast zu schützen und eine gleichmäßige Stromabgabe zu gewährleisten, muss bei Windgeschwindigkeiten über der Nennwindgeschwindigkeit ein Teil der Leistung gedrosselt werden. Die beiden folgenden Prinzipien sind die gängigsten zur Leistungsregulierung:

Stall-Regelung (aerodynamischer Abriss):

Steigt die Windgeschwindigkeit über ein bestimmtes Maß hinaus, reißt durch die spezielle Flügelform die Luftströmung an der Blattkante des Rotorblattes ab und begrenzt so die Drehzahl. Eine Modifikation stellt die sogenannte Aktiv-Stall-Regelung dar, bei der eine Verstellung der Rotorblätter möglich ist.

Pitch-Regelung (Blattwinkelverstellung):

Mittels elektrischer oder hydraulischer Blattverstellung lassen sich die Flügel stufenlos verstellen. Dies verringert den Auftrieb, so dass auch bei hohen Windgeschwindigkeiten die Leistungsabgabe des Rotors ab der Nennleistung konstant bleibt.



Bei Windenergieanlagen haben sich zwei verschiedene Konstruktionsprinzipien durchgesetzt: **Anlagen mit und Anlagen ohne Getriebe.**

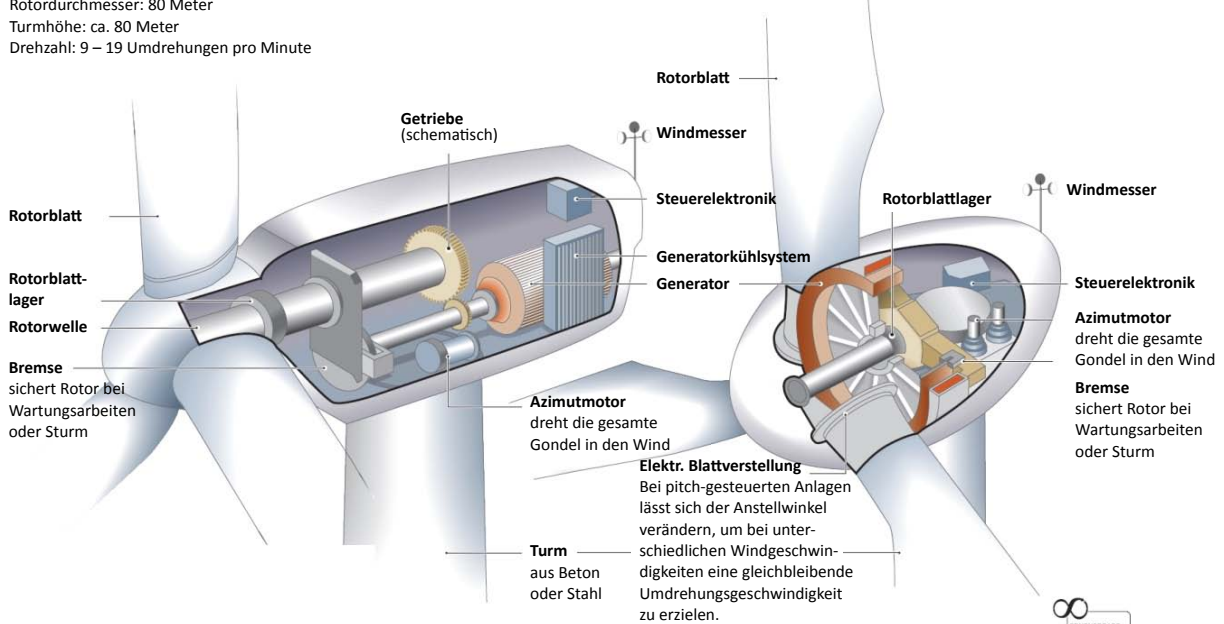
Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien.

1. Beispiel einer Anlage mit Getriebe

Leistung: 2,0 Megawatt (MW)
Rotordurchmesser: 80 Meter
Turmhöhe: ca. 80 Meter
Drehzahl: 9 – 19 Umdrehungen pro Minute

2. Beispiel einer getriebelosen Anlage

Leistung: 5,0 Megawatt (MW)
Rotordurchmesser: 114 Meter
Turmhöhe: ca. 124 Meter
Drehzahl: 8 – 13 Umdrehungen pro Minute



Turm und Fundament:

Um die Standfestigkeit der Windenergieanlage zu gewährleisten, ist je nach Festigkeit des Untergrundes eine Pfahl- oder Flachgründung erforderlich. Die Turmkonstruktion selbst trägt nicht nur die Massen der Maschinengondel und der Rotorblätter, sondern muss auch die enormen statischen Belastungen durch die wechselnden Kräfte des Windes auffangen. Man verwendet in der Regel Rohrkonstruktionen aus Beton oder Stahl. Eine Alternative sind auch Gittertürme.

Rotorblätter:

Heute dominiert der dreiflügelige, horizontal gelagerte Rotor. Die Rotorblätter bestehen hauptsächlich aus glas- bzw. kohlefaserverstärkten Kunststoffen (GFK, CFK). Das Blätterprofil ähnelt dem von Flugzeugtragflächen. Sie nutzen das gleiche Auftriebsprinzip: An der Flügelunterseite erzeugt die vorbeiströmende Luft einen Überdruck, an der Oberseite hingegen einen Sog. Diese Kräfte versetzen den Rotor in eine Vorwärts-, sprich Drehbewegung.

Gondel:

Die Gondel enthält den gesamten Maschinensatz. Sie ist aufgrund der notwendigen Windrichtungsnachführung drehbar auf dem Turm gelagert.

Der Aufbau der Gondel beschreibt die vom Hersteller gewählte Form, die Komponenten des Antriebsstranges (Rotorwelle mit Lagerung, Getriebe und Generator) auf dem Maschinenträger zu positionieren.

Technik – Komponenten einer Windenergieanlage

T

Getriebe:

Das Getriebe nimmt die Drehzahlanpassung zwischen langsam laufendem Rotor und schnell laufendem Generator vor. Dazu werden mehrere Planeten- bzw. Stirnradstufen hintereinander geschaltet. Wird ein speziell entwickelter hochpoliger Ringgenerator mit großem Durchmesser verwendet, kann das Getriebe entfallen.

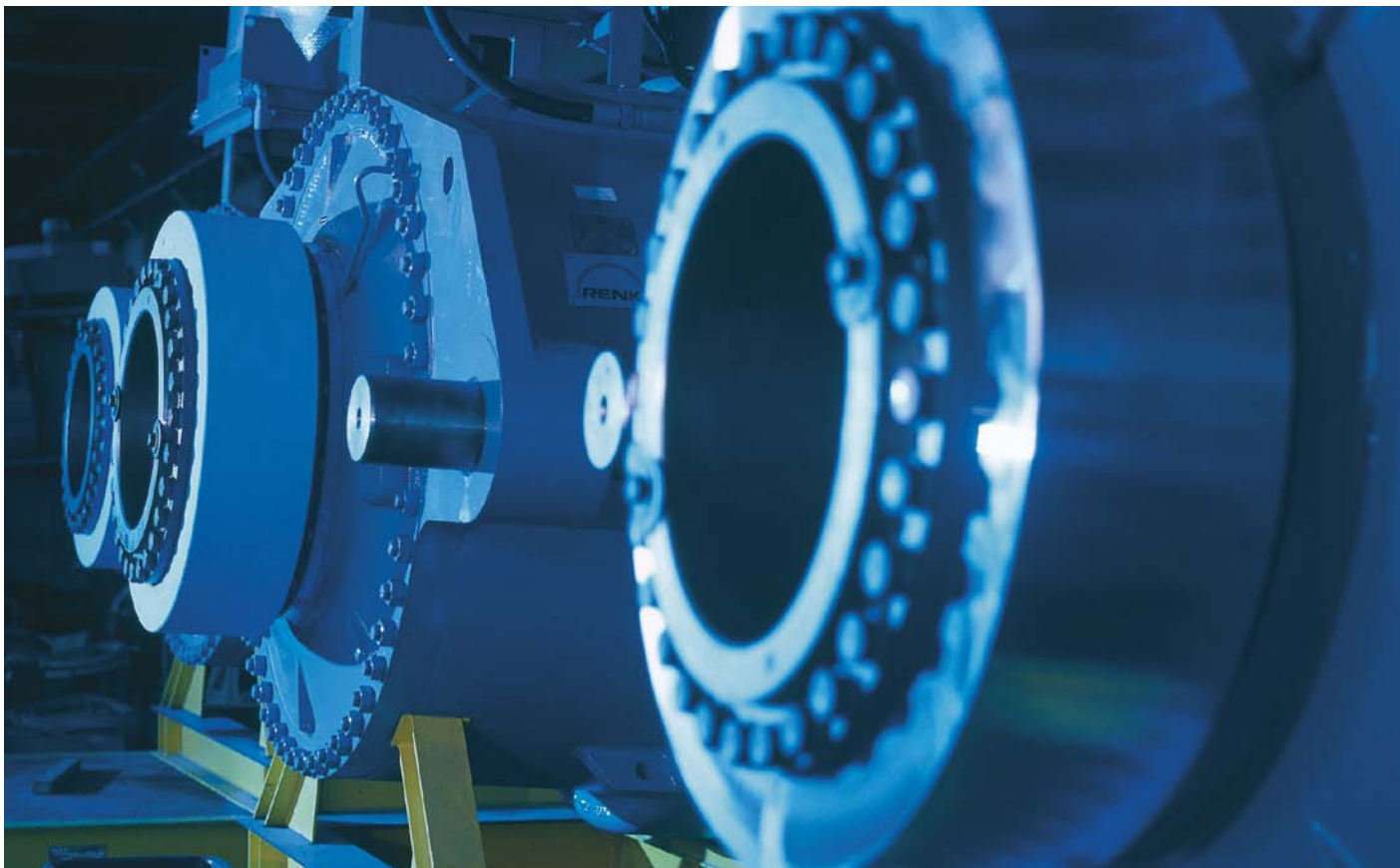
Generator:

