

## 7. VDI-Fachtagung

# Schwingungen von Windenergieanlagen 2016 mit Fachausstellung



# VDI-Berichte 2281



# VDI-BERICHTE

Herausgeber: VDI Wissensforum GmbH



## 7. VDI-Fachtagung

# Schwingungen von Windenergieanlagen 2016

Bremen, 07. und 08. Juni 2016



# VDI-Berichte 2281

**Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

**Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek**

(German National Library)

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie

(German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at <http://dnb.ddb.de>.

© VDI Verlag GmbH · Düsseldorf 2016

Alle Rechte vorbehalten, auch das des Nachdruckes, der Wiedergabe (Photokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, auszugsweise oder vollständig.

Der VDI-Bericht, der die Vorträge der Tagung enthält, erscheint als nichtredigierter Manuskriptdruck. Die einzelnen Beiträge geben die auf persönlichen Erkenntnissen beruhenden Ansichten und Erfahrungen der jeweiligen Vortragenden bzw. Autoren wieder.

Printed in Germany.

ISSN 0083-5560

ISBN 978-3-18-092281-2

## Inhalt

Seite

### Geräusche, Schallmessung und -übertragung

L. Schneider	Entstehung, Übertragung und Reduzierung von Schall an Windkraftanlagen	1
F. Gast, D. Rode	Erfahrungsbericht zu akustischen Messungen an Windenergieanlagen im Feld	13

### Feldmessungen aus dem Betrieb von Windenergieanlagen

R. Kamieth, R. Liebich, C. Heilmann	Messdaten-basierte Restnutzungsdauer-Ermittlung von Windenergieanlagen – Erkenntnisse aus einer 18-monatigen Lastmessung	37
D. Brenner, D. Tilch	Variation typischer WEA-Eigenfrequenzen aufgrund von Alterung, Fertigungstoleranzen und Betriebsbedingungen	49
T. Gellermann, U. Oertel, H. Fritsch	Schwingungsbeurteilung nach VDI 3834-1 bzw. DIN ISO 10816-21 und deren Integration in die Überwachung großer Anlagenpopulationen	67

### Schwingungsmessungen und Signalanalyse an Windenergieanlagen

C. Mehler, K. Eustorgi, M. Neshati, H. Zhang	Dynamisches Verhalten des Antriebsstranges eines Gondelprüfstandes der Multi-MW-Klasse	81
C. Döbel	Online-Verschleißerkennung an Rotorblättern – Entwicklung und Einsatz von textilen Funktionsfasern zum Monitoring in Verbundwerkstoffen	101
K. Deininger	Schwingungsgrenzwerte an WEA-Fundamenten und Kontrollmessungen nach sicherer Instandsetzung der Turmeinspannung	113

## **Simulation und Analyse des dynamischen Verhaltens von Windenergieanlagen**

D. Nalliboyana, J.-P. Yrjönen, M. Klönne	Optimization of Gear Configuration for the WTG Dynamic Vibration Responses	121
C. Brecher, C. Löpenhaus, D. Piel, M. Schroers	Reduktion der Anregung in Getrieben von Windenergieanlagen durch eine toleranzfeldbasierte Mikrogeometrieauslegung	131
W. Horn, A. Magdanz, R. Noack, K. Peter	Dynamische Effekte im mechanischen Triebstrang von WEA durch Störungen im elektrischen Netz	147

## **Simulation und Analyse des dynamischen Verhaltens von Windenergieanlagen**

A. Tributsch, S. Appel, F. Kirsch	Prognose der durch Windenergieanlagen verursachten Schwingungsimmisionen an hochsensiblen Anlagen	159
D. Lehser-Pfeffermann, T. Müller	Analyse eines MKS-Modells zur Bewertung des dynamischen Triebstrangverhaltens einer direkt angetriebenen Windenergieanlage	171
S. Rick, D. Franck, K. Hameyer	Gekoppeltes elektromagnetisch-strukturdynamisches Oberwellenmodell eines Asynchrongenerators zur Analyse des Drehschwingungsverhaltens in Multi-Megawatt Windenergieanlagen	187

