

Wind- und Flächenpotentialstudie für die Niedersächsische Küste

Wind and Area Potential Analysis of the Lower Saxonian Coast

Gerdes, Gerhard J.; Pahlke, Thomas

Summary

On behalf of the Ministry of Environment of Lower Saxony the German Wind Energy Institute (DEWI) carried out a resource assessment for the area and determined the wind potential in 10 rural districts and cities at the coastal region of Lower Saxony. The procedures to determine suitable areas, wind speeds and possible energy output are explained.

1. Einleitung

Dank des geänderten Stromeinspeisegesetzes vom Dezember 1990 und dank der Förderprogramme von Bund und Ländern ist die Nutzung der Windenergie heute für die Betreiber von Windenergieanlagen wirtschaftlich geworden. Dies hat dazu geführt, daß gerade in den windreichen Bundesländern an der Küste Energieversorgungsunternehmen und private Betreiber in großem Umfang die Errichtung von Windenergieanlagen durchführen und planen. Derzeit werden bei den Genehmigungsbehörden im nördlichen Niedersachsen eine große Anzahl von Anträgen auf Errichtung von Einzelwindenergieanlagen und Windparks eingereicht. Das wesentliche Problem der zuständigen Landkreise und kreisfreien Städte ist hierbei die raumplanerisch sinnvolle Anordnung der Windenergieanlagen mit Rücksicht auf Natur- und Landschaftsschutz. Das von der niedersächsischen Landesregierung geäußerte Planziel, die Installation von Windenergieanlagen mit einer gesamten Leistung von 1000 MW bis zum Jahr 2000, hat die Notwendigkeit einer raumordnerischen Planung der Windenergienutzung weiter erhöht.

Die planerische Ausweisung von Flächen zur Nutzung der Windenergie mit Windparks obliegt in Niedersachsen den Landkreisen und kreisfreien Städten. Soweit diese Flächenausweisung bisher durchgeführt wurde, erfolgte sie anhand üblicher planungsrechtlicher Kriterien. Hierbei konnte durch die Planungsbehörden die Einordnung dieser Flächen entsprechend ihrer Eignung für die Nutzung der Windenergie bislang nur sehr bedingt erfolgen, da generell Informationen über das flächenspezifische Windgeschwindigkeitspotential in den Landkreisen und Städten in detaillierter Form nicht vorhanden waren. Darüber hinaus ist ein Abgleich mit konkurrierenden Nutzungsansprüchen erforderlich.

Das niedersächsische Umweltministerium hat das Deutsche Windenergie-Institut beauftragt, das Potential der für die Windenergienutzung verfügbaren Flächen für zehn Landkreise und kreisfreie Städte (s. Abb. 1) an der niedersächsischen Küste im Rahmen einer Studie zu ermitteln sowie das entsprechende Windenergiepotential zu bestimmen. Das Ergebnis der Studie, Flächenpläne mit dem errechneten Windpotential, soll den beteiligten Landkreisen und kreisfreien Städte die Planung der Windenergienutzung auf ihrem Gebiet erleichtern.

2. Aufgabe der Studie

Das Ziel der Studie war die Ermittlung von Flächen (Potentialflächen), die für die Errichtung von Windparks prinzipiell zur Verfügung stehen, d.h. die frei von planungsrechtlich festgelegter konkurrierender Nutzung sind, sowie die Berechnung der mittleren Windgeschwindigkeit, die Anzahl der installierbaren Windenergieanlagen (WEA) und der erzielbare Energieertrag auf diesen Potentialflächen. Die Auswahl der Flächen, die eine Mindestgröße von 10 ha besitzen, erfolgte anhand von Abstandskriterien, die in Abstimmung mit dem niedersächsischen Umweltministerium entstanden sind. Eine Untersuchung auf Standorte von Einzelanlagen oder kleiner Anlagengruppen war nicht Bestandteil der Studie.