Der Generator wandelt die mechanische Drehbewegung des Triebstranges in elektrische Energie um. Dabei kommen im Wesentlichen zwei Generatortypen und ihre Abwandlungen zur Anwendung – der Synchron- und der Asynchrongenerator. Beide Generatorkonzepte ermöglichen es, ihre Betriebsdrehzahl in Grenzen zu variieren. Während beim Synchrongenerator der gesamte erzeugte Strom umgerichtet werden muss, bietet der Asynchrongenerator den Schlupf als Ansatzpunkt.

Bei gewollt großem Schlupf kann die Verlustenergie (Schlupfleistung) über geeignete Umrichter wieder dem Leistungsfluss zugeführt werden. Damit muss nur ein Teil der erzeugten Leistung durch einen Umrichter fließen. Die Realisierung erfordert jedoch einen Schleifringläufer, der mit höherem Wartungsaufwand verbunden ist. Drehzahlvariable Generatorsysteme sind für moderne Windenergieanlagen die bevorzugte Konzeption.

Internet:

[_www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)
[_www.wind-energie.de/infocenter](http://www.wind-energie.de/infocenter)



T

Tourismus – Voller Energie und Weitblick

Kritiker behaupten, dass Windenergieanlagen einen Eingriff in die Landschaft darstellen und besonders die Küsten Deutschlands, die zu den beliebtesten Urlaubsregionen zählen, durch Offshore-Windparks zukünftig von abnehmenden Besucherzahlen betroffen sein könnten.

Umfragen jedoch zeigen: Windenergieanlagen haben ein positives Image und können zu einem ökologisch sinnvollen Tourismus beitragen. Sie symbolisieren Innovation, Zukunftsorientierung und Nachhaltigkeit. Für einige Gemeinden haben sich hieraus bereits positive „Mitnahme-Effekte“ ergeben: Sie erleben einen erheblichen Imagegewinn, da es die meisten Urlauber befürworten, wenn ihr Ferienort aktiven Umweltschutz praktiziert. Informationsarbeit über die Erneuerbaren Energien, verbunden mit Besichtigungstouren zu Windenergieanlagen, das „Windmillclimbing“, bereichern das touristische Angebot. Und auch die aktive Einbindung von Windprojekten in Tourismuskonzepte hat seinen Anfang genommen. So findet sich beispielswei-

se im Ferienführer „Ostfriesland“ auch eine Seite zum Thema „WindErlebnis Ostfriesland“, und im Baedeker Verlag ist 2011 ein Deutschland-Reiseführer erschienen, der sich ganz den Erneuerbaren Energien und ihren Projekten vor Ort widmet.

Windenergieanlagen sind sichtbare Zeichen des Klimaschutz und des ökologischen Fortschritts. Der Behauptung, sie hätten signifikante Auswirkungen auf den Tourismus in der Region, stehen Ergebnisse empirischer Umfragen gegenüber. So zeigte die Studie des Instituts für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa (N.I.T.) mit dem Titel „Touristische Effekte von On- und Offshore-Windkraftanlagen in Schleswig-Holstein“, in der 500 Gäste befragt und 2.000 Interviews in der Bevölkerung geführt wurden, dass keinerlei Zusammenhang mit Übernachtungszahlen in Urlaubsorten besteht. Gerade einmal zwei Prozent der Gäste gaben auf Nachfrage an, dass sie aufgrund der Anlagen ihren Urlaub zukünftig andernorts verbringen würden.

Dass gerade im Pionierland der Windenergie die Anlagen nicht als Störung des Landschaftsbildes empfunden werden, lässt vermuten, dass auch in anderen Regionen die Windräder keine negative Wirkung auf Touristen haben.

Internet:

[_www.hs-bremerhaven.de](http://www.hs-bremerhaven.de)
[_www.nit-kiel.de](http://www.nit-kiel.de)
[_www.ostseeinstitut.uni-rostock.de](http://www.ostseeinstitut.uni-rostock.de)
[_www.solarreise.de](http://www.solarreise.de)



Umweltverbände

Windkraft – ja bitte!



Die großen Naturschutz- und Umweltverbände haben stets den ökologischen Sinn und Nutzen der Windenergie betont.

Gemeinsam bilden sie eine Stimme für den Ausbau der Erneuerbaren und nehmen zusammen mit den Verbänden und Industrien der Branche Einfluss auf Entscheidungsträger.

Die Liste ist lang: Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH), Deutscher Naturschutzring (DNR), Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Naturschutzbund Deutschland (NABU), World Wide Fund For Nature (WWF), Germanwatch, Greenpeace, Öko-Institut und Robin Wood. Sie alle setzen sich für den weiteren umweltgerechten Ausbau der Windenergie und anderer Erneuerbarer Energien ein. Auch der Deutsche Bauernverband, Gewerkschaften und



Kirchen unterstützen die Windenergienutzung. Dabei ist ein abgestimmtes Vorgehen beim Landschafts- und Naturschutz notwendig, um allen Facetten des Umweltschutzes und der nachhaltigen Entwicklung gerecht zu werden.

Internet:

[_www.bund.net](http://www.bund.net)
[_www.dhu.de](http://www.dhu.de)
[_www.dnr.de](http://www.dnr.de)
[_www.germanwatch.org](http://www.germanwatch.org)
[_www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de)
[_www.nabu.de](http://www.nabu.de)
[_www.oeko.de](http://www.oeko.de)
[_www.robin-wood.de](http://www.robin-wood.de)
[_www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de)
[_www.wwf.de](http://www.wwf.de)





Vergütung der Windenergie

Das im Jahr 2000 geschaffene Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist in seiner jetzigen Form seit dem 1. Januar 2012 in Kraft. Es sieht eine feste Einspeisevergütung des durch Windenergieanlagen erzeugten Stroms vor, die der Netzbetreiber an den Anlagenbetreiber zahlen muss.

Mit der Novellierung des EEG 2012 zielt die Bundesregierung auf einen Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung von 35 Prozent im Jahr 2020. Bis zum Jahr 2050 soll der Anteil dann gar 80 Prozent betragen.

Die Anfangsvergütung für die Windenergie an Land wird für mindestens fünf Jahre gezahlt und beträgt derzeit 8,93 ct/kWh. Die Dauer der Anfangsvergütung ist abhängig vom Standort. Bei

einer geringeren Windhöflichkeit wird diese verlängert. Für neu in Betrieb genommene Anlagen sinkt die Anfangsvergütung jedes Jahr um 1,5 Prozent (= Degression).

Nach der anfänglichen Vergütung folgt eine Reduktion auf die Grundvergütung. Diese beträgt 4,87 ct/kWh. Die Vergütungen sind jeweils für die Dauer von 20 Kalenderjahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres zu zahlen.

Für Neuanlagen wird der SDL-Bonus in Höhe von 0,48 ct/kWh für die Dauer der Anfangsvergütung gezahlt. Dies gilt für Anlagen, die bis Ende des Jahres 2014 ans Netz gehen. Schließlich wird ein Repoweringbonus in Höhe von 0,5 ct/kWh für Onshore-Windenergieanlagen gezahlt, die alte Anlagen ersetzen.

Den Plänen der Bundesregierung entsprechend soll die Windenergie auf See die zweitwichtigste unter den Erneuerbaren Energien werden. Die Anfangsvergütung für Offshore-Anlagen beträgt 15 ct/kWh und muss – abhängig von Küstenentfernung und Wassertiefe – für mindestens zwölf Jahre gezahlt werden. Die Installation der Offshore-Windparks muss dabei bis Ende 2015 abgeschlossen sein. Zudem wurde mit dem EEG 2012 ein sogenanntes optionales Stauchungsmodell eingeführt. Dieses sieht anstelle einer Förderung der Offshore-Anlagen über zwölf Jahre mit 15 ct/kWh eine achtjährige Förderung mit 19 ct/kWh vor. Die Grundvergütung der Offshore-Parks bleibt unverändert bei 3,5ct/kWh.