## Condition Monitoring und Schadensdiagnose

<i>S. Bergholz, J. Rudolph, F. Fomi Wamba</i>	Famos 4 Wind – A new method for the fatigue monitoring of wind turbines	201
<i>D. König, D. Castro Uriegas</i>	Erhöhung der Verfügbarkeit und des Ertrages durch Fehleranalyse und Rotorblattunwuchtserkennung	209

## Maßnahmen zur Schwingungsminderung und Lebensdauerverlängerung

<i>J. Kersten, H. Aschemann</i>	Aktive Schwingungsdämpfung einer Windkraftanlage mit hydrostatischem Getriebe	219
<i>M. Puff</i>	Reducing vibration and noise levels in wind turbines by means of Visco-Elastic-Supports (VES)	231
<i>P. Locoge, E. Becker</i>	Ausrichtbedingte Zusatzschwingungen online erfassen und gezielt reduzieren	249
<i>C. Sourkounis, A. Broy, P. Tourou</i>	Lastkollektivminimierung in Antriebstrangstrukturen von Windenergiekonvertern unter Berücksichtigung der Netzwechselwirkungen	263



## Fachlicher Träger

### **Fachgesellschaft VDI-GPP**

Die VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung bietet mit ihren Fachbereichen für alle Branchen abgesichertes Wissen zur Gestaltung von Produkten und Prozessen sowie deren Optimierung bezüglich Qualität, Zeit und Kosten-Nutzenverhältnis.

[www.vdi.de/gpp](http://www.vdi.de/gpp)

### **Fachbereich Schwingungstechnik**

Der Fachbereich Schwingungstechnik befasst sich unter anderem mit der Messung von Schwingungen und der Bewertung der Ergebnisse. Es werden Methoden entwickelt, um Schwingungen zu analysieren und durch aktive und passive Schwingungsminderung zu beeinflussen. Handlungsempfehlungen in Form von VDI-Richtlinien, Erfahrungsaustausch und Veranstaltungen sind Ergebnisse der Aktivitäten.

[www.vdi.de/schwingungstechnik](http://www.vdi.de/schwingungstechnik)

## **Tagungsleitung**

**Prof. Dr.-Ing. Robert Liebich**, Leiter Konstruktion und Produktzuverlässigkeit, Institut für Konstruktion, Mikro- und Medizintechnik, Technische Universität Berlin

**Prof. Dr.-Ing. Andreas Reuter**, Leiter Institutsteil Windenergie, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Bremerhaven

## **Programmausschuss**

**Dr. rer. nat. Edwin Becker**, Leiter Service & Diagnose Center, Prüftechnik Condition Monitoring GmbH, Ismaning

**Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Gaul**, Institutedirektor, Institut für Angewandte und Experimentelle Mechanik, Universität Stuttgart

**Dipl.-Ing. Thomas Gellermann**, Leitender Oberingenieur/Gutachter, Allianz Zentrum für Technik, Allianz Risk Consulting GmbH, München

**Dr. Walter Holweger**, Senior Key Expert Grundlagen Tribologie, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Herzogenaurach

**Dr.-Ing. Martin Huhn**, Leiter der Abteilung Turbine & Load Simulation, Suzlon Energy GmbH, Rostock

**Dr.-Ing. Martin Klönne**, Head of Drivetrain/DE, Drive Train R&D, Vestas Nacelles Deutschland GmbH, Dortmund

**Martin von Mutius**, Head of Analysis & Certification, Product Development, Senvion SE, Osterrönfeld

**Prof. Dr.-Ing. Bernd Sauer**, Leiter des Lehrstuhls für Maschinenelemente und Getriebetechnik, Technische Universität Kaiserslautern

**Dr.-Ing. Karl Steingrüber**, Sachverständiger, Erneuerbare Energien Zertifizierung, DNV GL Energy, Hamburg

**Prof. Dr.-Ing. Horst Peter Wölfel**, Inhaber, Wölfel Beratende Ingenieure GmbH + Co. KG, Höchberg

**Dipl.-Chem. Mark Zundel**, Head of Engineering, Siemens AG, Voerde

