

# Systemuntersuchungen an Windenergieanlagen am Beispiel der FVA-Gondel

Chancen und Möglichkeiten interdisziplinärer Forschung

Michael Pagitsch

0325799X\_002.500.000\_Systemuntersuchungen\_an\_WEA\_V.01.00.pdf

**CWD** Center for  
Wind Power  
Drives

**RWTHAACHEN**  
UNIVERSITY

- Vorstellung Center for Wind Power Drives
- Das Projekt „FVA-Gondel“
- Interdisziplinäre Systemtests
- Beispielhafte Messdaten und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

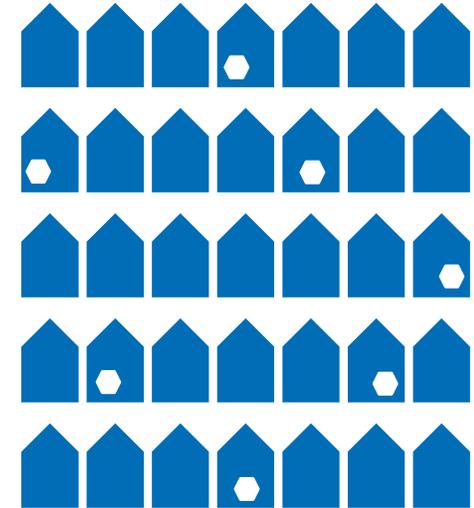




## Kennzahlen der RWTH für 2016:

- Budget: 900 Mio. €
- Davon Drittmittel: 326 Mio. €
- 260 Institute
- 540 Professoren/-innen
- 8.724 Mitarbeiter

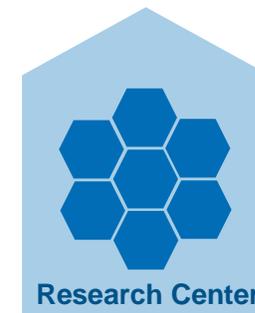
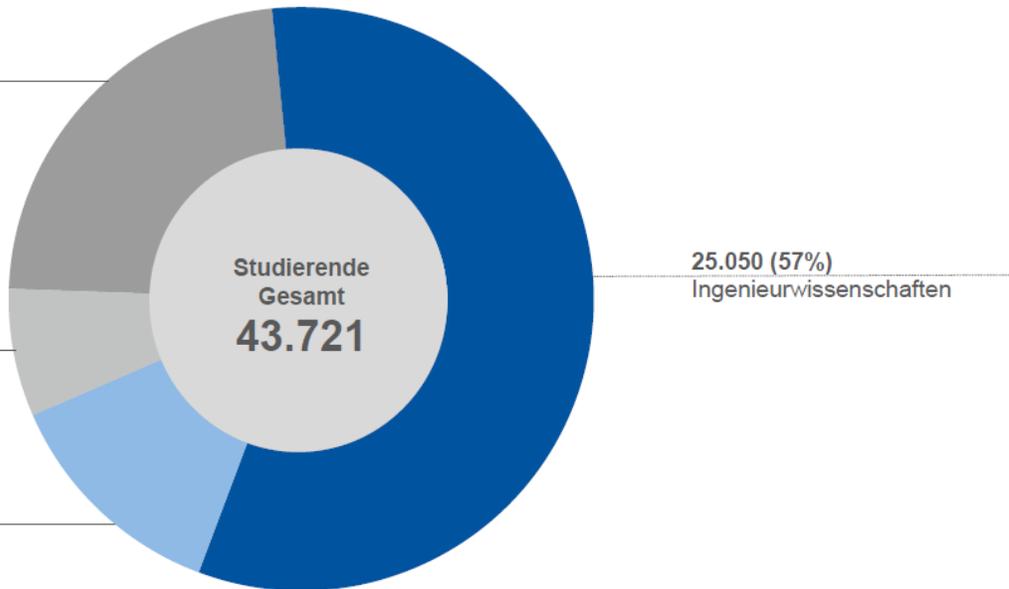
# RWTH