EEG 2012: Vergütung für Windenergie an Land

Degression: 1,5 %; Vergütungszeitraum 20 Jahre

Jahr der Inbetriebnahme	Grundvergütung (in €/Cent)	Anfangsvergütung (in €/Cent)	Systemdienstleistungs-Bonus (in €/Cent)	Repowering-Bonus (in €/Cent)	Kleinwind bis 50 kW (in €/Cent)
2012	4,87	8,93	0,48	0,50	8,93
2013	4,80	8,80	0,47	0,49	8,80
2014	4,72	8,66	0,47	0,49	8,66
2015	4,65	8,53	-	0,48	8,53
2016	4,58	8,41	-	0,47	8,41
2017	4,52	8,28	-	0,46	8,28
2018	4,45	8,16	-	0,46	8,16
2019	4,38	8,03	-	0,45	8,03
2020	4,32	7,91	-	0,44	7,91
2021	4,25	7,79	-	0,44	7,79

Quelle: www.erneuerbare-energien.de

Vergütungsmodelle – erfolgreiches Mindestpreissystem



Die meisten Industrienationen haben sich im Rahmen internationaler Vereinbarungen zur Reduktion ihres Schadstoffausstoßes verpflichtet und teilweise sehr engagierte Ausbauziele für die Nutzung der Erneuerbaren Energien festgesetzt.

So verfolgt etwa die Europäische Union seit 2009 das Ziel, dass Erneuerbare Energien mindestens 18 Prozent zur Stromproduktion bis 2020 beitragen. Viele EU-Mitgliedsstaaten sind dabei dem Beispiel Deutschlands gefolgt und haben sogenannte Nationale Aktionspläne aufgestellt und gesetzliche Regelungen zur Förderung der Erneuerbaren Energien erlassen. Dabei bedienen sich die einzelnen Länder unterschiedlicher Fördermodelle.

Mindestpreissystem: Kernelemente dieses Modells sind die Abnahmepflicht von Strom aus Erneuerbaren Energien seitens der Netzbetreiber und ein garantierter Abnahmepreis pro Kilowattstunde. Um Mitnahmeeffekte zu vermeiden, wird die Vergütungshöhe degressiv gestaltet und je nach Erzeugungstechnologie, Standort und Ertrag festgesetzt.

Quotenmodell: Es wird von staatlicher Seite eine Menge oder ein Anteil von Strom aus Erneuerbaren Energien festgesetzt, der von einer Gruppe von Akteuren bereitgestellt, ge- oder verkauft werden soll. Die Einhaltung der jeweiligen Mengenverpflichtung wird durch die Vergabe von Zertifikaten kontrolliert.

Ausschreibungsmodell: Hier konkurrieren Erzeuger von Regenerativstrom in einzelnen Ausschreibungsrunden um die Deckung eines zuvor festgelegten Mengenkontingents. Die Ausschreibungsgewinner erhalten dann eine zeitlich befristete Abnahmegarantie für den von ihnen erzeugten Strom.

Bisher haben sich die Mindestpreissysteme als äußerst erfolgreich erwiesen. Sie sind flexibel in der Ausgestaltung, schaffen langfristig gesicherte Rahmenbedingungen für Investitionen und tragen somit zur Ausbildung einer nationalen Industrie, der Sicherung von Arbeitsplätzen und der Steigerung regionaler Wertschöpfung bei. Aktuell kommen innerhalb Europas überwiegend Mindestpreissysteme zum Einsatz. Nicht ohne Grund verzeichneten im europäischen Vergleich 2011 Spanien und Deutschland die höchsten Zuwachsraten im Bereich der Windenergie. Beides sind Mindestpreisländer, sie besitzen zusammen 53 Prozent Marktanteil an der installierten Gesamtkapazität in Europa.



V

Vogelschutz – Langzeitstudien geben Sicherheit



Die Ergebnisse von 20 Jahren Forschung über die Auswirkungen von Windenergieanlagen auf die Vogelwelt zeigen eindeutig, dass es kein „Vogel-schlag“, also keine massenhaften Kollisionen mit den Anlagen gibt und auch keine langfristige Beeinträchtigung des Verhaltens zu beobachten ist.

Zahlreiche Ornithologen untersuchten das Vorkommen und Verhalten von Rast-, Brut- und Zugvögeln in der Nähe von Windenergieanlagen und stellten fest, dass keine Beeinträchtigung zu belegen ist. Vereinzelt wurden sogar verstärkte Brutaktivitäten in der Nähe von Windenergieanlagen festgestellt. Für Zugvögel wurde in vielen Fällen eine Barrierewirkung nachgewiesen, die sich jedoch nicht als Beeinträchtigung bewerten lässt. Insgesamt lässt sich resümieren, dass Zusammenstöße mit Windenergieanlagen so selten sind, dass sie sich nicht auf die Populationsgröße oder den Bestand einzelner Vogelarten auswirken. Freilandleitungen, Gebäude und der Straßenverkehr bergen ein deutlich höheres Gefahrenpotenzial.

Einige Vogelarten werden in diesem Zusammenhang als besonders schützenswert herausgestellt. Neuere Studien untersuchen das Verhalten von Greifvögeln, bspw. des Rotmilan. Sie versuchen geeignete Vorsorgemaßnahmen zu entwickeln, die das Unfallrisiko weitmöglichst minimieren.

Trotz allem gilt: Der menschliche Eingriff in die Natur führt zwangsläufig zur Störung der Umwelt. Besiedlung, Verkehr, Land- und Forstwirtschaft schränken die Lebensräume der Tiere zunehmend ein. An großflächigen Glasfronten, im Straßenverkehr oder bei menschengemachten Umweltkatastrophen wie Tanker-Havarien verenden jährlich mehrere Millionen Vögel. Auch der wohl größte menschliche Eingriff in die Natur bleibt nicht ohne Auswirkungen auf die Vogelwelt: Die Änderung des Klimas führt zu nachweisbaren Verhaltensänderungen. Laut einer Studie der Europäischen Umwelt Agentur (EEA) verschieben sich die Verbreitungsgebiete europäischer Vögel und anderer Tierarten nord- und bergwärts.

Etwaige Auswirkungen von Windturbinen auf die Lebensräume und Durchzugsgebiete von Vögeln lassen sich dagegen durch eine sorgsame Standortplanung vermeiden oder wenigstens minimieren. So bietet das ↗ Repowering die Möglichkeit einer „Nachjustierung“ weniger geeigneter Standorte. Nahezu jedes Projekt wird heutzutage durch ornithologische Untersuchungen begleitet. Auch lokale Fledermauspopulationen – insbesondere hochfliegende Arten wie der Abendsegler – werden in Planungs- und ↗ Genehmigungsverfahren berücksichtigt. Jedoch gilt es hier erhebliche Unterschiede in Naturräumen und Bestandsgrößen zu beachten, welche die Entwicklung von Kriterien zum Schutz der Fledermäuse erschweren. Eine häufige Konsequenz sind daher Abschaltzeiten und sogar Genehmigungsversagen.

Internet:
_ www.dnr.de
_ www.nabu.de
_ www.textbruket.se/kalmarsund
_ www.wind-energie.de
_ www.wind-eole.com/veranstaltungen

Bis 2020 strebt die Bundesregierung einen Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung von mindestens 35 Prozent an. Die Windenergie stellt hierbei einen Grundpfeiler dar. Und es stellt sich zunehmend die Frage, wo die notwendigen Erzeugungskapazitäten aufgebaut werden können.

In der vom BWE in Auftrag gegebenen „Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land“ des Fraunhofer Institutes für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) wird dargelegt, dass ausreichend ↗ Potenzial für den Ausbau der Windenergie an Land zur Verfügung steht. Zudem führt die Studie an, dass aufgrund der ↗ regional sehr unterschiedlichen Verteilung des Waldes insbesondere in den südlichen Bundesländern die Nutzung von Waldflächen für die Windenergie notwendig sein wird.

Aufgrund der heute verwendeten Turmhöhen von 100 Metern und mehr wird der Einfluss der baumbestandsbedingten ertragsmindernden Rauigkeit nahezu aufgehoben. Die wirtschaftliche Nutzung von Waldstandorten ist mittlerweile möglich und empfehlenswert.

Die planerische Entscheidung für Windenergieanlagen in Waldgebieten ist in erster Linie abhängig von der Windhöufigkeit des Standortes. Die Erschließbarkeit und mögliche Vorschäden wie bspw. durch Windwurf oder Vorbelastungen durch Autobahnen oder technische Elemente wie Sendemasten können die grundsätzliche Eignung für Windenergie bestärken.



