

# WINDENERGIE REPORT DEUTSCHLAND 2011

Förderer:



Projekträger:



**Herausgeber:**

Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)  
Bereich Energiewirtschaft & Netzbetrieb  
Königstor 59  
34119 Kassel  
E-Mail: [mbox@iwes.fraunhofer.de](mailto:mbox@iwes.fraunhofer.de)  
[www.iwes.fraunhofer.de](http://www.iwes.fraunhofer.de)

**Förderung:**

Teile der in diesem Report veröffentlichten Ergebnisse stammen aus dem durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Forschungsprojekt Offshore-Wissenschaftliches Monitoring- und Evaluierungsprogramm (Offshore-WMEP).

**Redaktion:**

Sebastian Pfaffel, Volker Berkhout, Stefan Faulstich, Paul Kühn, Katrin Linke, Philipp Lyding, Renate Rothkegel

**Copyright:**

Alle Rechte des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung dem Fraunhofer IWES bzw. dessen Auftraggeber vorbehalten.

**WINDENERGIE REPORT  
DEUTSCHLAND 2011**



WINDENERGIE REPORT DEUTSCHLAND 2011



# SPECIAL REPORT

## Windpotentiale und Windflächen onshore

Written by Dr.-Ing. Stefan Bofinger – stefan.bofinger@iwes.fraunhofer.de

### Einleitung

Die erneuerbaren Energien werden in Zukunft eine der Grundsäulen der modernen Energieversorgung darstellen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Fragestellung, wo die notwendigen Erzeugungskapazitäten aufgebaut werden können, immer weiter an Bedeutung.

Nachdem die Offshore-Windenergienutzung mit umfangreicher Begleitforschung in Deutschland ihren Anfang fand, widmet sich diese Studie explizit der Onshore-Windenergienutzung und den noch vorhandenen Potentialen in Deutschland. Die Studie wurde vom Fraunhofer IWES im Auftrag des Bundesverbands WindEnergie e.V. (BWE) durchgeführt.

Ziel der Studie war das Branchenszenario (Nutzung von 2 % der Landesfläche) des BWE mittels Geographischen Informationssystemen (GIS) auf Plausibilität zu überprüfen. Im Gegensatz zu bisherigen Studien wurde ein Potential auf Basis von GIS-Daten ermittelt. Dabei wurden Ausschlussflächen und nutzbare Flächen anhand der Bodenbedeckung sowie anhand von Flächennutzungsarten wie z. B. Siedlungsflächen oder Infrastrukturflächen bestimmt. Um Abstandsregelungen abzubilden wurden die Ausschlussflächen ggf. mit entsprechenden Puffern versehen.

### Datengrundlage und Methodik

#### Übersicht über die Methodik

Die Methodik der Flächenermittlung und Potenzialbestimmung besteht im Wesentlichen aus fünf Schritten (siehe Abbildung 1). Zuerst werden auf Basis der verfügbaren GIS-Daten Flächen definiert, die aufgrund geographischer Gegebenheiten auszuschließen sind (Schritt 1). Anschließend werden unter den verbleibenden Flächen die nutzbaren Flächen entsprechend den Annahmen zu Flächennutzungsarten, Abstandsregelungen usw. bestimmt (Schritt 2). Im nächsten Schritt werden für jeden Standort die Windbedingungen ermittelt (Schritt 3). In Schritt 4 werden auf den nutzbaren Flächen, entsprechend der vorgegebenen Szenarien, Windenergieanlagen (WEA) platziert und im letzten Schritt (5) die möglichen Erträge berechnet.

### Datengrundlage

Für die Bewertung der Flächeneignung wurden Oberflächenbedeckungsdaten [Corine] (Auflösung 100 x 100 m) und Infrastruktur- (z. B. Straßen, Schienen, Stromleitungen) und Sonderflächendaten (Naturschutzgebiete) des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie verwendet [BKG 2003]. Für die Ertragsberechnungen wurden die Winddaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [DWD] verwendet und auf die entsprechende Nabenhöhe extrapoliert.