9.992 (23%)  
Mathematik, Informatik und  
Naturwissenschaften

3.091 (7%)  
Medizin

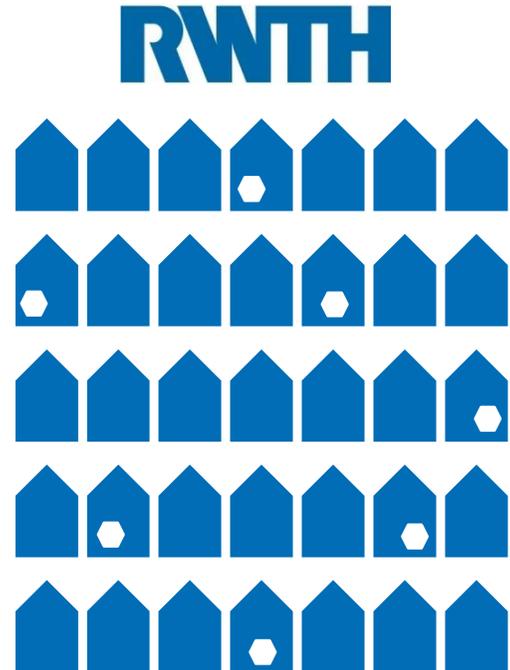
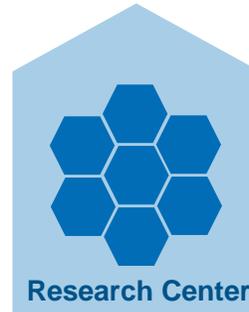
5.588 (13%)  
Geistes-, Gesellschafts- und  
Wirtschaftswissenschaften



<http://www.rwth-aachen.de/cms/root/Die-RWTH/Profil/~enw/Daten-Fakten/>

# Center for Wind Power Drives

Aerodynamik, Regelungstechnik,  
elektrische und mechanische  
Antriebstechnik unter einem Dach



Prof. Abel		Regelungs- technik
Prof. Brecher		Getriebe
Prof. De Doncker		Leistungs- elektronik
Prof. Hameyer		Generatoren
Prof. Monti		Versorgungs- netze
Prof. Schröder		Aerodynamik
Prof. Stich		Logistik

**Vorstand:** Prof. Abel, Prof. Brecher, Prof. De Doncker,  
Prof. Hameyer, Prof. Monti, Prof. Jacobs, Prof. Schröder

**CTO:** Prof. Schelenz

**Prof. Jacobs**      Chair for Wind Power Drives

**Industrielle Partnerschaften mit WEA-Herstellern, Zulieferern, Betreibern und Netzbetreibern**

- Vorstellung Center for Wind Power Drives
- **Das Projekt „FVA-Gondel“**
- Interdisziplinäre Systemtests
- Beispielhafte Messdaten und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



# Belastungen an den Antriebskomponenten von Windenergieanlagen: Konsortium

## Förderung

- BMWi – 6. Energieforschungsprogramm
- Projektstart 1.1.2015
- Projektvolumen ~ 6 Mio. €

Gefördert durch:



## Forschungsstelle



## Industrie



## FVA Arbeitskreise

- Stirnräder
- Berechnung & Simulation
- Wälzlager
- Messtechnik
- ...



# Belastungen an den Antriebskomponenten von Windenergieanlagen: Motivation



## Auslegung von Windenergieanlagen

### Herausforderungen bei der Lastannahme

- Dauerhaft instationärer Betrieb
- Wechselwirkungen über Schnittstellen hinweg
- Extreme Lasten in allen 6 Freiheitsgraden
- Globale Verformungen wirken sich auf lokale Kontaktbedingungen aus



### Simulationsmodelle

- Berücksichtigung komplexer Lasten
- Validierung der Modelle & Methoden
- Kombination verschiedener Methoden

### Prüfstand

- Gesamtsystemverständnis
- Reproduzierbarkeit

## AP 1

### Identifikation kritischer lokaler Belastungen

- Bewertung von Schäden und deren Mechanismen
- Zuordnung: Schadensmechanismen ↔ Haupteinflussgrößen in WEA
- Spezifikation der Messgrößen

## AP 2

### Reproduktion und Synthese kritischer lokaler Belastungen

- Aufbau und Anpassung der Forschungs-WEA am 4MW-Prüfstand
- Simulation: Aufbau eines MKS-Gesamtmodells und lokaler Modelle
- Bestimmung kritischer Betriebszustände durch Messkampagne

## AP 3

### Modellvalidierung

- Ermittlung der lokalen Belastungen (z.B. Zahnkontakte, Generatorwicklungen)
- Validierung der Simulationsmodelle durch Prüfstandsmessungen
- Bewertung heutiger Modellierungsanforderungen