Der Flächenbedarf einer heute üblichen 3-MW-Anlage beträgt zwischen 0,4 und 0,6 ha, abhängig vom Anlagentyp und der Standortbeschaffenheit. Nur ein kleiner Teil dieser Fläche wird über den Betriebszeitraum offengehalten. Die Hälfte der Fläche wird wieder aufgeforstet und die Freifläche um das Fundament und die Kranstellfläche wird mit Schotterrassen begrünt.

Für die Eingriffe werden Ausgleichsmaßnahmen wie Ersatzaufforstungen und andere Waldumbaumaßnahmen durchgeführt. Die naturschutzfachlichen Belange werden im ↗ Genehmigungsverfahren umfassend geprüft. Grundsätzlich sind Windenergieprojekte im Wald mit den gleichen naturschutzfachlichen Belangen konfrontiert wie in Offenlandschaften. Pauschale Abstandsempfehlungen aus Artenschutzgründen sind meist nicht nachvollziehbar.

Das traditionelle ↗ Landschaftsbild ändert sich mit dem Aufstellen von Windenergieanlagen. Allerdings berücksichtigt die Planungen Fernwir-

kungen und sie achten darauf, dass sich die Anlagen gut in das Landschaftsbild einfügen. Im Nahbereich werden Türme und Rotoren durch die Sichtverschattung der Bäume kaum wahrgenommen. Gleiches gilt auch für die Geräuschkulisse. Die natürlichen Windgeräusche im Wald liegen meist über dem Geräuschpegel der Windenergieanlagen.

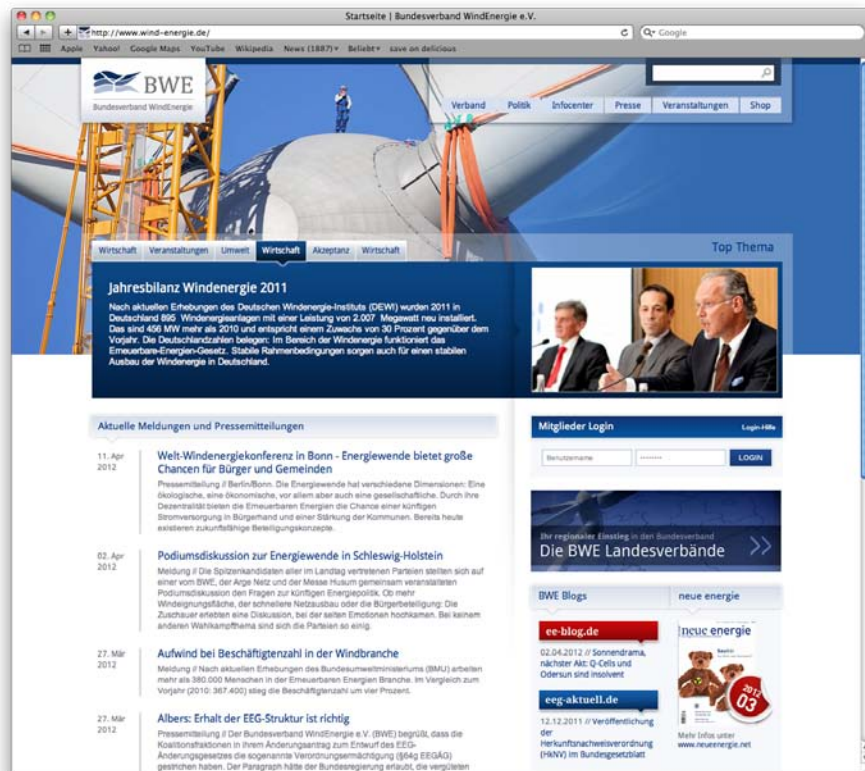
Windenergieprojekte werden heute im Wirtschaftswald, in einer ohnehin vom Menschen geprägten Kulturlandschaft umgesetzt. Naturnahe, besonders wertvolle Gebiete sind von einer Nutzung durch Windenergie ausgeschlossen.

Internet:

[_www.bmu.de/erneuerbare_energien](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien)
[_www.igwindkraft.at](http://www.igwindkraft.at)
[_www.ostwind.de](http://www.ostwind.de)
[_www.volkswind.de](http://www.volkswind.de)
[_www.wind-ist-kraft.de](http://www.wind-ist-kraft.de)
[_www.windwaerts.de](http://www.windwaerts.de)

www.wind-energie.de

Der Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE) ist mit rund 20.000 Mitgliedern weltweit einer der größten Verbände der Erneuerbaren Energien. Seine Mitglieder setzen sich für eine Energiewende hin zu 100 Prozent aus einem Mix aller regenerativen Energien ein. Zu den Fragen, warum eine Energiewende notwendig ist und was die Windenergie dazu beitragen kann, finden Sie zahlreiche Informationen, Studien und Links auf der Internetseite.



www.dewi.de

Als eines der international führenden Beratungsunternehmen auf dem Gebiet der Windenergie bietet das DEWI alle Arten von Messdienstleistungen, Energieertragsprognosen und Studien, Weiterbildung sowie technische, wirtschaftliche und politische Beratung für Industrie, Windparkplaner, Banken, Regierungen und Behörden an.

www.deutsche- windindustrie.de

Über 100.000 Menschen haben inzwischen in der Windbranche Arbeit gefunden. Doch wer sind diese Betriebe? In Nordrhein-Westfalen finden sich ehemalige Bergbau-Zulieferer, die heute einen wesentlichen Teil mit Komponenten für Windenergieanlagen umsetzen. Auf dieser Internetseite erhalten Sie Informationen über die Leistungsfähigkeit der Branche und ihrer Unternehmen.

www.wind-ist-kraft.de

Kampagne des Deutschen Naturschutzbündnis (DNR) zur umwelt- und naturverträglichen Nutzung der Windenergie an Land. Gerade die Aspekte des Natur- und Landschaftsschutzes sowie die Auswirkungen auf Vögel und Wildtiere führen immer wieder zu emotionalen Debatten. Die Kampagne ist ein Aufruf zu mehr Sachlichkeit in der Diskussion und trägt mit einer fundierten wissenschaftlichen Arbeit und gut aufbereiteten Informationen dazu bei.

www.erneuerbare-energien.de

Die Informationsseite des Bundesministeriums für Umwelt-, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Das Umweltministerium hat eine Vielzahl von aktuellen Themen und Hintergrundinformationen zu allen Erneuerbaren Energien zusammengestellt. Die Möglichkeit, BMU-Publikationen kostenlos zu bestellen, rundet das Angebot ab.

www.unendlich-viel-energie.de

Internetauftritt der Agentur für Erneuerbare Energien – eine gemeinsame Aktion der Branchenunternehmen sowie des Umwelt- und Verbraucherschutzministeriums. Die Kampagne informiert über die regenerativen Energien und die damit verbundenen Chancen und Ziele für Deutschland.

www.wind-energy-market.com

Die zweisprachige Technologie- und Branchenplattform des Bundesverbandes WindEnergie (BWE) bietet eine Online-Übersicht über Hersteller, Anlagenmodelle und Institutionen der Windbranche. Mit Datenblättern von über 70 Anlagenmodellen gibt der Auftritt allen Internetnutzern im weltweit boomenden Windenergiemarkt eine fundierte Orientierung über die Technik kleiner und großer Windturbinen. Gezielte Such- und Filterfunktionen sowohl nach Firmen und Adressen als auch nach Windenergieanlagen mit kleiner oder großer Nennleistung, nach Turmhöhe oder Rotordurchmessern führen zu schnellen Ergebnissen.

www.eeg-aktuell.de

Diese Seite des Bundesverbandes WindEnergie informiert umfassend über das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz).

www.offshore-wind.de

Auf diesen Seiten finden Sie Wissenswertes rund um die Nutzung der Windenergie im Meer.

www.offshore-stiftung.de

Hier finden Sie aktuelle Informationen über den Bau von „alpha ventus“, dem ersten deutschen Offshore-Windpark in der Nordsee.



Z

Ziele – national und international



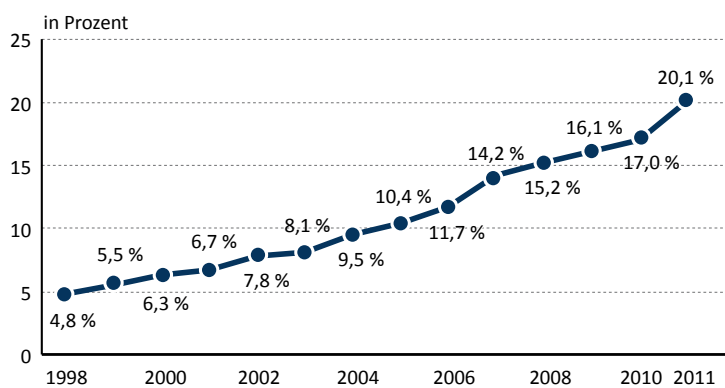
Das am 1. Januar 2000 in Kraft getretene Erneuerbare-Energien-Gesetz hat in den ersten zehn Jahren seines Bestehens zu einer Verdreifachung des Anteils Erneuerbarer Energien an der Stromproduktion in Deutschland geführt. Bis 2020 strebt die Bundesregierung einen Anteil der Erneuerbaren Energien am Stromverbrauch von mindestens 35 Prozent an.

