



## 10. VDI-Fachtagung

# Schwingungen von Windenergieanlagen 2019

Bremen, 04. und 05. Juni 2019

Bildquelle: © PRÜFTECHNIK Condition Monitoring GmbH

# VDI-BERICHTE

Herausgeber:

VDI Wissensforum GmbH

**Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.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 [www.dnb.de](http://www.dnb.de).

**© VDI Verlag GmbH · Düsseldorf 2019**

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 978-3-18-092346-8

# Inhalt

## ► Eröffnung

Erkenntnisse aus digitalisierten Daten von über 3000 Windenergieanlagen im Betrieb . . . . .	1
B. Hahn, S. Faulstich, Fraunhofer IEE, Kassel	

## ► BIG DATA Auswertungen und Analysen von Betriebsdaten I

Big Data – Smart Data, analytische Datenauswertung von Betriebsdaten . . . . .	17
W. Holweger, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Herzogenaurach; F. Harzendorf, B. Azzam, CWD RWTH Aachen University, Aachen; J. Fliege, Universität Southampton, Southampton, UK	

## ► Felderfahrung von Anlagen und Windparks I

MSA (Messsystemanalyse) eines back-to-back Getriebeprüfstands . . . . .	29
T. Jacob (M.Sc.) (VDI), Flender GmbH, Voerde; M. Blomeyer, Flender GmbH, Bocholt	
Felderfahrung und Ergebnisse aus großen Windparks: Von der Zuverlässigkeits- und CMS-Analyse zur Prognosefähigkeit . . . . .	41
S. Mtauweg, V. Meimann, MML Solutions GmbH; H. Fritsch, U. Örtel, Bachmann Monitoring GmbH	

## ► Neuartige Verfahren/Sensorik zur Schwingungserfassung und Signalanalyse

Nachlauf-Erkennung (wake effect) mittels Rotorblattschwingungsüberwachung. . . . .	51
D. Brenner, S. Bitzer, Weidmüller Monitoring Systems GmbH, Dresden	
Zustandsüberwachung an Rotorblättern von Windkraftanlagen mittels Schallemissions- analyse . . . . .	57
L. Schubert, E. Schulze, B. Weihnacht, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden; B. Frankenstein, T. Henker, Teletronic Rossendorf GmbH, Radeberg	

## ► **Felderfahrung von Anlagen und Windparks II**

---

Rotorauswuchten wird volljährig – was lernte die Windbranche in 18 Jahren? . . . . .85  
C. Heilmann, A. Grunwald, M. Melsheimer, BerlinWind GmbH, Berlin

Predictive Maintenance für WEA-Strukturen . . . . .97  
C. T. Geiss, GI-Engineering UG, München

## ► **BIG DATA Auswertungen und Analysen von Betriebsdaten II**

---

Datengetriebenes Condition Monitoring von Wälzlagerungen – Erfahrungen und  
Entwicklungen . . . . .109  
M. Dietl, E. Becker, PRÜFTECHNIK Condition Monitoring GmbH

## ► **Methoden und Verfahren zur Schall- und Schwingungsdämpfung**

---

Geräusch- und schwingungsarme Getriebe – Auslegungsstrategien für tonalitätsfreie  
Anlagen aus Sicht eines Getriebeherstellers . . . . .119  
S. Schemmert MBA, Eickhoff Antriebstechnik, Bochum

Designing bearings for noise performance in wind gearboxes. . . . .129  
J.-R. Koch, Timken Europe, Colmar, France

Mit Polyurethan-Hochleistungselastomeren Bauraum und Gewicht reduzieren –  
Polyurethan auf Polyesterbasis ist hochbelastbar und langlebig. . . . .139  
W. Spatzig, P. Steigerwald, A. Kehr, EFFBE GmbH, Bad Soden-Salmünster

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

---

Analyse der Kopplung zweier Windenergieanlagen durch netzstützende  
Regelungsverfahren. . . . .149  
M. Sayed, A. Rezaeian, Mesh Engineering GmbH, Stuttgart;  
B. Fischer, Fraunhofer IEE Kassel, Abteilung Regelungstechnik, Kassel

Der „Soft-Tower“ – eine Dynamik, die kontrolliert werden muss . . . . .163  
H. Lange, P. E. Concepts GmbH, Essen

Indirect Model Predictive Control and its Impact on the Fatigue Strength of the Drivetrain . . . 171  
C. Schwarz, C. Schulz, Hochschule Anhalt

## ► **Betriebsbedingte und fertigungsbedingte Schäden an Rotorblättern**

---

Schäden, Schadensursachen und Maßnahmen für die Instandsetzung mit Kostenbeispielen" . . . . .	183
S. Brassel, Deutsche Windtechnik Service GmbH & Co. KG, Ostfeld	

Vermeidung von fertigungs- und konstruktionsbedingten Schäden an Rotorblättern . . . . .	209
A. Krimmer, EUROS Entwicklungsgesellschaft für Windkraftanlagen mbH, Berlin	

## ► **Schadensvermeidungs-Strategien in Betrieb und Fertigung**

---

Standortspezifische Erosionsmilieuermittlung als Grundlage für eine Vergleichsanalyse zum Schadensfortschritt an realen Rotorblattgeometrien von WEA mit Hilfe eines Erosionsprüfstandes . . . . .	211
J. Liersch, M. Wagner, M. Wegner, Key Wind Energy GmbH, Berlin; M. Mühlbauer, P. U. Thamsen, Technische Universität Berlin	

## ► **Analyse von Schadensursachen**

---

Schwingungsinduzierte Schäden an Rotorblättern. . . . .	223
S. Kleinhansl, Aero Dynamik Consult GmbH, Neuhausen	
Loads asymmetry estimation using fos4X turbine load control. . . . .	229
A. Bustamante, A. Rieger, F. Peterek, B. Vera-Tudela, fos4X GmbH, München	

## ► **Posterbeiträge**

---

Konstruktion und Zustandsüberwachung eines Gummi-Metall-Teils mit integriertem Thermoelement . . . . .	241
A. Bender, W. Sextro, Lehrstuhl für Dynamik und Mechatronik, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Paderborn; K. Reinke, Jörn GmbH, Waiblingen	
Erfassung von Turmschwingungen in Windenergieanlagen durch MEMS-Sensoren. . . . .	249
M. Joost, B. Orlik, IALB, Universität Bremen, Bremen; F. Berkemeyer, IMSAS, Universität Bremen, Bremen	

## ► Programmausschuss

---

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

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

**Prof. 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. Klaus Kaiser**, Senior Engineer Technical Lead, ADWEN GmbH, Hamburg

**Dr. Martin Klönne**, Senior Functional Lead PTR Dynamics & NVH, Powertrain,  
Mechanical Engineering Power Solutions, Vestas Nacelles Deutschland GmbH, Dortmund

**Dr. Samer Mtauweg**, Senior Expert Machine Dynamics and Diagnostics,  
MML Solutions GmbH, Bremerhaven

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

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

**Dr.-Ing. Karl Steingröver**, Senior Principal Engineer, Renewables Certification, Energy, DNV GL,  
Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Hamburg

**Dr.-Ing. Arno van Wingerde**, Business Leader Research, Fraunhofer Institute for Wind Energy and  
Energy System Technology IWES Northwest

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

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

## ► 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)