
OWID – Abschlussbericht

Ermittlung designrelevanter Belastungsparameter für WEA in der Deutschen Bucht auf Basis der FINO-Messdaten

**Teilprojekt: Modellierung der Windparkeffekte und Validierung der Lastannahmen
im Offshore-Bereich**



Deutsches Windenergie-Institut GmbH,

Wilhelmshaven

BMU-Projekt: 0329961A

Februar 2008

1	AUSGANGSLAGE	3
2	AUFGABENSTELLUNG	3
3	MODELLIERUNG VON WINDPARKEFFEKTEN (DETAILLIERTE BESCHREIBUNG)	4
3.1	Beschreibung des Berechnungsmodells	4
3.1.1	Randbedingungen am Einströmrand	4
3.1.2	Randbedingungen an den Anlagen	5
3.1.3	Wake Meandering	5
3.1.4	Postprocessing	5
3.2	Validierung	6
3.2.1	Onshore Near Wake	6
3.2.2	Horns Rev.....	9
3.3	Windpark-Berechnungsergebnisse	11
3.4	Vergleich der Ergebnisse im Hinblick auf die Lastannahmen (Frandsen-Modell)	15
4	ERGEBNISSE IM HINBLICK AUF DIE ANPASSUNG VON NORMEN .	18
4.1	Diskussion des „Frandsen-Modells“ zur Ermittlung von Windparklasten	19
4.2	Vorschlag für verbesserten Datenaustausch Nachlaufsimulation-Lastsimulation	22
4.3	Schlussfolgerungen zum Frandsen-Modell	23
4.4	Untersuchung und Vorschläge zur Anpassung von Normen in Verbindung mit anderen Teilprojekten	24
5	ÜBERTRAGBARKEIT DER ERGEBNISSE AUF ANDERE OFFSHORE-STANDORTE	26
6	ALLGEMEINES FAZIT ZUM TEILPROJEKT	26
7	ORGANISATION DES PROJEKTES	27
8	PROJEKTBEGLEITENDER ARBEITSKREIS	29
9	KONFERENZTEILNAHMEN	30

10 PUBLIKATIONEN.....	30
11 LITERATUR.....	31

1 Ausgangslage

Die FINO1-Plattform liefert seit 2003 meteorologische Messdaten aus dem Offshore-Bereich ca. 45 km vor der Insel Borkum [5,6]. Hierdurch besteht die Möglichkeit Designparameter der ungestörten maritimen Grenzschicht in hoher Qualität zu erhalten.

In diesem im Verbund mit dem DEWI-OCC und dem IMK-IfU des FZK durchgeführten Vorhaben wurden der Einfluss von Offshore-Windparks auf mittlere Windgeschwindigkeiten und Turbulenzgrößen durch Einsatz eines CFD-Modelles (CFD=Computational Fluid Dynamics) ermittelt.

2 Aufgabenstellung

Zur Ermittlung der tatsächlich in einem Offshore – Windpark auftretenden Lasten müssen neben der ungestörten Atmosphäre jedoch auch die Nachlaufeffekte der umgebenden Windenergieanlagen berücksichtigt werden, da Offshore-WEA im Regelfall in Windparks betrieben werden sollen.

Es ist in Zukunft zu erwarten, dass Offshore-Windparks Größen von mehreren hundert Einzelanlagen haben werden. Da solche Windparks bisher nur in der Planung existieren, gibt es noch keine Messwerte mit denen die realen Nachlaufströmungen messtechnisch erfasst werden können.

Der hier verwendete Ansatz (CFD), bietet die Möglichkeit die zu erwartenden Effekte rechentechnisch zu erfassen. Im Unterschied zu einfacheren parametrisierten Ansätzen weist der CFD-Ansatz den Vorteil auf, die Kumulation von hintereinander wirkenden Nachlaufströmungen korrekter abzubilden.

3 Modellierung von Windparkeffekten (Detaillierte Beschreibung)

3.1 Beschreibung des Berechnungsmodells

Das OWID Wake-Modell verwendet die kommerzielle Strömungssimulationssoftware PHOENICS Version 3.4 [4] als numerischen Kern. Das Strömungsmodell wird parabolisch betrieben, was bedeutet dass die Rechnung stromabwärts voranschreitet und sich jegliche Modifikationen im Strömungsfeld auch nur stromabwärts ausbreiten.

Die Variablen, die im Modell Verwendung finden, sind die Windgeschwindigkeit in Stromrichtung U , die turbulente kinetische Energie k und die Dissipationsrate der turbulenten kinetischen Energie ε .

Das Windparkgebiet und ein Rand von einem Kilometer Breite wird mit einem kartesischen Rechengitter abgedeckt, das eine Auflösung von 10m in allen drei Raumrichtungen aufweist. In vertikaler Richtung expandiert die vertikale Auflösung ab einer Höhe von 300m über dem Meeresspiegel bis zum oberen Rand des Modells in 1000m Höhe. Im windenergierelevanten Bereich wurde eine Auflösung von 10m gewählt, da diese ausreichend ist um die Rotorfläche hinreichend genau zu beschreiben (ca. 100 Gitterpunkte auf der Rotorfläche) und vom Rechenaufwand her noch vertretbar ist.

Die Berechnung findet nacheinander für unterschiedliche Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten statt, wobei die Richtungsauflösung standardmäßig 5° und die Auflösung in der Windgeschwindigkeit 2 m/s beträgt. Im Modell verbleibt die Windrichtung immer entlang der kartesischen Z-Achse (Stromrichtung), wohingegen der Windpark selbst entsprechend der zu simulierenden Windrichtung gedreht wird.

3.1.1 Randbedingungen am Einströmrand

Um das Windprofil und die Verteilung der Turbulenzgrößen am Einströmrand zu bestimmen, wird vor der eigentlichen Windparksimulation eine separate Simulation zur Ermittlung des ungestörten Windprofils durchgeführt. Diese Simulation ist vom Aufbau her identisch mit der Windparksimulation, aber nur eindimensional, so dass ausschließlich die vertikale Variation der Windbedingungen simuliert wird. Als Randbedingung bzw. frei wählbarer Vorgabe-Parameter dient die Windgeschwindigkeit in 1000m Höhe und die Rauigkeit der Meeresoberfläche.