In ihrem Energiekonzept sieht die Bundesregierung vor, den Ausstoß von Treibhausgasen bis 2020 um 40 und bis Mitte des Jahrhunderts um mindestens 80 Prozent (im Vergleich zu 1990) zu reduzieren. Die Grundvoraussetzungen für eine sichere, bezahlbare und umweltfreundliche Energieversorgung schaffen dabei die Erneuerbaren Energien. Mit seiner Energiepolitik kann Deutschland zu einer der ersten Industrienationen mit einem hocheffizienten Energiesystem werden, das hauptsächlich auf regenerativen Energien fußt. Auch wenn die Bundesrepublik weltweit eine Vorreiterrolle bei der Nutzung Erneuerbarer Energien einnimmt, so sind Klimawandel, Biodiversitätsverlust, Desertifikation und Ressourcenknappheit globale Pro-

bleme, die nur im internationalen Kontext bewältigt werden können. Die jährlichen UN-Klimakonferenzen seit dem Umweltgipfel in Rio de Janeiro (1992) und die internationalen Konferenzen zu Erneuerbaren Energien haben zu einer stetig wachsenden Koalition von Nationen geführt, die sich im Bereich des Klimaschutzes und der Förderung Erneuerbarer Energien hohe Ziele und klare Zeitpläne gesteckt haben. Dem Re-

newables 2011 Global Status Report des Politiknetzwerkes REN21 zufolge hatten im Jahr 2011 bereits 120 Nationen politische Instrumente zur Förderung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien eingeführt. Laut REN21-Report sind im Jahr 2010 die globalen Investitionen in die Regenerativenergien um mehr als ein Drittel im Vergleich zum Vorjahr und somit auf einen Rekordwert von 211 Milliarden US-Dollar gestiegen.

Anteile Erneuerbarer Energie an der Stromerzeugung Deutschlands



Quelle: Erneuerbare Energien 2011, BMU



Ohne eine sichere Energieversorgung ist keine Entwicklung möglich. Für Entwicklungs- und Schwellenländer bieten die Erneuerbaren Energien nachhaltige Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz sowie für den Aufbau einer klimaschonenden Stromversorgung.

„Die zunehmenden Aktivitäten im Bereich der Erneuerbaren Energieträger, die der 2011 REN21 Global Status Report bei Entwicklungsländern aufzeichnet, sind sehr ermutigend, denn genau diese Länder werden zukünftig die größten Energieverbrauchszuwächse verzeichnen“, sagt Mohamad El-Ashry, Vorsitzender des REN21-Steering Committees. Ergänzend fügt er hinzu: „Ein immer größerer Teil der Weltbevölkerung erhält durch Erneuerbare Energie Zugang zu Energiedienstleistungen – und zwar nicht nur um den Grundbedarf zu decken, sondern auch um die wirtschaftliche Entwicklung voranzutreiben.“

Internet:

[_www.bmu.de/erneuerbare-energien](http://www.bmu.de/erneuerbare-energien)
[_www.bmz.de](http://www.bmz.de)
[_www.bundesregierung.de](http://www.bundesregierung.de)
[_www.roadmap2050.eu](http://www.roadmap2050.eu)
[_www.worldresourcesreport.org](http://www.worldresourcesreport.org)

Quellenverzeichnis

AKZEPTANZ

- _Umfrage zu Erneuerbaren Energien. forsa-Umfrage im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin 2010.
- _Die Bevölkerung macht Ernst mit Klimaschutz. Allensbacher Berichte, 2008.
- _Umweltbewusstsein in Deutschland 2008. Emnid-Umfrage im Auftrag des Bundesumweltministeriums, 2008.
- _Bürgerbefragung des Allensbach-Instituts für Demoskopie zum Themenkomplex „Energieversorgung“. Veröffentlicht unter „Preisschock“ von Renate Köcher in: FAZ, Nr. 295 vom 19. Dezember 2007.
- _Umfrage zu Erneuerbaren Energien. forsa-Umfrage, 2007.
- _Akzeptanz und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien auf kommunaler und regionaler Ebene. Ecologic – Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik GmbH, Berlin 2007.

ARBEITSPLÄTZE

- _Erneuerbar beschäftigt! Kurz- und langfristige Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. (BMU), Berlin 2011.
- _Erneuerbare Energien, Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin 2011.
- _Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin 2008.
- _Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Zwischenbericht, Potsdam/Karlsruhe 2008.

Bürgerwindparks

- _Bürgerbeteiligung: Alte Idee in neuem Gewand. Sonne Wind & Wärme, Heft 16/2008.
- _Das Konzept Bürgerwindpark: Eine kurze Einführung. Beisel 2006.
- _Leitfaden Bürgerwindpark – Mehr Wertschöpfung für die Region. Windcomm, 2010.

Effizienz

- _Effizienz der Windenergie. Auszug aus: Windenergie Report Deutschland 2005. Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Kassel/Berlin 2006.
- _Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 20 EEG. ZSW, 2008.
- _Repower. Referenzertrag REpower 5M 117 m Nabenhöhe. Gößwein, J., 2006.
- _Repowering von Windenergieanlagen. Effizienz, Klimaschutz, regionale Wertschöpfung. Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE), Berlin 2009.
- _Energieperspektiven nach dem Ölzeitalter. Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main 2004.
- _Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 20 EEG. ZSW, 2008.
- _Repowering von Windenergieanlagen. Effizienz, Klimaschutz, regionale Wertschöpfung. Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE), Berlin 2009.
- _Energieperspektiven nach dem Ölzeitalter. Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main 2004.

Einspeisemanagement

- _Abschätzung der Bedeutung des Einspeisemanagements nach EEG 2009. Auswirkungen auf die Windenergieerzeugung in den Jahren 2009 und 2010. ECOFYS, beauftragt durch: Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin 2011.

Energiebilanzen

- _Lebenszyklusanalyse ausgewählter Stromerzeugungstechniken. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart 2005, aktualisiert 2007.
- _Lebenszyklusanalyse ausgewählter zukünftiger Stromerzeugungstechniken. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung u.a. (Hrsg.), VDI Verlag, Düsseldorf 2004.
- _Energetische Bewertung von Windkraftanlagen (Diplomarbeit). Fachhochschule Würzburg (Hrsg.), Würzburg 2004.
- _Ganzheitliche Energiebilanzen von Windkraftanlagen: Wie sauber sind die weißen Riesen? Ruhr-Universität (Hrsg.), Bochum 2004.

Energieertrag von Windenergieanlagen

- _Windenergie Report Deutschland 2008, Deutscher Windmonitor. Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET), Kassel 2008.

EEG-Umlage

- _Pressemitteilung der Übertragungsnetzbetreiber zur Veröffentlichung der EEG-Umlage 2012. Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, 14.10.2011.
- _EEG-Mittelfristprognose: Entwicklungen 2011 bis 2015. Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, 15.11.2010.

EEG – Exportschlager

- _Pressemeldung: 2010 war geprägt von kontinuierlichem, globalem Wachstum der erneuerbaren Energien. REN 21, Paris 12.07.2011.
- _Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), Kommentar, 5. Auflage, Peter Salje, Köln 2009.
- _Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften. Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2008 Teil I Nr. 49, Bonn 25.10.2008.
- _Analyse und Bewertung der Wirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) aus gesamtwirtschaftlicher Sicht. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin/Stuttgart/Saarbrücken 2008.
- _Leitszenario 2009. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin 2009.
- _Erfahrungsbericht 2007 zum Erneuerbare-Energien-Gesetz. Bundeskabinett, Berlin 11/2007. Aktualisierung von Kapitel 13 (Besondere Ausgleichsregelung – § 16 EEG) 2008.
- _EEG. Erneuerbare-Energien-Gesetz. Kommentar. Walter Franz, Hans-Jürgen Müggenborn (Hrsg.), Berlin 2010.
- _EEG. Erneuerbare-Energien-Gesetz. Handkommentar. Jan Reshöft (Hrsg.), Baden-Baden 2009.

Export

- _Die Windindustrie in Deutschland. Daten. Potenziale. Unternehmen. Sunbeam GmbH (Hrsg.), Berlin 2009.
- _Exporthandbuch Windenergie. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin 2009.
- _Marktübersicht Windenergie 2009. Bundesverband WindEnergie, Berlin 2009.
- _Global Wind 2009 Report. Global Wind Energy Council.

Externe Kosten

- _Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt. Bestandsaufnahme und Bewertung vorliegender Ansätze zur Quantifizierung der Kosten-Nutzen-Wirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich. Institut für Zukunfts-EnergieSysteme (IZES), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS), 2010.