## AP 4

### Reduktion der lokalen Belastungen

- Entwicklung von regelungs- und steuerungstechnischen Lastreduktionsverfahren
- Entwicklung von konstruktiven Triebstrangmodifikationen zur Lastreduktion
- Implementierung der Maßnahmen im Modell und in der WEA

# Forschungs-WEA auf Basis einer realen Anlage: FVA-Gondel



## Anbindung

- mechanisch
- elektrisch
- steuerungstechnisch

## Modifikationen

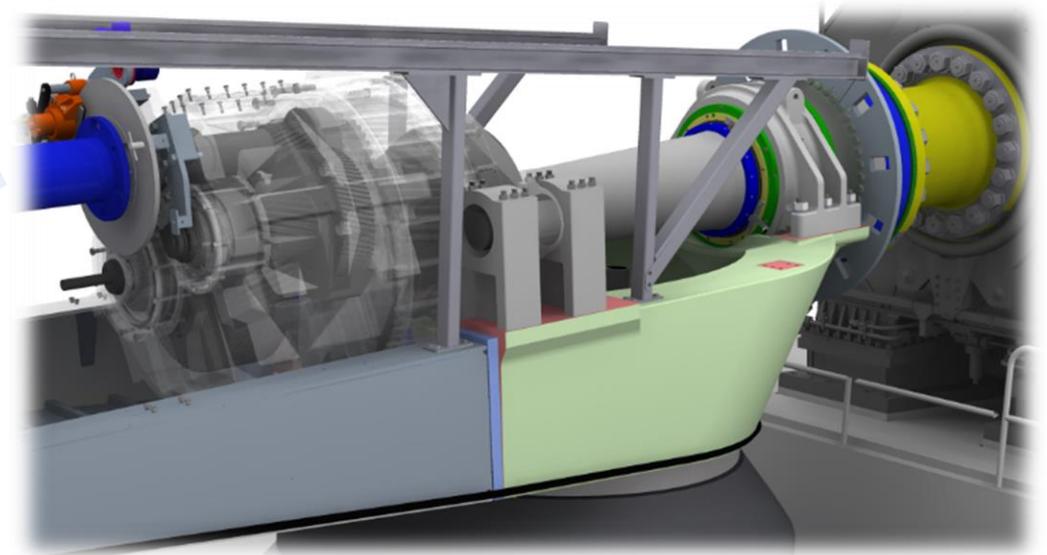
- Getriebe
- Generator
- Öl- und Kühlsystem
- Steuerung

## Messtechnik

- Sensorik
- Erfassungssystem

## Technische Daten NM80-2750

- |                         |                |
|-------------------------|----------------|
| ▪ Errichtung:           | Dezember 2003  |
| ▪ Elektr. Energiemenge: | 67.942.181 kWh |
| ▪ Nennleistung:         | 2750 kW        |
| ▪ Rotordurchmesser:     | 80 m           |
| ▪ Nabenhöhe:            | 60 m           |
| ▪ Nenndrehzahl:         | 17,5 1/min     |



