

Abschlussbericht des Verbund-Forschungsprojekts

**Erhöhung des Flächenenergieertrags in Windparks  
durch avancierte Anlagen- und Parkregelung  
(»CompactWind«)**

Förderkennzeichen: 0329592A-D

Laufzeit 01.12.2012 – 30.11.2016



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABSCHLUSSBERICHT DES VERBUND-FORSCHUNGSPROJEKTS</b> .....	<b>1</b>
<b>PROJEKTPARTNER UND VERANTWORTLICHE PERSONEN</b> .....	<b>3</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>5</b>
<b>BETEILIGTE AUTOREN</b> .....	<b>7</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>9</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	<b>11</b>
<b>ABKÜRZUNGEN</b> .....	<b>13</b>
<b>TEIL I: ZIELE UND ORGANISATION DES VERBUNDPROJEKTES</b> .....	<b>15</b>
<b>I.1 Aufgabenstellung</b> .....	<b>15</b>
I.1.1 Übergeordnete Zielsetzung	15
I.1.2 Bezug zu den förderpolitischen Zielen	16
I.1.3 Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele	17
<b>I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde</b> .....	<b>18</b>
<b>I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens</b> .....	<b>19</b>
<b>I.4 Kooperationspartner und Zusammenarbeit</b> .....	<b>22</b>
<b>I.5 Stand der Wissenschaft und Technik</b> .....	<b>22</b>
<b>I.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen</b> .....	<b>24</b>
<b>TEIL II: INHALTLICHE ERGEBNISDARSTELLUNG</b> .....	<b>27</b>
<b>II.1 Nachlauf-Regelung im Windpark</b> .....	<b>28</b>
II.1.1 Nachlaufregelung durch Anpassung der WEA-Gierwinkel	28
II.1.2 Nachlaufbeeinflussung durch IPC	41
II.1.3 Windparkregelung mit Giernachlaufregelung	43
II.1.4 Wesentliche Ergebnisse und Fazit zum Kapitel	59
<b>II.2 Multifunktionale Regelung und Entwurf von WEA</b> .....	<b>60</b>
II.2.1 Toolerweiterung	60
II.2.2 IPC-Reglerauslegung, Lastsimulationen und Lastreduktion bei Teilabschattung	61
II.2.3 Reglerentwurf für Beeinflussung der Nachlaufströmung in Verbund mit Gieren	71
II.2.4 Windfeld-Beobachter	71
II.2.5 Wesentliche Ergebnisse und Fazit zum Kapitel	80
<b>II.3 Integrierte WEA- und Parkregelung</b> .....	<b>81</b>
II.3.1 Kopplung des Mehrgrößen-Reglers des Windparks mit dem WEA-Regler	81
II.3.2 Windkanal-Test	93
II.3.3 Wesentliche Ergebnisse und Fazit zum Kapitel	106
<b>II.4 Validierung von Komponenten und Freifeldtest</b> .....	<b>108</b>
II.4.1 Validierung des Pitchsystems und des neuartigen WEA-Regler durch Hardware-in-the-Loop Test im Labor	108
II.4.2 Freifeld-Test der IPC-Regelung (Sicherheitssystem, Belastungsreduktion, Nachlaufströmung)	111
II.4.3 Freifeld-Test der Nachlaufbeeinflussung durch IPC und der Belastungsreduktion im Nachlauf	115
II.4.4.1 Messungen des Strömungsfeldes im Freifeld mit Lidar	116
II.4.4.2 Freifeld-Test des Einflusses infolge aktiven Gierens auf Belastungen und Leistung der führenden WEA	133

II.4.5 Wesentliche Ergebnisse und Fazit zum Kapitel	149
<b>II.5: Aufbereitung für Anlagenauslegung, Windparkplanung und -betrieb sowie Energieversorgungssystem .....</b>	<b>151</b>
II.5.1 Ableitung der Spezifikation des Pitch-, Gier- und Sensorsystems	151
II.5.1.1 Sensorkonzepte für IPC	151
II.5.1.2 Anforderungen an die Pitchantriebe	154
II.5.1.3 Anforderungen an die Gierantriebe	160
II.5.1.4 Sensorsystem Windparkregelung	165
II.5.2 Bewertung der Übertragbarkeit auf andere WEA-Größen	168
II.5.3 Vorstudie zur Übertragbarkeit auf die Regelung großer Offshore-Windparks	169
II.5.4 Wesentliche Ergebnisse und Fazit zum Kapitel	171
<b>ERFOLGTE UND GEPLANTE VERÖFFENTLICHUNGEN .....</b>	<b>173</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>177</b>