Abb. 1: Übersicht über das untersuchte Gebiet. Karte der 10 Landkreise und kreisfreien Städte

Fig. 1: View of the area under investigation. Map of 10 districts and cities of the coastal region of Lower Saxony

Die Windgeschwindigkeiten wurden für Höhen von 30, 40 und 60 m nach der europäischen Windatlas-Methode berechnet. Die zu erzielenden Energieerträge wurden für Windparks mit dem Stand der Technik entsprechenden Windenergieanlagen von 500 kW und zukünftig verfügbaren 1 MW Anlagen überschlägig ermittelt.

3. Erfassung der Potentialflächen

In Abstimmung mit dem niedersächsischen Umweltministerium hat das Deutsche Windenergie-Institut Abstandskriterien für die Kartographierung der Potentialflächen erarbeitet. Diese Kriterien basieren im wesentlichen auf dem Runderlaß "Empfehlungen zur Standortsicherung und raumordnerischen Beurteilung von Windenergieanlagen" des niedersächsischen Innenministeriums [1].

Die folgenden Gebiete wurden im Rahmen der Studie als Potentialflächen für die Nutzung der Windenergie ausgeschlossen. Die aufgeführten Entfernungen wurden als Mindestabstand zu diesen Gebieten vorgegeben:

Siedlungsraum:

Siedlungsgebiet	500 m
Einzelhäuser und Weiler	300 m

besondere Bereiche:

militärische Anlagen	äußere Schutzzone
Naturschutzrechtliche Schutzgebiete	200 m
Waldgebiete	100 m
Hauptdeiche	200 m
sonstige Deiche	100 m
stehende Gewässer über 1/2 ha Größe und von Flüssen und Strömen	200 m

Abstände zu Verkehrswegen wurden generell nur in den Randzonen von Potentialflächen berücksichtigt, im Fall der konkreten Planung eines Windparks ist es im allgemeinen möglich, die geforderten Abstände durch Variation der Aufstellungsgeometrie einzuhalten. Die Entfernung zwischen einzelnen 500kW-Windenergieanlagen sollte stets größer als 200 m sein.

Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	40 m
schiffbare Kanäle	40 m
Bahnlinien	40 m
Flugplätze	Grenze des Bauschutzbereichs
Hochspannungsfreileitungen ab 110 kV	50 m
Richtfunktrassen, Sendeanlagen, Richtfeuerstrecken	50 m

Einer gesonderten Betrachtung wurden die im Entwurf des niedersächsischen Landes-Raumordnungsprogramms [2] von 1992 ausgewiesenen Vorranggebiete für Natur und Landschaft sowie für Rohstoffgewinnung unterzogen, ebenso wie die in den regionalen Raumordnungsprogrammen ausgewiesenen Vorranggebiete für ruhige Erholung in Natur und Landschaft.

Eine Beschränkung der Potentialflächen bezüglich der Entfernung zum nächsten Anbindungspunkt an das öffentliche Netz wurde nicht berücksichtigt. Wie sich erwies, liegen aufgrund der relativ guten Erschließung der Kreise durch das öffentliche Netz diese Entfernungen zum großen Teil unterhalb 8 km.

4. Windpotentialabschätzung

Die Berechnung der Windgeschwindigkeiten erfolgte mit dem europäischen Windatlasverfahren (Wind Atlas Analysis and Application Program, WASP, Risø National Laboratory, Roskilde, Dänemark [3]). Als Grundlage für das europäische Windatlasverfahren wurden alle relevanten Gebiete in Form einer Rauigkeitskarte digitalisiert. Aufgrund der flächendeckenden Berechnungen konnten Einzelhindernisse nicht berücksichtigt werden. Außerdem ist der Einfluß von Einzelhindernissen mit Höhen wesentlich unter Nabenhöhe (40m) als sehr gering einzustufen. Folgende Referenzstationen bzw. Windklimadaten wurden zur Berechnung der Windgeschwindigkeiten herangezogen: Eelde, Bremen und Hamburg.

