

Kurzfassung

## **Offshore-Windkraft**

Technikauswahl und aggregierte Ergebnisdarstellung

Dipl.-Ing. Rodoula Tryfonidou, Prof. Dr.-Ing. Herrman-Josef Wagner  
Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft, Ruhr-Universität Bochum

im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit  
geförderten Forschungsvorhabens

### **Lebenszyklusanalysen ausgewählter zukünftiger Stromerzeugungstechniken**

in Kooperation von:

The logo for IER (Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung) consists of the letters 'IER' in a bold, black, sans-serif font.

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung,  
Universität Stuttgart



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart

The logo for LEE (Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft) consists of the letters 'LEE' in a bold, blue, sans-serif font.

Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft,  
Ruhr-Universität Bochum

The logo for FFE (Forschungsstelle für Energiewirtschaft) consists of the letters 'FFE' in a bold, teal, sans-serif font.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München

# 1 Multimegawatt Windenergieanlagen für den Offshore-Einsatz

Der dynamische Ausbau der Windenergienutzung in Deutschland kann künftig nur über die Erschließung geeigneter Standorte auf See (offshore) aufrechterhalten werden. Die geplanten offshore Projekte sind aufgrund der erschwerten Rahmenbedingungen, wie z. B. große Wassertiefen, weite Entfernung zur Küste, mit hohen Kosten verbunden und erfordern daher den Einsatz moderner, großdimensionierter Windenergieanlagen (WEA). Solche Anlagen befinden sich zurzeit in der Entwicklung bzw. im Teststadium.

Mit Blick auf das Jahr 2010 wird im Rahmen der Studie der Prototyp einer Multimegawatt Windenergieanlage (WEA) mit Getriebe für den offshore Einsatz untersucht. Die wesentlichen technischen Daten der untersuchten Anlage sowie die Beschreibung des „Windparks 2010“ sind in Tabelle 1-1 zusammengestellt.

Tabelle 1-1: Technische Daten der offshore Windenergieanlage und des Windparks 2010

Größe	Einheit	Offshore WEA	Offshore Windpark 2010
Nennleistung	MW <sub>el</sub>	5	200
Systemwirkungsgrad	%	80	
Rotordurchmesser	m	126,5	
Rotordrehzahl	min <sup>-1</sup>	6,6 – 12,2	
Nabenhöhe	m	90	
Fundament		Tripod	Tripod
Volllaststunden (brutto) <sup>1</sup>	h/a	4400	4400
Nettostromertrag (Prognose)	GWh/a	17,5	700
Technische Lebensdauer	a	20	20
Anzahl WEA		1	40
Wassertiefe	m		20 - 30
Entfernung zum Festland	km		100
Gesamtfläche	km <sup>2</sup>		18
Mittl. Windgeschwindigkeit	m/s		9,2 (in 80 m Höhe)
Landanbindung			Drehstromübertragung (110 kV)

Die Anlage verfügt über eine Nennleistung von 5 MW und der Gesamtwirkungsgrad des Systems beträgt 80 %. An ausgewählten offshore Standorten wird ein jährlicher Nettostromertrag (ohne Berücksichtigung der Netzanbindung) von ca. 17,5 GWh erwartet. Um der künftigen Entwicklung im offshore Bereich Rechnung zu tragen, wird neben der Einzelanlage auch ein fiktiver offshore Windpark, bestehend aus 40 WEA, samt der erforderlichen Infrastruktur (Fundament, Verkabelung, Anbindung zum Land, Umspannstation) betrachtet.

## 2 Ergebnisse

Basierend auf Herstellerdaten zum Materialbedarf der WEA mit einer Leistung von 5 W<sub>el</sub> und auf Angaben verschiedener in der Offshore-Planung involvierter Akteure konnte durch den LEE, Bochum, die Sachbilanz des Windparks mit einer Gesamtleistung von 200 MW<sub>el</sub> erstellt werden (vgl. Abschnitt 1). Als geeigneter Indikator wurde der Kumulierte Energieaufwand

<sup>1</sup> Bruttowert, ohne Berücksichtigung der technischen Verfügbarkeit und des Windparkwirkungsgrades

(KEA) über den gesamten Lebenszyklus errechnet. Als weitere Kenngröße wurde die energetische Amortisationszeit bestimmt. Sie liegt für den untersuchten Windpark bei etwa 5 Monaten. Durch die Parametrisierung der Einflussfaktoren Wassertiefe, Entfernung zum Festland und Windgeschwindigkeit konnten die damit verbundenen Auswirkungen erfasst und analysiert werden. Die ausführlichen Technikbeschreibungen sowie die Bilanzergebnisse sind im Ergebnisbericht zu dem Projekt wiedergegeben.

In Tabelle 2-1 sind ausgewählte Lebenszyklusinventare des gesamten Lebenswegs sowohl der Einzelanlage als auch des gesamten „Windparks 2010“ als Ergebnis der Bilanzierung mit dem Tool BALANCE zusammengefasst.

Tabelle 2-1: Ausgewählte Lebenszyklusinventare der 5 MW-Offshore-Windenergieanlage und des Windparks 2010 (Datenbasis: LEE; Bilanzierungssoftware: BALANCE)

Emissionen in Luft		Offshore WEA 5 MW <sub>el</sub> (ohne Netzanbindung)	Offshore Windpark 200 MW <sub>el</sub> 2010
CO <sub>2</sub>	g/kWh <sub>el</sub>	14,7	18,6
CO	mg/kWh <sub>el</sub>	136	177
CH <sub>4</sub>	mg/kWh <sub>el</sub>	51,7	67,1
N <sub>2</sub> O	mg/kWh <sub>el</sub>	0,424	0,511
SO <sub>x</sub> als SO <sub>2</sub>	mg/kWh <sub>el</sub>	146	178
NO <sub>x</sub> als NO <sub>2</sub>	mg/kWh <sub>el</sub>	52,3	61,9
NM VOC	mg/kWh <sub>el</sub>	84,6	90,2
Partikel (gesamt)	mg/kWh <sub>el</sub>	46	59
Rohstoffe			
Bauxit	mg/kWh <sub>el</sub>	171	179
Eisen ab Erz	mg/kWh <sub>el</sub>	4752	6286
Kupfer ab Erz	mg/kWh <sub>el</sub>	46	197
Primärenergie			
Uran	MJ/kWh <sub>el</sub>	0,05895	0,07897
Braunkohle	MJ/kWh <sub>el</sub>	0,01454	0,01824
Erdgas	MJ/kWh <sub>el</sub>	0,01345	0,01933
Rohöl	MJ/kWh <sub>el</sub>	0,07318	0,09386
Steinkohle	MJ/kWh <sub>el</sub>	0,10615	0,13775
KEA nicht-reg. energetische	MJ/kWh <sub>el</sub>	0,25	0,30
Amortisationszeit	Monate	4	5

Weitere Information zu dem Projekt im Internet: [http://www.ier.uni-stuttgart.de/lci\\_bmwi](http://www.ier.uni-stuttgart.de/lci_bmwi)