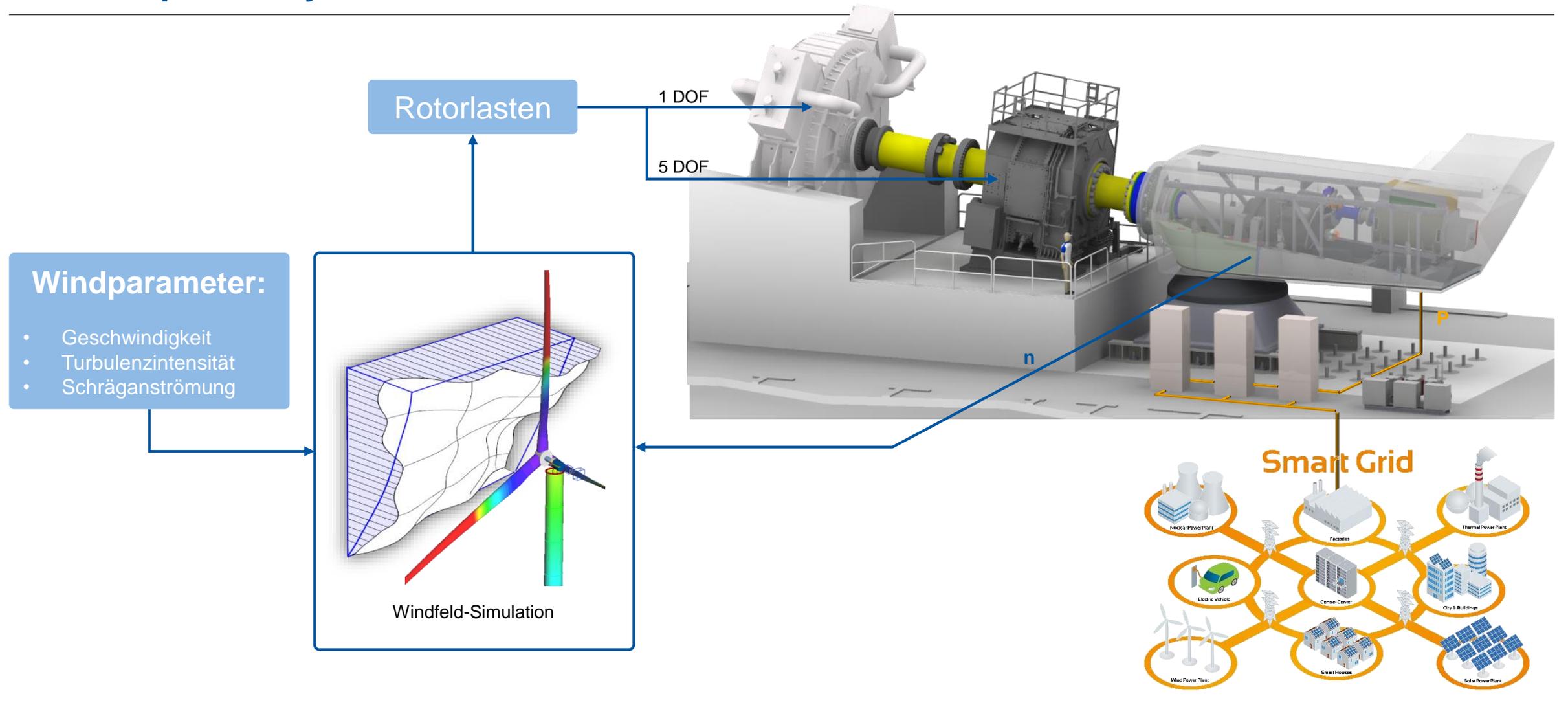
# Blick in die Gondel



- Vorstellung Center for Wind Power Drives
- Das Projekt „FVA-Gondel“
- **Interdisziplinäre Systemtests**
- Beispielhafte Messdaten und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



