

AKE 7: Wind Energy

Time: Monday 16:15–17:45

Location: B 0.014

Invited Talk

AKE 7.1 Mon 16:15 B 0.014

Neue Entwicklungen in der Windenergieforschung - warum Windenergie ein spannendes Feld für die Physik ist —
•STEPHAN BARTH — ForWind - Zentrum für Windenergieforschung

Windenergieanlagen haben sich von einzelnen einfachen Konstruktionen zu den größten drehenden Maschinen der Welt entwickelt, die unter herausfordernden und sehr komplexen externen Bedingungen effizient und zuverlässig als System operieren müssen. Die rasante Entwicklung dieser Technologie stößt dabei immer wieder an die Grenzen des bisherigen Wissens. So erreichen die Windenergieanlagen z. B. Höhen, in denen bisher nur ein unvollständiges Bild von der turbulenten Ressource Wind vorliegt. Auch das Wechselspiel der Rotoren untereinander mit der und durch die Ressource kann bisher nur durch einfache Modelle beschrieben werden.

Um die Entwicklung und den Betrieb von Windenergieanlagen und Windparks auch zukünftig weiter zu optimieren und durch Innovationen voranzubringen ist ein genaues Verständnis der zugrundeliegenden physikalischen Prozesse genauso wichtig, wie die Anwendungen von Verfahren und Methoden der Physik. Von intelligenten Rotorblättern bis zu schwimmenden Anlagen - der Vortrag zeigt anhand von verschiedenen Facetten der Windenergie, warum dies ein attraktives Forschungsumfeld für die Physik ist.

AKE 7.2 Mon 16:45 B 0.014

Yaw-angle optimisation of wind farms based on a statistical meandering wake model — EMIL THOGERSEN¹, BO TRANBERG¹, JÜRGEN HERP², and •MARTIN GREINER¹ — ¹Department of Engineering, Aarhus University — ²The Maersk Mc-Kinney Moller Institute, University of Southern Denmark

The wake produced by a wind turbine is dynamically meandering and of rather narrow nature. Only when looking at large time averages, the wake appears to be static and rather broad, and is then well described by simple engineering models like the Jensen wake model (JWM). We generalise the latter deterministic models to a statistical meandering wake model (SMWM), where a random directional deflection is assigned to a narrow wake in such a way that on average it resembles a broad Jensen wake. In a second step, the model is further generalised to wind-farm level, where the deflections of the multiple wakes are treated as independently and identically distributed random variables. When carefully calibrated to the Nysted wind farm, the ensemble average of the statistical model produces the same wind-direction dependence of the power efficiency as obtained from the standard Jensen model. Upon using the JWM to perform a yaw-angle optimisation of wind-farm power output, we find an optimisation gain of 6.7% for the Nysted wind farm when compared to zero yaw angles and averaged over all wind directions. When applying the obtained JWM-based optimised yaw angles to the SMWM, the ensemble-averaged gain is calculated to be 7.5%. This outcome indicates the possible operational robustness of an optimised yaw control for real-life wind farms.

AKE 7.3 Mon 17:00 B 0.014

Windfinsternis als Ergebnis einer Sprungfunktion in der EEG-Vergütung — •GUNNAR KAESTLE — Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

Aufgrund der Vorgaben der europäischen Kommission (keine Förderung bei negativen Preisen) zur Genehmigung von staatlichen Beihilfen findet sich in §51EEG 2017 die Regel, dass bei einer Phase von 6 Stunden oder länger mit negativen Preisen am Spotmarkt die Förderung gestrichen wird.

Diese Regel entspricht einer Sprungfunktion in der Vergütung, die bei kleiner Veränderung des Systems - ablesbar am Marktpreis - eine substantielle Änderung der Vergütungsfunktion bewirkt. Ein erheblicher Teil von EE-Erzeugungsanlagen (aktuell sind rund 10 GW installierter Kapazität mit Inbetriebnahme ab Januar 2016 von

dem §51 EEG betroffen) erhält den Anreiz, herunterzufahren. Zu Erhaltung der Systembilanz muss die gleiche Leistung hochfahren. Hierbei reicht es nicht, auf eine ausgeglichene Bilanz innerhalb der üblichen 15min-Abrechnungszeiträume zu achten, sondern das Herunter- und Hochfahren unterschiedlicher Marktakteure muss um Sekundenmaßstab synchronisiert erfolgen, um schädlichen Auswirkungen auf die Frequenzstabilität zu vermeiden.