### Bestimmung von nutzbaren Flächen

Heute werden WEA meist auf offenem Feld, außerhalb von Schutzgebieten und Wäldern, errichtet. Es ist aber auch eine Nutzung in Wäldern und eingeschränkt auch in bestimmten Typen von Schutzgebieten denkbar. Deshalb wurden Untersuchungen für folgende drei Kategorien vorgenommen:

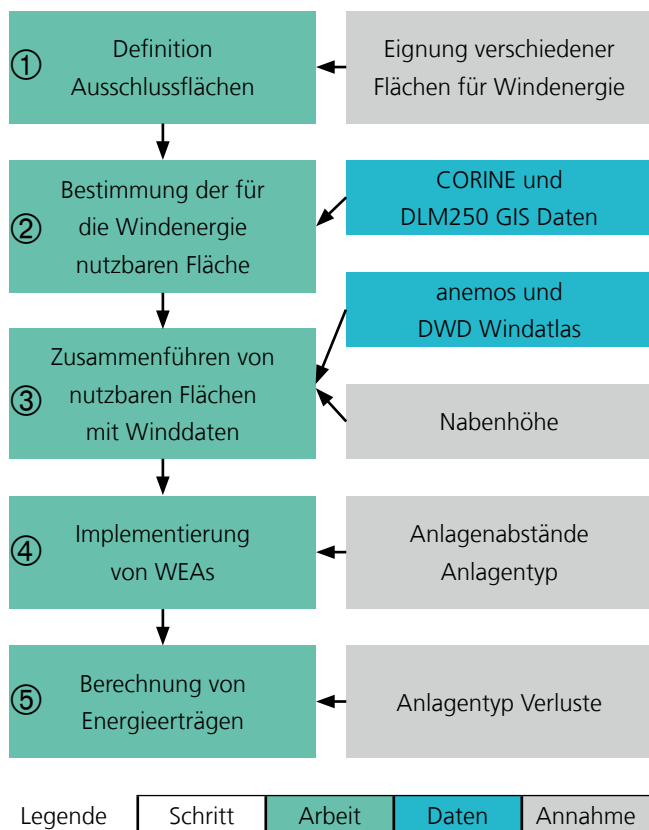
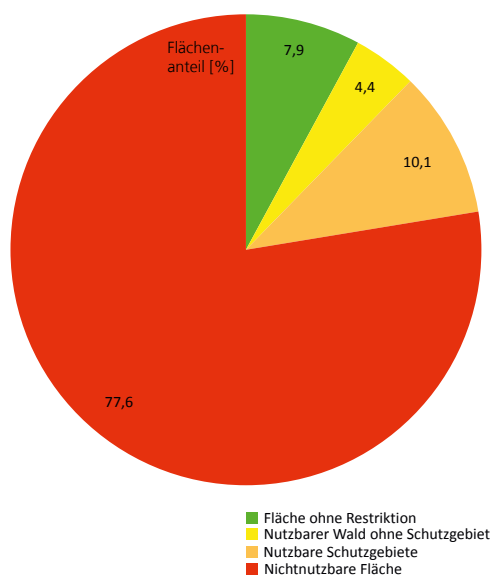


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Vorgehensweise



Abbildung 2: Karte der nutzbaren Flächen in Deutschland



1. Flächen ohne Restriktionen, z.B. landwirtschaftlich genutzte Flächen
2. Flächen in Wäldern
3. Flächen in Schutzgebieten, z.B. Naturparks, FFH (Flora-Fauna-Habitat)

Andere Flächen wie Nationalparks, bebaute Flächen oder Gewässer wurden inklusive flächentyp-abhängiger Pufferzonen als nicht nutzbare Flächen betrachtet.

### Ertragsberechnung

Für die Ertragssimulation wurde für gute Standorte eine 3 MW-Anlage mit einer Nabenhöhe von 100 m und einem Verhältnis der Rotorfläche zur Generatormennleistung von 2,6 m<sup>2</sup>/kW (100 m Rotordurchmesser) angesetzt. Falls dies unter 1600 äquivalente Volllaststunden Ertrag ergeben würde, wurde eine Schwachwindanlage mit einer Nabenhöhe von 150 m und einem Rotor zu Generatorverhältnis von 3,5 m<sup>2</sup>/kW (115 m Rotordurchmesser) angesetzt. Ergab sich für einen Standort auch mit dieser Anlagenvariante eine Volllaststundenzahl unterhalb von 1600, so wurde dieser Standort von der Nutzung ausgeschlossen.

Der Abstand zwischen den Turbinen wurde mit 4 Rotordurchmessern festgelegt. Trotz des Mindestabstands gibt es in Windparks aerodynamische Verluste sowie Verluste aufgrund von technischer Nichtverfügbarkeit. Hierfür wurde ein pauschaler Abschlag angesetzt.