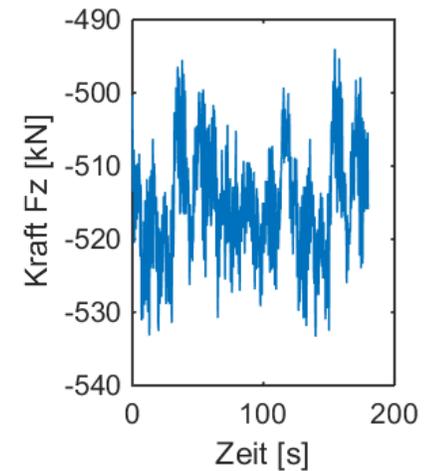
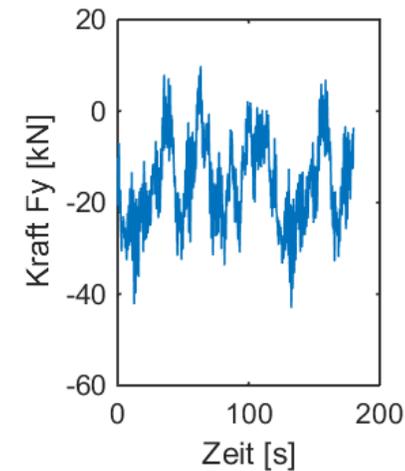
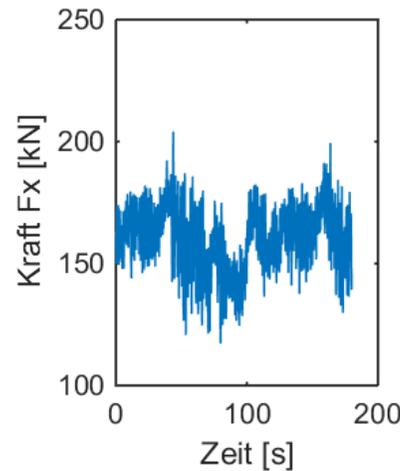
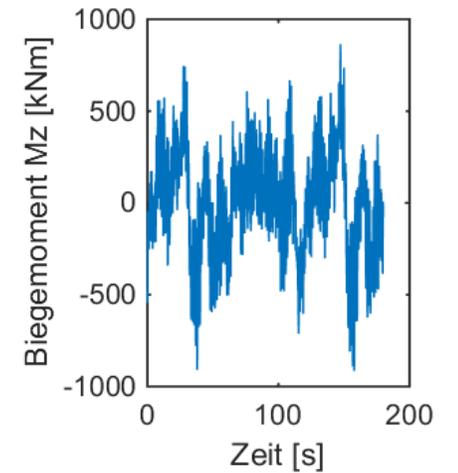
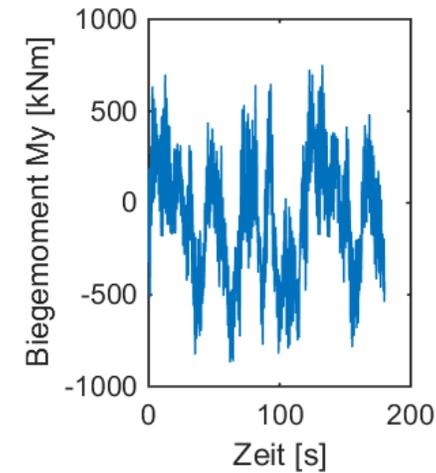
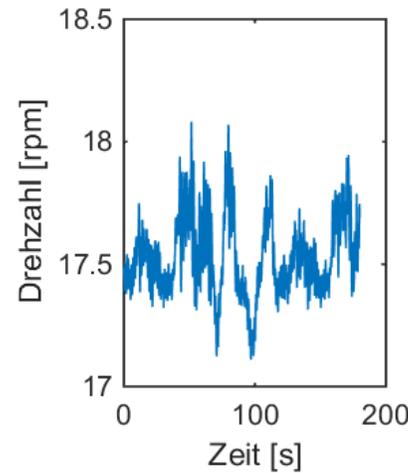
# Interdisziplinäre Systemtests: Betrieb der FVA-Gondel im HiL-Modus



# Interdisziplinäre Systemtests: Reproduzierbare Windlasten

## Reproduzierbarkeit der Windlasten

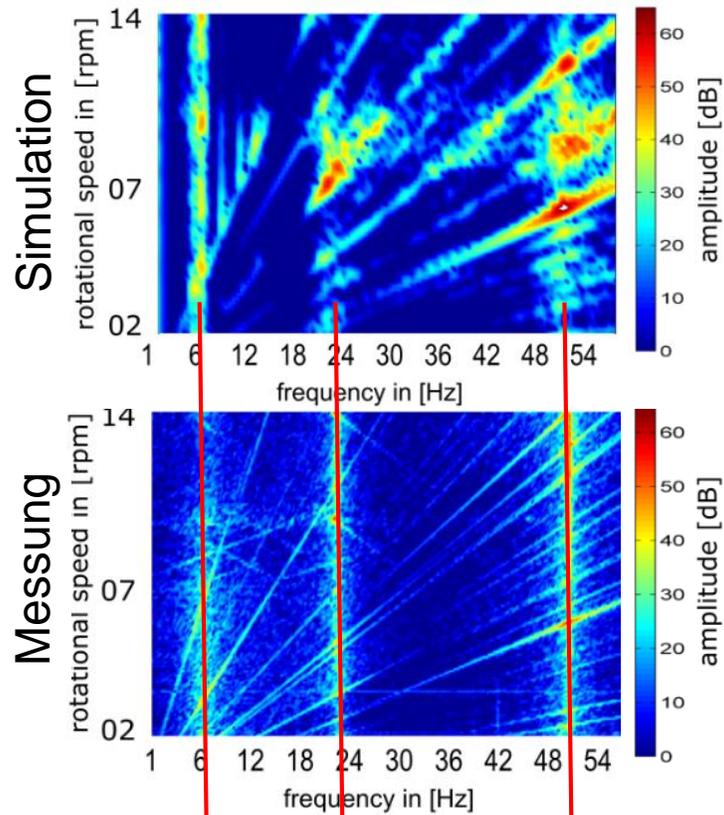
- Beispiel:
  - $v_{\text{Wind}} = 22 \text{ m/s}$
  - Turbulenzintensität 14 %
  - Schräganströmung  $2.5^\circ$
- Im Feld durch Warten
- Auf dem Prüfstand dank HiL-Betrieb „auf Knopfdruck“



