

Messung typischer "Fußabdrücke" der Betriebslasten an Windenergieanlagen

Measuring „FOOTPRINTS“ of Wind Turbine Fatigue Loads

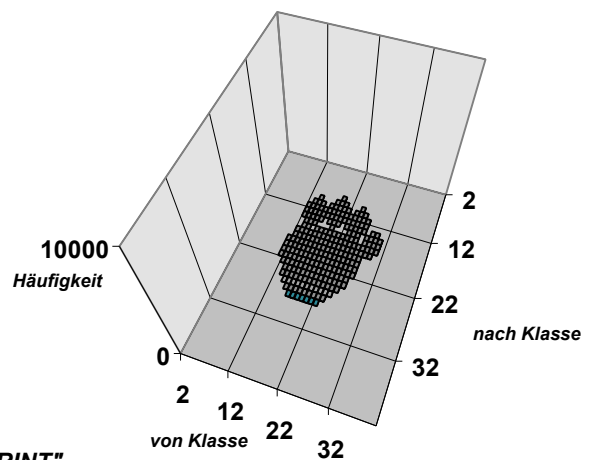
Söker, Holger; DEWI

Summary

In the framework of the EU-cofunded project "Measuring FOOTPRINTS of Wind Turbine Fatigue Loads Using Monitoring Methods" fatigue monitoring will be applied on three wind turbines of a single type operating under varying external conditions. The goal is to acquire "footprints" of the measured load quantities. In this context the principle of footprints refers to the archaic ability of men to learn from the traces on the ground about the creatures that left them there. Transferring this picture to the task of determining a wind turbine's fatigue loading a "footprint" is to be understood as the fatigue load spectrum of a wind turbine's load history under representative external conditions. In the course of the project work the measured footprints will be qualitatively compared to such assembled from load time series measurement campaigns as well as from calculated load data in order to learn about the relevant quantities for parametric fatigue load monitoring. In a second step the fatigue monitoring method shall be refined and applied at the already installed measurements. The work of the project aims on practical methods to be applied commercially on wind turbines' components and to deliver practical information for manufacturers and certification bodies at low costs. The project started in summer 1996 and has a duration of 24 months. First results can be expected in early summer 1997.

1. Die Idee

Das Bild des "Fußabdrucks" steht für das archaische Prinzip des Fährtenlesens und die Möglichkeit von Fußabdrücken etwas über die Wesen zu lernen, die sie im Boden hinterlassen haben. Ganz allgemein gesehen ist ein *Fußabdruck* nichts weiter als ein bestimmtes Muster. Auf die Betriebsbelastungen einer Windenergieanlage (WEA) bezogen, können eben solche Muster in Form von Häufigkeitsverteilungen gemessener Belastungszyklen beobachtet werden. Dem Bild des Fährtenlesens entsprechend sollen daher in dem hier vorgestellten und vom DEWI koordinierten Projekt „FOOTPRINTS“ Fähigkeiten entwickelt und Erfahrungen gesammelt werden, die es ermöglichen, die in den meßbaren *Fußabdrücken* der Betriebsbelastungen einer WEA enthaltene Information zu entschlüsseln. Das im Sommer 1996 begonnene Projekt wird zu 50% von der Europäischen Union gefördert und hat eine Dauer von 24 Monaten.



"FOOTPRINT"
Artist's Impression

2. Zielsetzung und Vorgehen

Die Methode des Lastmonitoring mittels kleiner, selbständiger, vor Ort arbeitender Micromeßsysteme, sogenannter Datenlogger, wurde von CRES und DEWI bereits in einem früheren gemeinsamen Projekt erfolgreich erprobt [1] und soll im Projekt eingesetzt und verbessert werden. In einer initialen Meßkampagne werden die vier Projektpartner Center of Renewable Energy Sources (CRES, Griechenland), FFA (The Aeronautical Research Institute of Sweden), Tacke Windtechnik und DEWI die Methode des *Lastmonitoring* an drei WEA des gleichen Typs anwenden, die jedoch unter unterschiedlichen externen Bedingungen betrieben werden. Zunächst sollen also *Fußabdrücke* der

Betriebslasten in Form von Häufigkeitsverteilungen on-line rainflow-gezählter Betriebslastzyklen an den drei ausgewählten Tacke TW500 Maschinen ermittelt werden. Eine der Maschinen wird in komplexem Gelände auf Kreta betrieben, eine im Windpark der Stadtwerke Emden und eine als Einzelanlage in der Nähe von Oldorf im Wangerland.

Parallel zur Messung synthetisieren die schwedischen Kollegen *Fußabdrücke* aus Zeitreihenmessungen und Lastrechnungen. Anschließend müssen die gesammelten den synthetisierten *Fußabdrücken* gegenüber gestellt werden. Es wird erwartet, das diese Auswertungen Aufschluß über diejenigen Parameter geben, die für die Form und Schädigungsintensität der Belastungshäufigkeitsverteilungen relevant sind. Natürlich werden hier solche Größen eine Hauptrolle spielen, die die externen Bedingungen Windgeschwindigkeit, Turbulenz und Windrichtung beschreiben. Aber neben diesen meteorologischen Einflußgrößen sind auch andere, die Anlagentechnik, die Standortcharakteristika und die Methodik betreffende Parameter von Bedeutung. Der Kern der Forschungsarbeit ist es, die Art und den Grad des Einflusses einzelner oder mehrerer Parameter gemeinsam abzuschätzen. Gelingt dies, so wird es zukünftig möglich sein, einen *Fußabdruck* einer WEA Belastungsgröße hinsichtlich seiner Vollständigkeit und Gültigkeit zu beurteilen. Ferner kann bei Kenntnis der Einflußgrößen und ihres Zusammenwirkens von einem solchen *Fußabdruck* auf einen anderen geschlossen werden, d.h. Messungen, die an einem Standort gemacht wurden, könnten auf die Bedingungen eines anderen Standortes übertragen werden.