### Ergebnisse

#### Nutzbare Flächen

Die berechneten nutzbaren Flächen wurden entsprechend den Definitionen im vorangegangenen Kapitel in vier Klassen aufgeteilt (siehe Abbildung 2): Flächen ohne Restriktionen (grün), nutzbarer Wald außerhalb von Schutzgebieten (gelb),

Abbildung 3: Anteil der nutzbaren Fläche an der Gesamtfläche in Prozent

nutzbare Flächen innerhalb von Schutzgebieten (orange) und nicht nutzbare Flächen (rot).

Über drei Viertel der Flächen von Deutschland sind entsprechend des Szenarios nicht nutzbar (siehe Abbildung 3). Die übrigen 22 % sind potenziell nutzbar. Etwa ein Viertel davon (8 % der Gesamtfläche) ist ohne Restriktionen (nicht im Wald und nicht in Naturschutzgebieten) nutzbar. Die nutzbaren Waldflächen, die außerhalb von Schutzgebieten liegen, machen 4 % der deutschen Gesamtfläche aus und sind somit für die Windenergienutzung interessant.

Wie zu erwarten liegt der Großteil der potenziell nutzbaren Flächen in den großen Flächenländern. In den südlichen Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen ist aufgrund der großen Waldflächen (innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten) die Fläche ohne Restriktion deutlich reduziert. Insbesondere hier ist also die Nutzung von Waldflächen relevant. Die Flächen in den Stadtstaaten sind im Vergleich zu denen der großen Flächenländer so gering, dass sie in Abbildung 4 kaum sichtbar sind.

Bei der Betrachtung des nutzbaren Flächenanteils (siehe Abbildung 5) liegt Sachsen-Anhalt mit 30 % der Landesfläche vor Niedersachsen (27 %).

### Bewertung der berechneten Flächen

Es ist davon auszugehen, dass nicht alle der als theoretisch nutzbaren Flächen markierten Gebiete tatsächlich genutzt werden können. Eine Vielzahl anderer Aspekte spielt hier noch eine Rolle (z. B. Eigentumsfragen oder Bundeswehr radar).

Das Ziel der Studie war jedoch die Plausibilisierung der Annahmen des Auftraggebers. Daher werden im Folgenden die Zahlen bei einer Nutzung von nur 2 % der Fläche dargestellt.

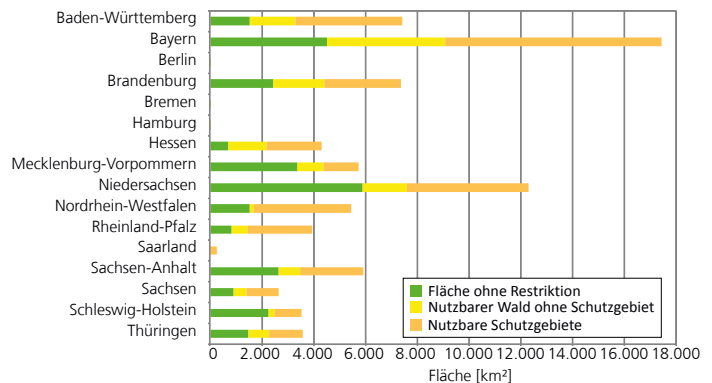


Abbildung 4: Nutzbare Fläche in km² nach Bundesland

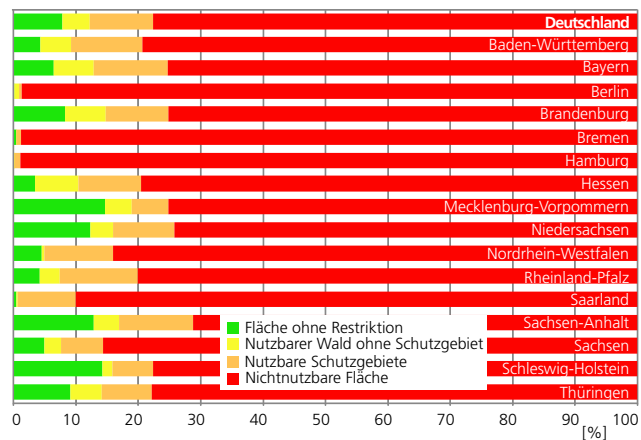


Abbildung 5: Anteil der nutzbaren Fläche an der Landesfläche

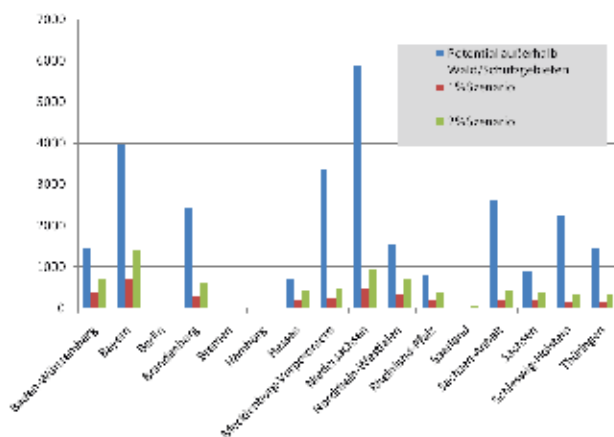


Abbildung 6: Nutzbare Flächen in den Bundesländern für verschiedene Szenarien in km²