Quellenverzeichnis

_ *EEG – Das Erneuerbare-Energien-Gesetz*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin 2009.

_ *Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990 bis 2006*. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau 2008.

_ *Strom aus Erneuerbaren Energien. Was kostet uns das?* Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin 2008.

_ *Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen von öffentlichen Investitionen*. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau 2007.

_ *Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung*. Fritsche, U.R. (et al.), Öko-Institut e.V., Darmstadt 2007.

_ *Externe Kosten der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*. DLR Institut für Technische Thermodynamik und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Stuttgart/Karlsruhe 2006.

Genehmigung von WEA

_ *Erneuerbare-Energien-Projekte in Kommunen – Erfolgreiche Planung und Umsetzung*. Agentur für Erneuerbare Energien/Deutscher Städte- und Gemeindebund. Berlin 2008.

_ *Rechtsfragen und Standortsteuerung von Windenergieanlagen an Land*. Minning, Daniel, Kovac-Verlag, Hamburg 2007.

_ *Kleine Kommunen groß im Klimaschutz. Gute Beispiele aus dem Wettbewerb „Klimaschutzkommune 2009“*. Deutscher Städtetag/Deutscher Städte- und Gemeindebund/Deutsche Umwelthilfe (Hrsg.), Berlin, Radolfzell 2009.

_ *Planerische Steuerung von Windenergieanlagen*. Carolin Ostkamp, Kovac-Verlag, Hamburg 2006.

_ *Änderung der 4. Bundesemissionsschutzverordnung zum 1.7.2005*, BWE-Hintergrundinformation, 2005.

_ *Baugesetzbuch (BauGB)*

_ *Bundes-Immissionsschutzgesetz (BimSchG)*

Gewerbesteuer

_ *Gewerbesteuer-Zerlegungsmaßstab laut § 29 Gewerbesteuergesetz in der Fassung des Jahressteuergesetzes 2009 vom 19.12.2008* (Bundesgesetzblatt I Seite 2794).

_ *Jetzt profitieren die „Windgemeinden“*, windcomm Newsletter 2008.

_ *Gewerbesteuer gehört zum Windpark*. Grotz, C., BWE intern 2008.

_ *Windenergie in Norddeutschland – Abschätzung der Gewerbesteuereinnahmen*. Prognos/BWE, Berlin 2006.

Hindernisbefeurung

_ *Bedarfsgerechte Befeurung erst 2012*, BWE intern, neue energie, Berlin 2011.

_ *Entwicklung eines Hindernisbefeurungskonzeptes zur Minimierung der Lichtemission an On- und Offshore-Windenergieparks und -anlagen unter besonderer Berücksichtigung der Vereinbarkeit der Aspekte Umweltverträglichkeit sowie Sicherheit des Luft- und Seeverkehrs. Abschlussbericht zum HIWUS-Projekt*. Im Auftrag des Bundesverbandes WindEnergie e.V., gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Aktenzeichen: 24127, Berlin 2008.

_ *Handlungsempfehlung für die Kennzeichnung von Windenergieanlagen*. BWE-Arbeitskreis Kennzeichnung, Hannover 2007.

_ *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen*, Deutsche Flugsicherung – Nfl I 143 / 07 Nachrichten für Luftfahrer – TEIL I, Langen 2007.

Infraschall

_ *Umwelt- und Naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (onshore) – Analyse-teil*. Deutscher Naturschutzring (DNR), Lehrte 2005.

_ *Windenergieanlagen und Immissionsschutz (Materialien Nr. 63)*. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Essen 2002.

_ *Infraschall von Windenergieanlagen: Realität oder Mythos?* in: DEWI Magazin Nr. 20, Februar 2002.

_ *Messung der Infraschall-Abstrahlung einer WEA des Typs Vestas – 1,65 MW*. ITAP-Institut für technische und angewandte Physik GmbH, Oldenburg 2000.

_ *Infraschallwirkung auf den Menschen*. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin, Düsseldorf 1982.

Internationale Windenergienutzung

_ *Global Wind Statistics 2011*. Global Wind Energy Council, Brüssel 2012.

Kleinwindanlagen

_ *BWE-Marktübersicht spezial: Kleinwindanlagen*. Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin 2011.

_ *Kleinwindanlagen: Windenergie für Jedermann in der Stadt und auf dem Land*. Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin 2009.

_ *AWEA Small Wind Turbine Global Market Study*. American Wind Energy Association (AWEA), 2008.

_ *Position zur Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes*. Stellungnahme des Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin 2007.

Klimafolgen und -schutz

_ *Klimawandel und Klimadynamik*. Latif, Mojib, UTB Verlag, Stuttgart 2009.

_ *Pathways to a low-carbon economy*. McKinsey & Company, 2009.

_ *Signale 2009. Die wichtigsten Umweltthemen für Europa*. Europäische Umweltagentur EUA, Kopenhagen 2009.

_ *Signale für Klimawandel in Nord- und Ostsee. BSH-Bilanz 2008*. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg 2009.

_ *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel*. Die Bundesregierung, Berlin 2008.

_ *Deutschland im Klimawandel – Anpassung ist notwendig*. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau 2008.

_ *Leitstudie 2008. Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin 2008.

_ *Kosten des Klimawandels ungleich verteilt: Wirtschaftsschwache Bundesländer trifft es am härtesten*, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, DIW-Wochenbericht 12-13/2008, Berlin 2008.

_ *20 und 20 bis 2020 – Chancen Europas im Klimawandel*. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel 2008.

_ *IPCC Report: Vierter Sachstandsbericht (AR4) über Klimaänderungen. Synthesebericht, Kernaussagen*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit u.a. (Hrsg.), Berlin 2007.

Landschaftsbild

_ *Entwicklung eines Hindernisbefeurungskonzeptes zur Minimierung der Lichtemission an On- und Offshore-Windenergieparks und -anlagen unter besonderer Berücksichtigung der Vereinbarkeit der Aspekte Umweltverträglichkeit sowie Sicherheit des Luft- und Seeverkehrs*. Abschlussbericht zum HIWUS-Projekt. Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin 2008.

Quellenverzeichnis

_Windenergie und Kulturlandschaft. LAREG Schriftenreihe des Fachgebiets für Landschaftsarchitektur regionaler Freiräume an der TU München Band 6, Sören Schöbel u. a. (Hrsg.), Berlin 2008.

_Windenergie versus Tourismus – ein Widerspruch? Stuhmann, Stephanie, VDM-Verlag, Saarbrücken 2008.

Leistung der WEA

_Erneuerbare Energien Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin 2011.

_Wind Energy Market 2010. Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin 2010.

_Windkraftanlagen. Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb. Gasch, R. u. J. Twele (Hrsg.), Wiesbaden 2010.

Netzausbau, Netzbau und Systemtransformation

_Monitoringbericht 2011. Bundesnetzagentur (BNetzA) für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, Bonn 2011.

_Analyse und Bewertung der Versorgungssicherheit in der Elektrizitätsversorgung. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Abschlussbericht 30. September 2010. C. Maurer, K. Lüdorf (Consentec); D. Lindenberger, M. Paulus, K. Grave (EWI); A. Moser, R. Hermes, C. Linnemann (IAEW), 2010.

_dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2010.

Onshore

_Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern: Ausgewählte Fallstudien sowie Pilotmodellierung für die Windenergie an Land. GWS mbH, Osnabrück/Stuttgart 2011.

Offshore

_Offshore Windenergie. Windenergieagentur Bremerhaven/Bremen e.V. (Wab), 2009.

_Oceans of Opportunity. European Wind Energy Association, Brüssel 2009.

_RAVE – Research at Alpha Ventus. The Research Initiative at the first German Offshore Wind Farm. Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET), Kassel 2008.

_Der Markt für Offshore-Windenergie in Deutschland 2008–2020. Trendresearch, Bremen 2007.

_2. Wissenschaftstage des Bundesumweltministeriums zur Offshore-Windenergienutzung am 20. und 21. Februar 2007 in Berlin. Leena Morkel, Alexandra Toland, Wolfgang Wende, Johann Köppel (Hrsg.), Berlin 2007.

_Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Stiftung Offshore Windenergie, Berlin 2007.

Potenzial

_Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land (Kurzfassung), Studie des Bundesverbandes WindEnergie e.V., Berlin 2011.

_Stromversorgung 2020 – Wege in eine moderne Energiewirtschaft. Agentur für Erneuerbare Energien und Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., Berlin 2009.

_Global Wind Energy Outlook 2008, Global Wind Energy Council (GWEC), Greenpeace, Brüssel 2008.

_Technologische und energiewirtschaftliche Perspektiven erneuerbarer Energien. Nitsch, F., Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Köln 2007.

_Erneuerbare Energien kompakt, Ergebnisse systemanalytischer Studien. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt- und Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin 2007.