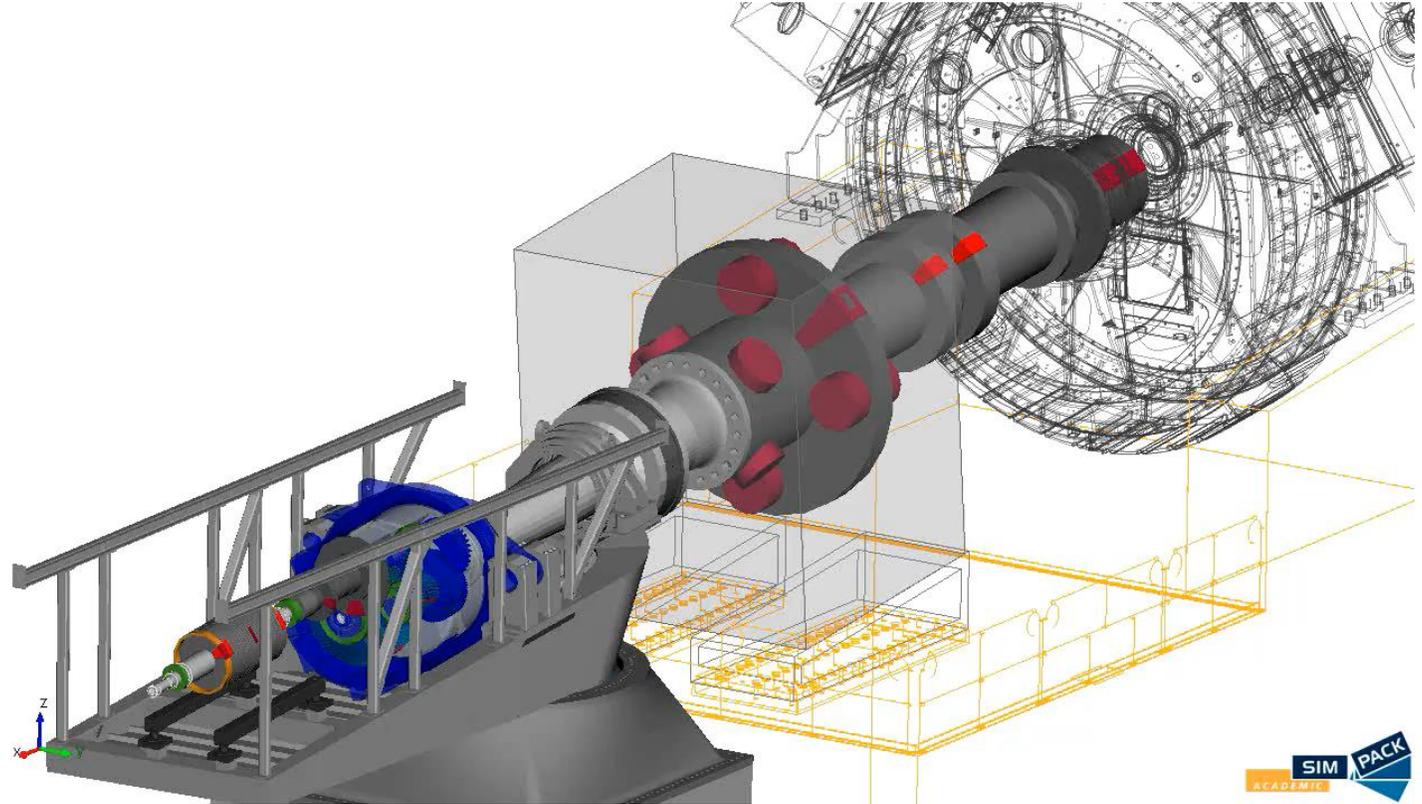
- Vorstellung Center for Wind Power Drives
- Das Projekt „FVA-Gondel“
- Interdisziplinäre Systemtests
- **Beispielhafte Messdaten und Ergebnisse**
- Zusammenfassung und Ausblick