Abb. 2: Digitalisierte Rauigkeitskarte der niedersächsischen Küste, die Linien trennen Gebiete unterschiedlicher Rauigkeit

Fig. 2: Digitised roughness map of the Lower Saxonian coastal area; shown lines are separating areas of different roughness

Die Rauigkeitskarte wurde anhand des Vergleichs mit bereits erstellten Windgutachten, die auf Basis von Standortbesichtigungen und tabellarischer Erfassung der Umgebungsrauigkeiten entstanden, verifiziert. Mit Hilfe dieser Rauigkeitskarte und den für das Gebiet entsprechenden Windklimadaten können für das niedersächsische Küstengebiet Isoventenkarten erzeugt werden.

Abb. 3: Isoventenkarte der untersuchten Gebiete für eine Höhe von 30 Metern; Grundlage sind punktuell berechnete Windgeschwindigkeiten in einem Raster von 500 Metern

Fig. 3: Contour plot of calculated wind speeds of the Lower Saxonian coastal area for a height of 30 meters; wind speeds were computed in a fixed point grid of 500 meters

5. Energieertragsberechnung

Für die Energieertragsrechnungen wurde eine exemplarische Leistungskennlinie für eine 500kW-Windenergieanlage erstellt. Als Grundlage dienten Kennlinien verschiedener Hersteller. Zusätzlich wurden Energieerträge mit zukünftig verfügbaren 1 MW-Anlagen abgeschätzt (Abb. 4). Der Vorteil einer 1MW-Anlage gegenüber einer 500kW-Anlage liegt im geringeren Flächenbedarf pro Kilowatt installierter Leistung. Bei gleichem Abstand in Rotordurchmessern (z.B. 6D) in Windparks steigt der Flächenbedarf bei Verdoppelung der Leistung nur um ca. 70%. Die Kennlinie der 1-MW-Anlage wurde unter Berücksichtigung der Höhenschichtung der Windgeschwindigkeit - nach dem 1/7-Potenzgesetz - aus der Charakteristik der 500-kW-Anlage abgeleitet.

	WEA 500 kW	WEA 1 MW
Nabenhöhe	40m	60m
Durchmesser	40m	52m
Schallemission	100 dB(A)	103 dB(A)
Regelung	Pitch	Pitch

Zur Bestimmung der Abstände von WEA in Windparks wurden umfangreiche Berechnungen mit verschiedenen Abstandsrastern durchgeführt. Der Parkwirkungsgrad bzw. die Effektivität von Windparks ist von den Anlagenabständen abhängig. Besonders bei geringen Abständen verringern Abschattungseffekte deutlich die mittlere Windgeschwindigkeit und damit die Leistung der Windkraftanlagen in Windparks.