_Forschungsbericht zur Entwicklung einer Umweltstrategie für die Windenergienutzung an Land und auf See (Endfassung). Umweltbundesamt (UBA), Berlin 2007.

_Globale Energie-[r]evolution – Ein Weg zu einer nachhaltigen Energie-Zukunft für die Welt. Greenpeace International, European Renewable Energy Council EREC, 2007.

Recycling

_Vom Flügel zur Parkbank. In: neue energie 1/2010, Berlin 2010.

_Managing long-term environmental aspects of wind turbines: a prospective case study. Dannemand Andersen, P. (et al.), International Journal of Technology, Policy and Management Vol. 7 No. 4, 9/2007.

Regionale Wirtschaftsimpulse

_Best Practice für den Ausbau Erneuerbarer Energien. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung und Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Berlin 2008.

_Wertschöpfung durch Windenergie in Schleswig-Holstein, Kurzinformation des Bundesverbands WindEnergie, Berlin 2006.

_Mit Gewinn für alle. Schwerpunktthema Regionale Wertschöpfung. In: neue energie 05/2005.

_Windkraft-Tourismus. In: neue energie 07/2004.

Repowering

_Repowering von Windenergieanlagen. Effizienz, Klimaschutz, regionale Wertschöpfung. BWE, Berlin 2012.

_Repowering von Windenergieanlagen – Kommunale Handlungsmöglichkeiten. Ersetzen von Altanlagen durch moderne Windenergieanlagen als Chance für die gemeindliche Entwicklung. Deutscher Städte- und Gemeindebund/Kommunale Umwelt-Aktion in Kooperation mit BMU und BMVBS. Berlin/Hannover 2009.

_Leitfaden Repowering. Handlungsempfehlungen zum Repowering in Schleswig-Holstein. Netzwerkagentur windcomm, Husum 2009.

_Rechtsfragen und Standortsteuerung von Windenergieanlagen an Land. Minning, Daniel, Kovac-Verlag, Hamburg 2007.

_Auswirkungen neuer Abstandsempfehlungen auf das Potenzial des Repowering am Beispiel ausgesuchter Landkreise und Gemeinden, Endbericht, Deutsche WindGuard, 2005.

_Potenzialanalyse „Repowering in Deutschland“, Endbericht. WAB, Deutsche WindGuard, 2005.

Rohstoffreserven

_World Energy Outlook 2008. International Energy Agency (Hrsg.), Paris 11/2008.

_BP Statistical Review of World Energy June 2008. BP p.l.c. (ed.), London 6/2008

_Bundesrepublik Deutschland. Rohstoffsituation 2007. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.), Hannover 2008.

_Key World Energy Statistics. International Energy Agency, Paris 2008.

_Energie effizient einsetzen. Fraunhofer Magazin 2/2008.

_Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2007. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover 2007.

_Reichweite der Uran-Vorräte der Welt. Greenpeace Deutschland, Hamburg 1/2006.

_Zeit der billigen Erden ist vorbei, Andreas Landwehr, dpa-Pressemeldung. 13.03.2012.

_Rohstoff-Fieber, K.Wiedemann; N.Weinhold, neue energie Dezember 2010.

Rückbau von Windenergieanlagen

_Hinweise zur Umsetzung bauplanungs- und bauordnungsrechtlicher Anforderungen zur Rückbauverpflichtung und Sicherheitsleistung an Windenergieanlagen (WEA). Ministerium für Bau und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg 6/2005.

_Auch der Rückbau kostet Geld. Ein Vergleich der Rückbaukosten von verschiedenen WEA-Tragstrukturen. Schaumann, P., Universität Hannover – Institut für Stahlbau, o. J.

_Rückbaugutachten für eine Windkraftanlage Nordex N-80 mit Rohrturm 80m, Energie- und Umweltpark Thüringen, Langewiesen 2001.

_Rückbaukosten von Windenergieanlagen, in: DEWEK 2000 – Tagungsband, Berlin 2000.

Quellenverzeichnis

Schallentwicklung

- _Umwelt- und Naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (onshore) – Analyse-
teil, Deutscher Naturschutzring (DNR), Lehrte 3/2005.
- _Windenergieanlagen und Immissionsschutz (Materialien Nr. 63), Landesumweltamt
Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Essen 2002.
- _Gesetz zur Umsetzung der UVP-Änderungsrichtlinie, der IVU-Richtlinie und weiterer EG-
Richtlinien zum Umweltschutz, BGBl. I, Nr. 40 vom 2.8.2001.
- _Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Tech-
nische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998, GMBI 1998, S.
503-515.
- _Technische Richtlinien zur Bestimmung der Leistungskurve, des Schalleistungspegels und
der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen. Fördergesellschaft Windenergie
(Hrsg.), Brunsbüttel 1998.

Schattenwurf und Diskoeffekt

- _Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen,
Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz –
BImSchG). Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 26.
September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23.
Oktober 2007 (BGBl. I S. 2470).
- _Windkraft im Visier. Deutscher Naturschutzring (Hrsg.), Bonn 2005.
- _Umwelt- und Naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (onshore) – Analyse-
teil, Deutscher Naturschutzring (DNR), Lehrte 2005.
- _Windenergieanlagen in der Raumordnung. Koitek, S., Regensburger Beiträge zum Staats-
und Verwaltungsrecht Bd. 1, Frankfurt 2005.
- _Einflüsse der Luftrübung, der Sonnenausdehnung und der Flügelform auf den Schatten-
wurf von Windenergieanlagen. Forschungsbericht zur Umwelttechnik, Hans-Dieter Freund,
Fachhochschule Kiel (Hrsg.), Kiel 2002.
- _Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanla-
gen (WEA Schattenwurf Hinweise), Länderausschuss für Immissionsschutz, 2002.
- _Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen. Beschluss des Länderaus-
schusses für Immissionsschutz, 2000.

Sicherheit

- _Messung und Beurteilung der mechanischen Schwingungen von Windenergieanlagen
und deren Komponenten – Windenergieanlagen mit Getriebe. VDI 3834 Blatt 1, Verein
Deutscher Ingenieure, Berlin 2008.
- _Erneuerbare Energien – Gesamtüberblick über den technologischen Entwicklungsstand.
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (Hrsg.), Berlin 2007.
- _Windenergie Report Deutschland 2006. Institut für Solare Energieversorgungstechnik
(ISET), Kassel 2006.
- _Richtlinie für Windenergieanlagen. Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm
und Gründung. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin 2004.

Subventionen

- _1. Klima- und umweltschädliche Subventionen abbauen. Antrag der Abgeordneten Bärbel
Höhn u. a. und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Deutscher Bundestag, Drucksache
16/11206, Berlin 2008.
- _Reforming Energy Subsidies. Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda.
United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics,
Paris 2008.
- _Schädliche Subventionen gegen die biologische Vielfalt. Förderverein Ökologische Steuer-
reform e.V. im Auftrag des Deutschen Naturschutzrings (Hrsg.), München 2008.

- _Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-
Roßlau 2008.
- _21. Subventionsbericht der Bundesregierung. Bundesfinanzministerium 2007.
- _Fachgespräch zur Bestandsaufnahme und methodischen Bewertung vorliegender Ansätze
zur Quantifizierung der Förderung Erneuerbarer Energien im Vergleich zur Förderung der
Atomenergie in Deutschland. DIW – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung im Auftrag
des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin 2007.

Systemdienstleistungen und Netzstabilität

- _Monitoringbericht 2011. Bundesnetzagentur, Bonn. S. 108 ff.
- _Integration of electricity from renewables to the electricity grid and to the electricity
market – RES-INTEGRATION. National report: Germany. Eclareon, Öko-Institut e.V., R.
Brückmann et al., 2011.
- _Transmission Code 2007. Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetrei-
ber. Verband der Netzbetreiber, Berlin 2007.
- _Technische Richtlinie. Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Richtlinie für Anschluss
und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. BDEW, Berlin 2008.

Technik

- _Windkraftanlagen. Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb. Gasch, R. u. J. Twele (Hrsg.),
6. Auflage, Vieweg+Teubner, Wiesbaden 2010.
- _Windkraftanlagen. Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. Hau, E., 4. Auflage,
Springer-Verlag, Berlin 2008.
- _Wind Energy Market 2010 – Marktübersicht, Bundesverband WindEnergie, Berlin 2010.
- _Die Windindustrie in Deutschland. Wirtschaftsreport 2009, Berlin 2008.
- _Nutzung der Windenergie. Heier, Siegfried, TÜV Verlag, Köln 2000.

Tourismus

- _Windkraft-Tourismus. May, Hanne. In: neue energie 07/04, Berlin 2004.
- _Deutschland – Erneuerbare Energien entdecken. Frey, M. Baedeker Reiseführer, Ostfildern
2011.
- _Public opinion about large offshore wind power: Underlying factors. Firestone, J. & Kemp-
ton, W., Energy Policy, Jg. 35, 2007.
- _Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of
'backyard motives'. Wolsink, M., Renewable and Sustainable Energy Reviews, Jg. 11, 2007.
- _Windkraftanlagen und Tourismus – Bevölkerungsumfrage 2006. SOKO-Institut für Sozial-
forschung und Kommunikation, Bielefeld 2006.