## Torsionseigenfrequenzen – ermittelt aus Drehmoment an der Generatorwelle

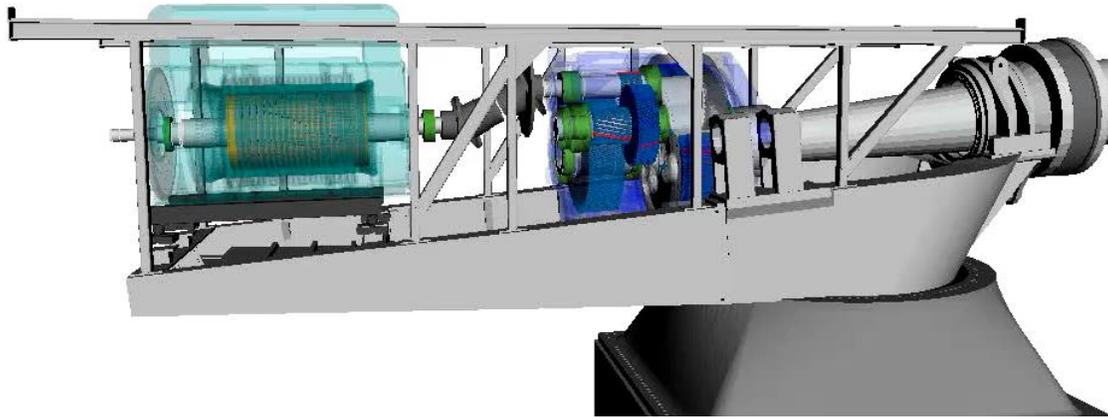


1. 2. 3. Eigenfrequenz

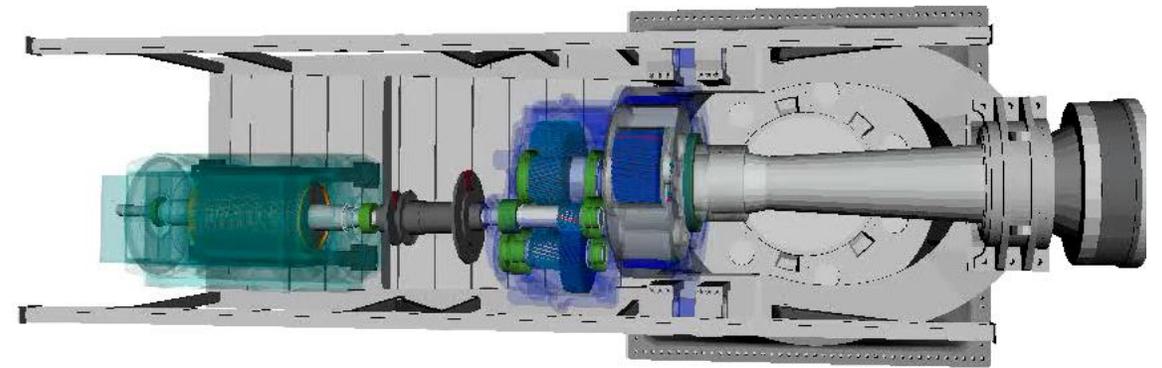


[Daniel Matzke, CWD]