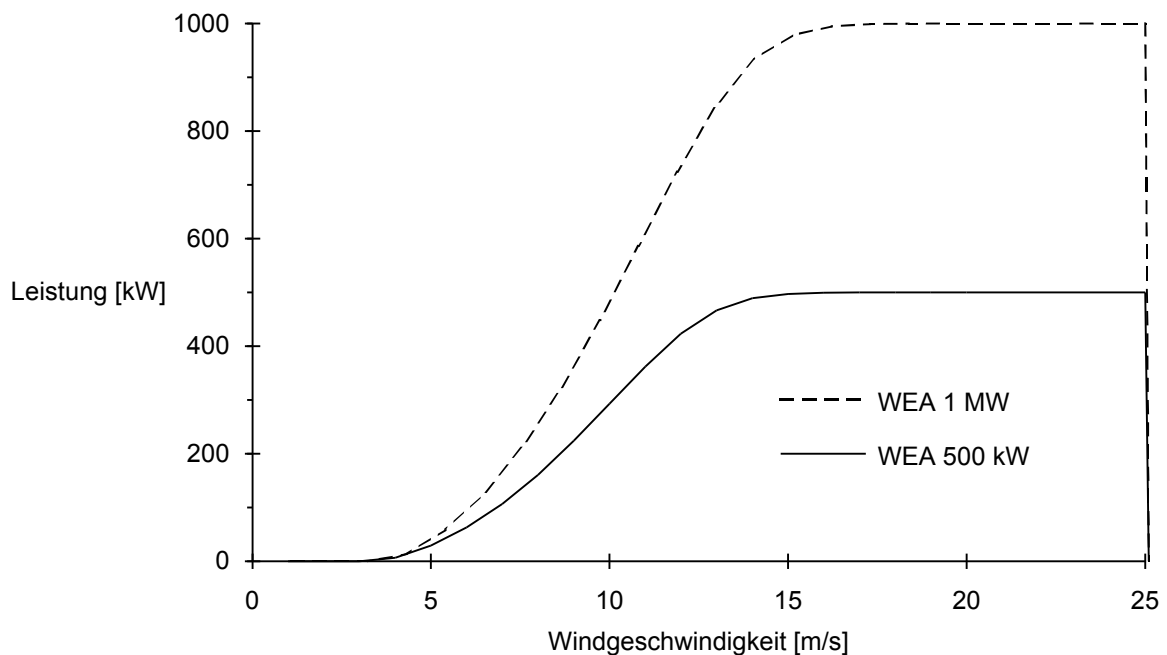


Abb. 4: Kennlinien der 500kW und 1 MW Windkraftanlagen; die 500kW Kennlinie wurden von verschiedenen WEA abgeleitet

Fig. 4: Power curves of the 500kW und 1 MW wind turbine generators; the 500 kW power curve is based on power curves of turbines of different manufacturers

Windparkkonfigurationen mit geringen Abständen (z.B. 4D/4D) erzielen aufgrund der hohen Anlagenzahlen zwar die höheren Jahresenergieerträge, allerdings bei schlechten Parkwirkungsgraden. Zudem ist bei geringen Abständen mit einer Verkürzung der Lebensdauer der Anlagen zu rechnen, die von vorgelagerten Anlagen ganz oder teilweise abgeschattet werden. Hohe Turbulenzen in der Wake (Abströmung) von Windenergieanlagen führen bei geringen Abständen zu erhöhten mechanischen Belastungen der abgeschatteten Anlagen.

Bei der konkreten Realisierung von Windparks müssen die Schallimmissionspegel der TA Lärm für umliegende Siedlungen etc. eingehalten werden. Berechnungen ergeben, daß bei geringen Abständen von z.B. 4D/4D die Anlagenzahlen, die von den Geländeflächen her möglich wären, so stark reduziert werden müssen, daß die Flächenenergieerträge im Verhältnis z.B. zu 6D/6D Konfigurationen kaum höher sind.

Abstandsraaster mit unterschiedlichen Abständen z.B. 5D/7D mit der größeren Entfernung nach Hauptwindrichtung entsprechend ausgerichtet, können im Einzelfall bessere Resultate liefern. Für flächendeckende Berechnungen scheint dieses jedoch nicht sinnvoll.

Aus Gründen einer guten Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Flächen einerseits und der Berücksichtigung von Lebensdauer und Effektivität der Windenergieanlagen andererseits, wurde als Standardkonfiguration für alle weiteren Berechnungen ein Abstandsraaster von 6D x 6D gewählt.

6. Windparkauslegung

Die Berechnung der Parkwirkungsgrade und der Energieerträge erfolgte unter Berücksichtigung der standortspezifischen Windverteilungen mit dem Programm "PARK" (Risø National Laboratory, Dänemark).

Windparkberechnungen konnten nicht flächendeckend für alle Gebiete durchgeführt werden. Deshalb wurden typische Gebiete nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Abstand von der Küste
- Nähe von Städten
- Direkte Umgebung (Rauhigkeiten)
- Flächengröße

Aus den Ergebnissen konnte als Richtwert ein mittlerer Parkwirkungsgrad von 90% für die Standardkonfiguration (6D x 6D) abgeleitet werden.