In einer zweiten Meßkampagne sollen die bisherigen Ergebnisse in eine verbesserte Methodik einfließen und nutzbar gemacht werden, um die Effekte des Betriebs von WEA in Windparks und komplexem Gelände auf die Betriebsfestigkeit zu quantifizieren. Dabei wird, wie auch im vorangegangenen Projekt, ein Schwerpunkt auf der industriellen, kommerziellen und kostengünstigen Anwendbarkeit der Methode liegen. In Kürze läßt sich die Vorgehensweise im Projekt wie folgt darstellen:

- Anwendung der Lastmonitoring-Methode an drei WEA gleichen Typs, um Belastungsfußabdrücke der Maschinen für die jeweiligen externen Bedingungen (Einzelaufstellung, Windparkaufstellung und Aufstellung in komplexem Gelände) zu erfassen.
- Identifikation der Parameter, die einen Belastungsfußabdruck bestimmen.
- Suche nach Größen, die als Maß für die Vollständigkeit und Gültigkeit des gemessenen Fußabdrucks taugen.
- Verbesserung der Lastmonitoring-Methode, um parametrische Messungen zu erlauben.
- Einsatz der Methodik zur Quantifizierung der Effekte des Betriebes von WEA in Windparks und in komplexem Gelände auf die Betriebsfestigkeit der WEA.
- Untersuchung der Bedeutung von Ermüdungslasten aus Lastzyklen geringerer Häufigkeit aber relativ großer Amplitude.
- Einordnung der Ergebnisse in die Erkenntnisse früherer theoretischer und experimenteller Untersuchungen.

3. Status der Projektarbeiten

Entsprechend der dargestellten Vorgehensweise liegt der Schwerpunkt der Projektaktivitäten bis dato auf der Auswahl geeigneter Testmaschinen, der Installation der Lastsensoren sowie der Vorbereitung und des Aufbaus der Meßsysteme. Das Meßprogramm ist während des Kick-Off-Meetings detailliert worden und definiert die folgenden Lastgrößen:

- Biegemomente der Rotorblattwurzel in Schlag- und Schwenkrichtung
- Biegemomente im Turmfuß der WEA um zwei orthogonale Achsen in einer Ebene senkrecht zur Turmlängsachse
- Torsionsmoment im Turmkopf

Parallel werden meteorologische und Betriebsdaten aufgezeichnet:

- Windgeschwindigkeit, Windrichtung
- elektrische Leistung, Gondelazimuth
- Status Bremse, Status Netzkopplung

Gegenwärtig konzentrieren sich die Arbeiten auf die Inbetriebnahme der Messungen sowie der Ausarbeitung der zunächst zu verwendenden Methodologie. Dabei ist die Auswahl einer adäquaten Dauer der einzelnen Monitoringintervalle, d.h. die Zeiträume zwischen den Auslesungen der individuellen Datensätze von großer Bedeutung. Mit ersten Meßergebnissen ist im Frühjahr '97 zu

rechnen. Parallel zur Meßkampagne werden Auswertungsansätze entwickelt, die o.g. Zielsetzungen verfolgen.

4. Erwartete Ergebnisse

Die für das Gesamtprojekt erwarteten Ergebnisse sind unterschiedlicher Gestalt. Als primäres Ergebnis werden die gemessenen Belastungshäufigkeitsverteilungen mit den dazugehörigen Meteorologie- und Betriebsstatistiken zur Verfügung stehen. Diese können dann z.B. zur Verifizierung von Simulationsrechnungen genutzt werden. Die Ergebnisse der Auswertungen im Hinblick auf den Ermüdungseinfluß von Windparkaufstellung oder Aufstellung in komplexem Gelände werden durch die Teilnahme der Projektpartner in den jeweils zuständigen nationalen Gremien mit in die nationale und internationale Normungsarbeit einfließen.

Als weiteres Ergebnis wird die Methode des Lastmonitoring zur Belastungsermittlung an WEA verifiziert. Kombiniert mit der bereits heute standardmäßig durchgeführten Leistungskurvenmessung an WEA-Prototypen, wird die Nachweisführung für deren Betriebsfestigkeitsanalyse erleichtert, in dem die theoretischen Berechnungen überprüft werden können. Gleichzeitig eröffnet sich durch die Kombination mit der Leistungskurvenmessung und durch die Einfachheit der Methode ein erhebliches Potential zur Kostenersparnis im Vergleich zu personalaufwendigen Zeitreihenmeßkampagnen. Ferner können durch eine breit gestreute Anwendung wertvolle Informationen für eine weiter optimierte WEA-Konstruktion gewonnen werden, die den WEA-Herstellern, Berechnungsbüros sowie Zertifizierern von großem Nutzen sein können.

5. Literatur

- [1] Söker, H. (editor): Monitoring Fatigue Loads on Wind Turbines Using Cycle Counting Data Acquisition Systems: Final report of Joule 2 contract no. JOU2-CT92-0175 for the Commission of the European Union, Directorate General XII for Science, Research and Development / DEWI Deutsches Windenergie-Institut (Wilhelmshaven) (Editor). Wilhelmshaven, Germany, 1995.
-