Hierbei ist ähnlich wie bei der Sonnenfinsternis im März 2015 die Herausforderung für Übertragungsnetzbetreiber der hohe Leistungsgradient und weniger der Verlust an erzeugter Energie. Der Beteiligte soll die möglichen Auswirkungen der negative-Preise-Regel diskutieren, Lösungsmöglichkeiten aufzeigen und Akteure sensibilisieren.

AKE 7.4 Mon 17:15 B 0.014

Reduction of a finite electrical system to a two machine model — •MARIOS ZARIFAKIS^{1,2}, STEPHEN CARRIG^{1,2}, and WILLIAM COFFEY² — ¹Electricity Supply Board, Generation & Wholesale Markets, Dublin 3, Ireland — ²Department of Electronic and Electrical Engineering, Trinity College, Dublin 2, Ireland

The ever-present requirement to decarbonize energy generation, consequently the impetus to increase energy levels from sustainable sources means that wind turbines and solar photovoltaic installations have become major energy pool contributors. Invariably studies of isolated island grids (e.g. Ireland) indicate that increase of these sources weakens the ability of the frequency in the transmission and distribution system to remain stable after transient disturbances due to ensuing decreased inertia in the grid. Therefore, maximizing the renewable energy level on a transmission system when the grid inertia is low without compromising the safety and integrity of the existing generator assets is essential and must be examined. Hence a robust approach, which allows a solid understanding of low inertia grids based on dynamical models which may oscillate about a temporary equilibrium orientation, describing the response of the grid and the connected conventional generating assets to transient frequency changes, needs to be developed. These models are inspired by previous applications in statistical mechanics and classical electrical models. The governing nonlinear equations of motion are solved by adapting techniques similar to those developed for stochastic differential equations.

AKE 7.5 Mon 17:30 B 0.014

IT-Sicherheit für die vernetzten cyber-physikalischen Komponenten zukünftiger Energiesysteme — •KATHRIN REIBELT, GHADA EL BEZ, OLIVER SCHNEIDER, JÖRG MATTHES und HUBERT B. KELLER — Institut für Angewandte Informatik, KIT, Karlsruhe

Im Zuge der Energiewende werden die großen Kraftwerksblöcke zunehmend ersetzt durch kleinere, verteilte Kraftwerke. Das bedingt eine Umstellung auf Remotesteuerung, die aufgrund der großen Zahl der Anlagen über das Internet realisiert wird. Die bisher verfolgte Strategie zur Absicherung kritischer Infrastruktur, die auf mechanische Abschottung der informationstechnischen Komponenten setzt, ist damit nicht mehr anwendbar. Die Verbindung mit den physikalischen Komponenten in den Kraftwerken, Transformatoren und anderen cyber-physikalischen Systemen eröffnet zusätzliche Angriffsvektoren. Deren Folgen reichen von wirtschaftlichen Schäden über mechanische Beschädigungen bis hin zur Zerstörung der Anlagen. Gleichzeitig ermöglicht die Verschmelzung von informationstechnischem und physikalischem Teil (z.B. Rotor eines Windrades) eine neue Form der Absicherung. Die physikalischen Komponenten gehorchen physikalischen Gesetzen, die in einem Modell der Anlage abgebildet werden können. Durch Redundanzen im System können Abweichungen zwischen in der IT abgebildeten Systemzuständen und normalem, physikalisch möglichem Systemverhalten erkannt und auf ihre Ursache untersucht werden. Das erstellte Modell erlaubt auch Analysen zu Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten mehrerer Fehler, zur Sicherheit des Systems und deren Verbesserung und zu Maßnahmen gegen Cyberangriffe.