Bei sehr großen Windparks reichen i.a. die gewählten Mindestabstände zu Gebieten, die von der Nutzung der Windenergie ausgeschlossen sind, nicht aus, um die geforderten Schallimmissionspegel einzuhalten. Aus diesem Grunde ist in solchen Fällen mit einer Reduzierung der Anlagenzahlen zu rechnen. Im folgenden Beispiel wurde ein Windpark nach einzuhaltenen Schallimmissionswerten optimiert. In der linken Abbildung wurde ein Gebiet mit Windkraftanlagen (typische 500 kW WEA) im Abstandsrastrer von 6Dx6D belegt. Die Grauabstufungen in der Abbildung stehen für 5 dB(A)-Abstufungen der Schallimmissionspegel. Im Beispiel wird für einige Siedlungsgebiete der zulässige Schallimmissionspegel für Siedlungsgebiete von 35-40 dB(A) überschritten (siehe Abb.5 oben). Durch Reduzierung der Anlagenzahl von 147 auf 92 (63%) konnten die Schallimmissionswerte für alle umliegenden Siedlungsgebiete eingehalten werden (siehe Abb.5 unten). Der Parkwirkungsgrad stieg um 2%.

7. Zusammenfassung

Das Ergebnis der Studie sind Karten, in denen die ermittelten Flächen zusammen mit einer Kennnummer eingetragen wurden. Zur Übersicht sind in der Studie die Potentialflächen mit ihrer Numerierung in eingefügten Karten im Maßstab 1:200.000 farbig dargestellt, die Farbgebung richtet sich nach der in 30 m Höhe herrschenden Windgeschwindigkeit. Karten in anderen Maßstäben sind beim DEWI erhältlich.

Abb.5: Vergleich der Auslegung eines Windparks vor (oben) und nach (unten) der schallakustischen Optimierung (500 kW WEA, Anstellungsrastrer 6Dx6D, Anlagenzahl: 147/92)

Fig.5: Wind park before (top) and after (down) acoustic optimization (500 kW WTG, spacing 6D /6D, number of turbines: 147/92)

Die zur Beurteilung der Flächen relevanten Größen, Windgeschwindigkeit, Energieertrag etc., sind in zugehörigen Tabellen eingeordnet. Die Karten und Tabellen wurden den beteiligten Landkreisen und kreisfreien Städte zur Verfügung gestellt und sollen den Planungsämtern bei der Ausweisung von Flächen zur Windenergienutzung als Hilfe dienen. Überschneidungen von Potentialflächen mit den oben genannten Vorranggebieten wurden in den Plänen gesondert ausgewiesen, die sich ergebenden verringerten Flächen sind in den Tabellen als reduzierte Potentialflächen aufgeführt. Eine Gesamtübersicht über die Summe der Potentialflächen in den zehn Landkreisen und kreisfreien Städten ist in Tab. 1 am Beispiel der Installation von 500 kW Windenergieanlagen gegeben.

District	District area	Area available	Possible installed power	Total annual energy yield	Reduced area available	Reduced possible installed power	Reduced total annual energy yield
Landkreis	Kreisfläche [km ²]	Potentialfläche [km ²]	Installierbare Leistung [MW]	Gesamtenergieertrag [MWh/a]	Reduzierte Potentialfläche [km ²]	Reduzierte Installierbare Leistung [MW]	Reduzierter Gesamtenergieertrag [MWh/a]
Leer	1.086	233,68	2.122	4.441.351	150,02	1.364	2.816.116
Emden	112	31,47	293	701.764	31,18	290	696.486
Aurich	1.283	218,60	2.017	4.389.155	188,23	1.727	3.733.283
Wittmund	656	109,43	998	1.974.597	93,13	845	1.675.231
Friesland	608	108,84	1.017	2.070.974	87,01	812	1.647.006
Wilhelms- haven	103	16,51	161	358.879	16,51	161	358.879
Weser- marsch	822	203,81	1.871	3.337.152	136,79	1.262	2.290.275
Cuxhaven	2.027	546,84	4.978	7.974.756	424,38	3.853	6.142.960
Osterholz- Scharmbeck	651	78,09	735	1.112.549	31,97	302	445.948
Stade	1.266	250,68	2.303	3.651.300	172,05	1.584	2.431.605
Gesamt	8.614	1.797,92	16.492	30.012.481	1331,14	12.199	22.237.794

Tab. 1: Zusammenfassung der Potentialflächen in den jeweiligen Landkreisen für 500 kW Windenergieanlagen