Vergütung

- _Analyse des spanischen Fördermodells für Regenerativstrom unter besonderer Berück-
sichtigung der Windenergie. Jacobs, D. im Auftrag des Bundesverbands WindEnergie,
Wissenschaft + Praxis, Berlin 2008.
- _REN21 Renewables Global Status Report Update 2009. Deutsche Gesellschaft für Tech-
nische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Hrsg.), Eschborn 2009.
- _The support of electricity from renewable energy sources. Kommissionsbericht zur Förde-
rung Erneuerbarer Energien in Europa, Brüssel 2008.
- _Politikinstrumente zur Förderung Erneuerbarer Energien: Grundlagen, Wirksamkeit und
ökonomische Bewertung. Held, Anne, 2007.
- _Prices for renewable energies in Europe: Feed in tariffs versus Quota Systems – a compari-
son. European Renewable Energy Federation (EREF), 2007.
- _Monitoring and evaluation of policy instruments to support renewable electricity in EU
Member States. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau 2007.

Vogelschutz

- _Zentrale Funddatei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesumweltamt Brandenburg.
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Potsdam 2011.

Quellenverzeichnis

- _ *Positionspapier zu Naturschutz und Windenergie*. Bundesverband WindEnergie e.V., Berlin 2011.
- _ *Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the off-shore wind farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark. Part I: Birds*. Jan Blew, Malte Hoffmann, Georg Nehls, Veit Hennig. Funded by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Final Report 2008, Universität Hamburg/BioConsult SH, Hamburg/Husum 2008.
- _ *Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment*. European Environment Agency EEA (ed.), Copenhagen 9/2008.
- _ *Vorher-Nachher-Untersuchung zum Brutvorkommen von Kiebitz, Feldlerche und Wiesenpieper im Umfeld von Offshore-Testanlagen bei Cuxhaven*. Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung, Oldenburg 2008.
- _ *Langzeituntersuchungen zum Konfliktthema „Windkraft und Vögel“*. 6. Zwischenbericht. Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung, Oldenburg 2007.
- _ *Auswirkungen des „Repowering“ von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse*. Michael-Otto-Institut im NABU, 2006.
- _ *„Was sie schon immer über Windenergie und Vogelschutz wissen wollten“*, Broschüre. NABU, 2006.
- _ *Aerial surveys of waterbirds in strategic wind farm areas: 2004/05 Final Report*. Department of Trade and Industry. London 2006.
- _ *Windkraft, Vögel, Lebensräume – Ergebnisse einer fünfjährigen BACI-Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel*. Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung Oldenburg, Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 32, 2006.
- _ *Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark*. National Environmental Research Institute, Ministry of the Environment. Denmark, 2006.
- _ *Avian collision risk at an offshore wind farm*. National Environmental Research Institute, Denmark, Biology Letters, 2005.
- _ *The Impact of Offshore Wind Farms on Bird Life in Southern Kalmar Sound – Sweden*, Swedish Energy Agency, 2005.
- _ *Mehr Vögel trotz Windpark. Wybelsumer Polder: Positive Entwicklung der Vogelbestände*. Deutschland-Rundbrief. Deutscher Naturschutzring e.V. (Hrsg.), Bonn 10/2004.
- _ *Auswirkungen der regenerativen Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel Vögel. Fakten, Wissenslücken, Anforderung an die Forschung, ornithologische Kriterien zum Ausbau von regenerativen Energiegewinnungsformen*. Michael-Otto-Institut im Naturschutzbund Deutschland (Hrsg.), 2004.
- _ *Vögel und Fledermäuse im Konflikt mit der Windenergie – Erkenntnisse zur Empfindlichkeit (Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, Heft 7)*. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Bremen 2004.

Wettbewerb

- _ *Energiekonzerne: Goldene Nase dank hoher Preise*. Handelsblatt, 29.12.2008.
- _ *Monitoringbericht 2009 der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen*, Bonn 2009.
- _ *Die Gewinnmitnahmen deutscher Stromerzeuger in der zweiten Phase des EU-Emissionshandelssystems (2008-2012). Eine Kurzanalyse für die Umweltstiftung WWF Deutschland*. Öko-Institut Berlin 5/2008.
- _ *Strom aus Erneuerbaren Energien. Was kostet uns das?* Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin 2008.
- _ *Streit ums Netz*. Robin Wood Magazin Nr. 97, 2/2008.
- _ *Bericht zur Auswertung der Netzzustands – und Netzausbauberichte der deutschen Elektrizitätsübertragungsnetzbetreiber*. Bundesnetzagentur, Bonn 2008.

- _ *Sämtliche Ölpreisprognosen überholt – Erneuerbare Energien schneller wettbewerbsfähig*. Hintergrundinformation der Informationskampagne Erneuerbare Energien, Berlin 11/2007.
- _ *Klimaschutzprogramm führt zu Einsparungen von fünf Milliarden Euro*. Pressemitteilung Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 31.10.2007.
- _ *Monitoringbericht 2007 der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen*, Bonn 6/2007.
- _ *Barrieren für den Ausbau Erneuerbarer Energien*. Freie Universität Berlin, 2007.
- _ *Sondergutachten der Monopolkommission gemäß § 62 Abs. 1 des Energiewirtschaftsgesetzes. Strom und Gas 2007: Wettbewerbsdefizite und zögerliche Regulierung*, S. 14. Bundesdrucksache 16/7087.
- _ *Energiewende und Erneuerbare Energien – Der Weg zu einer Nachhaltigen Energiewirtschaft*. Hintergrundpapier BMU, Berlin 2006.

Ziele – national und international

- _ *2010 war geprägt von kontinuierlichem globalen Wachstum der erneuerbaren Energien*. Ren21, Pressemitteilung, Paris 12.07.2011.
- _ *Stromversorgung 2020 – Wege in eine moderne Energiewirtschaft*. Agentur für Erneuerbare Energien und Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., Berlin 2009.
- _ *Energy [r]evolution – A sustainable global energy outlook*. Greenpeace International, European Renewable Energy Council (EREC), Amsterdam/Brüssel 2008.
- _ *Gründung einer Internationalen Agentur für Erneuerbare Energien (IRENA)*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin 2008.
- _ *Global Wind Energy Outlook 2008*. Global Wind Energy Council (GWEC), Greenpeace, Brüssel, Oktober 2008.
- _ *Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Berlin 2008.
- _ *Pure Power – Wind energy targets for 2020 and 2030*. European Wind Energy Association (EWEA), Brüssel 2009.
- _ *The WIREC 2008 report*. U.S. Government/American Council On Renewable Energy (ACORE), Washington 2008.
- _ *REN21 Renewables 2009 Global Status Report*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn 2009.
- _ *Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen*
- _ *20 und 20 bis 2020 – Chancen Europas im Klimawandel*. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel 2008.
- _ *Forschungsbericht zur Entwicklung einer Umweltstrategie für die Windenergienutzung an Land und auf See (Endfassung)*. Umweltbundesamt (UBA), 2007.
- _ *Globale Energie-[r]evolution – Ein Weg zu einer nachhaltigen Energie-Zukunft für die Welt*. Greenpeace International, European Renewable Energy Council (EREC), 2007.
- _ *Leitszenario 2009. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin 2009.

Impressum

Herausgeber:

Bundesverband WindEnergie e.V.
Neustädtische Kirchstraße 6
10117 Berlin

T +49 (0)30 / 212341-210
info@wind-energie.de
www.wind-energie.de

Text:

Stefan Grothe, Sonja Hemke,
Anne Lepinski, Carlo Reeker,
Dania Röpke, Stephanie Ropenus,
Fanny Saß, Georg Schroth,
Alexander Sewohl, Wolf Stötzel,
Lars Velser, Karsten Wiedemann

Redaktion:

Lars Velser, Sabrina Corsi, Birgit Jensen,
Fanny Saß

Gestaltung:

bigbenreklamebureau, Fischerhude

Grafiken: Infotext, Berlin

Titelbild: Paul Langrock

Fotos:

ABO Wind, Doti / Matthias Ibeler,
Enercon, energy & meteo systems GmbH,
EU, EWEA, Fuhrländer, Maja Hitij, iStock,
juwi Holding AG, Matthias Kynast,
Paul Langrock, Jens Meier, Jan Oelker,
Thorsten Paulsen, REpower Systems SE /
Ralf Grömminger, Axel Schmidt,
Skystream, Lars Velser, Vestas,
Sabine Vielmo / Greenpeace Energy,
Windpark Norderland Verwaltungs- und
Beteiligungs GmbH, windpower works

Druck:

Müller Ditzen AG, Bremerhaven

Berlin, April 2012