### Installierte Leistung und Erträge

Die hier dargestellten Ergebnisse stellen eine allgemeine Abschätzung des maximalen Potenzials dar und sollen nicht als ein angestrebtes Szenario verstanden werden. Auf den Flächen ohne Restriktionen (8 % entsprechend 28 116 km²) können, mit den getroffenen Annahmen 240 562 Anlagen mit einer Leistung von etwa 722 GW respektive 1500 GW bei Nutzung aller potenziellen Flächen (22,4 %) installiert werden. Im Vergleich hierzu beträgt die aktuell in Deutschland installierte gesamte Kraftwerkskapazität 156 GW [BDEW 2011].

Mit dem 2 %-Szenario ergibt sich eine installierbare Leistung von 198 GW. Der Ertrag kann mit ca 400 TWh/Jahr abgeschätzt werden. Dies entspricht ca. 65 % des deutschen Bruttostromverbrauchs von 603 TWh im Jahr 2010 [BMW 2011].

### Zusammenfassung

Das Fraunhofer IWES hat anhand von GIS-Daten vorhandene Potentiale für die Nutzung der Windenergie in Deutschland im Rahmen der möglichen Genauigkeit ermittelt.

Die wesentlichen Ergebnisse der Studie sind:

- Insgesamt kann das 2 %-Ziel als realistisch angesehen werden
- In Deutschland stehen auf Basis der Geodaten knapp 8 % der Landfläche außerhalb von Wäldern und Schutzgebieten für die Windenergienutzung zur Verfügung
- Unter Einbeziehung von Wäldern und zusätzlich von Schutzgebieten ergeben sich 12,3 % bzw. 22,4 % nutzbare Fläche
- Bei Nutzung von 2 % der Fläche jedes Bundeslands ergeben sich 198 GW installierbare Leistung
- Das Flächenpotential ist in ganz Deutschland vorhanden und beschränkt sich nicht auf die schon heute überwiegend genutzten nördlichen Bundesländer
- Die Erträge liegen zwischen 1600 Volllaststunden (Flächen mit geringeren Erträgen wurden ausgeschlossen) und 4996, im Mittel bei 2071 Volllaststunden.
- Daraus ergeben sich 390 TWh potenzieller Energieertrag
- Dies entspricht 65 % des deutschen Bruttostromverbrauchs von 603 TWh (2010)



## Literaturverzeichnis

[BDEW 2011]

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.,  
Webseite, Nettoleistung der Kraftwerke in Deutschland, Stand  
September 2010,  
URL: [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE\\_Energiedaten](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Energiedaten)

[BKG 2003]

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Digitales  
Landschaftsmodell 1:25000 DLM250, Frankfurt am Main,  
19.09.2003

[CORINE]CORINE Daten,

[http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/raumordnung/  
flaechennutzung/corine/](http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/raumordnung/flaechennutzung/corine/), besucht am 22.3.2011

[DWD]

Deutscher Wetterdienst, Wulf-Peter Gerth, Winddaten für  
Deutschland – Bezugszeitraum 1981 – 2000, Offenbach

[dena 2005]

Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), Energiewirtschaft-  
liche Planung für die Netzintegration von Windenergie in  
Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020, Köln  
24.02.2005

[dena 2010]

Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), dena-Netzstudie II.  
Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromver-  
sorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025, Berlin,  
11.2010

[Riso 1990]

Europäischer Windatlas, Riso National Laboratory, Roskilde,  
Denmark, 1990

Fraunhofer Institut für  
Windenergie und Energiesystemtechnik IWES

**Fraunhofer IWES** | Kassel

Königstor 59

34119 Kassel / Germany

Tel.: 05 61 72 94-0

Fax: 05 61 72 94-100

**Fraunhofer IWES** | Bremerhaven

Am Seedeich 45

27572 Bremerhaven / Germany

Tel.: 04 71 90 26 29-0

Fax: 04 71 90 26 29-19

[info@ives.fraunhofer.de](mailto:info@ives.fraunhofer.de)

[www.ives.fraunhofer.de](http://www.ives.fraunhofer.de)