Tab. 1: Summary of areas available for wind farm installation in the ten investigated districts and cities for wind turbines with 500 kW rated power

Die auf allen ermittelten Potentialflächen theoretisch installierbare Leistung beträgt für alle untersuchten Landkreise und kreisfreien Städte:

Windenergieanlagentyp	installierbare Leistung auf den Potentialflächen	installierbare Leistung auf den reduzierten Potentialflächen
WEA-500 kW	16.492 MW	12.198 MW
WEA-1 MW	20.004 MW	14.812 MW

Es ist zu berücksichtigen, daß die Zahl der Anlagen durch die schalltechnisch bedingte Einhaltung von Abständen zu Siedlungsgebieten reduziert werden kann. Zudem ist zu beachten, daß die Angaben über die möglichen, auf den Potentialflächen erzielbaren Jahresenergieerträge ohne Berücksichtigung des Parkwirkungsgrades in den Windparks gemacht wurden. Aufgrund der durchgeführten exemplarischen Windparkberechnungen kann ein Wert von 90% für die Standardwindparkkonfiguration als mittlerer Parkwirkungsgrad für die untersuchten Parks angenommen werden.

Abb. 6: Ausschnitt aus einer Potentialflächenkarte. Die Potentialflächen wurden mit einer Schraffur kenntlich gemacht. Die Numerierung ermöglicht eine Zuordnung zu in der Studie enthaltenen Tabellen mit Angaben über Energieertrag, Windgeschwindigkeit und installierbarer Leistung.

Fig. 6: Detail of a map with areas available for wind farm installation. The areas, which can be identified by their hatching are numbered according to the tables within the study. These tables show the energy yield, wind speed and power that may be installed for each area.

Die obengenannten Werte sind sicherlich für den durchführbaren Aufbau der Windenergienutzung in den Küstenkreisen des Landes Niedersachsen zu hoch gegriffen, treffen doch die Interessen der Windenergiebefürworter auf die zum Teil entgegenstehenden Interessen von Natur- und Landschaftsschutz. Dennoch machen sie deutlich, wie groß das Potential der Windenergie allein schon in dem hier betrachteten Untersuchungsraum ist. Nur 10% der reduzierten Potentialflächen müßten genutzt werden, um auf ihnen Windparks mit einer Gesamtleistung von 1,2 bis 1,4 GW zu errichten. Dies würde bedeuten, daß nur ca. 1,6% der Gesamtfläche der untersuchten Landkreise und kreisfreien Städte mit Windparks belegt werden müßten, um allein in diesem Teil Niedersachsens die bis zum Jahr 2000 gewünschte Installation von Windenergieanlagen zu erzielen und einen regenerativen Energieertrag von 20 bis 25 TWh pro Jahr zur Energieerzeugung beizutragen.

Die Windpotentialstudie für 10 Kreise an der niedersächsischen Küste ist beim DEWI für einen Preis von DM 59,00 (zzgl. der Versandkosten) erhältlich. Darin enthalten sind Karten im Maßstab 1:200000 sowie Tabellen mit Windgeschwindigkeiten, Energieerträgen und Potentialflächen.

Mittlerweile hat das niedersächsische Umweltministerium beim DEWI die Fortsetzung des Gutachtens in Auftrag gegeben. In dieser Fortsetzung wird das Wind- und Flächenpotential für die Landkreise der "2. Reihe" und die beiden Harz-Landkreise ermittelt.

Literaturverzeichnis

- [1] Niedersächsisches Innenministerium (Hrsg.): *Empfehlungen zur Standortsicherung und raumordnerischen Beurteilung von Windenergieanlagen.* : Bekanntmachung des Ministeriums des Innern. Hannover: Innenministerium, 1991.
- [2] Niedersächsisches Innenministerium (Hrsg.): *Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen.* : Entwurf. Hannover: Innenministerium, 1992.
- [3] Troen, I.; Mortensen, N.G.; Petersen, E.L.: *WASP - Wind Atlas Analysis and Application Programme.* Risø National Laboratory, Roskilde, Dänemark