### Biegemoden durch Anregungen im Nennbetrieb: Validierung von Simulationsmodellen



17.5 Hz

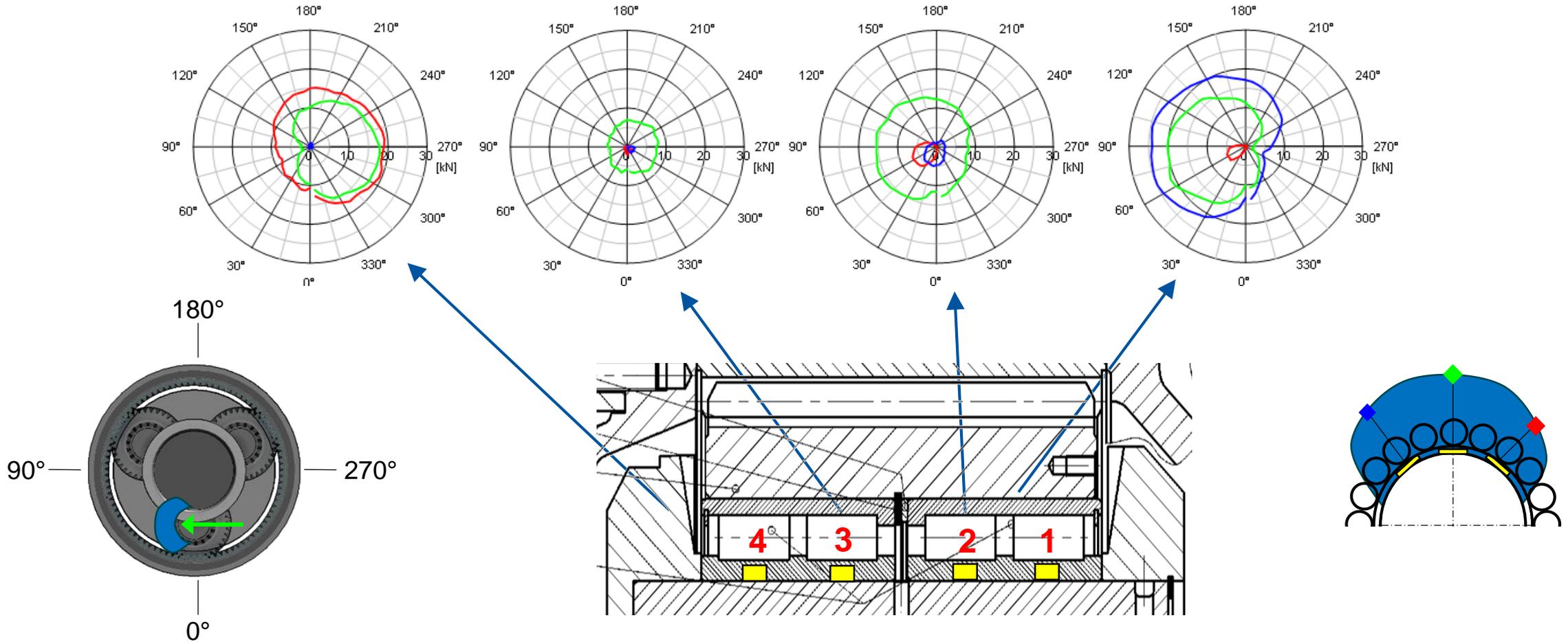


27.8 Hz

[Daniel Matzke, CWD]

# Beispielhafte Messdaten und Ergebnisse

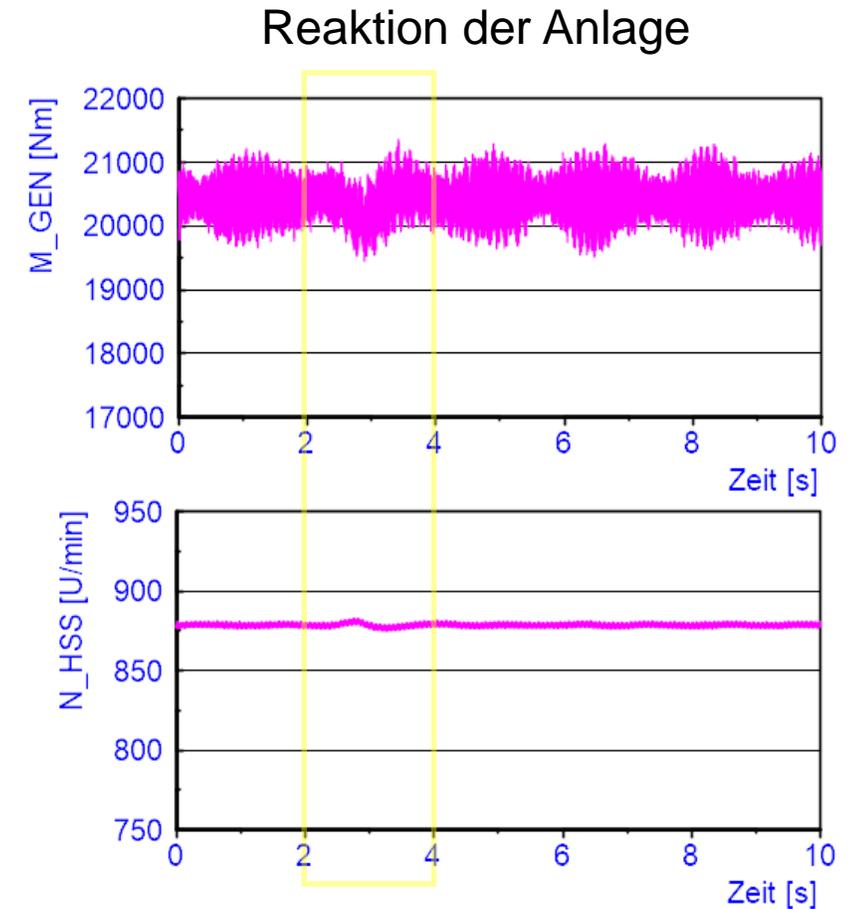
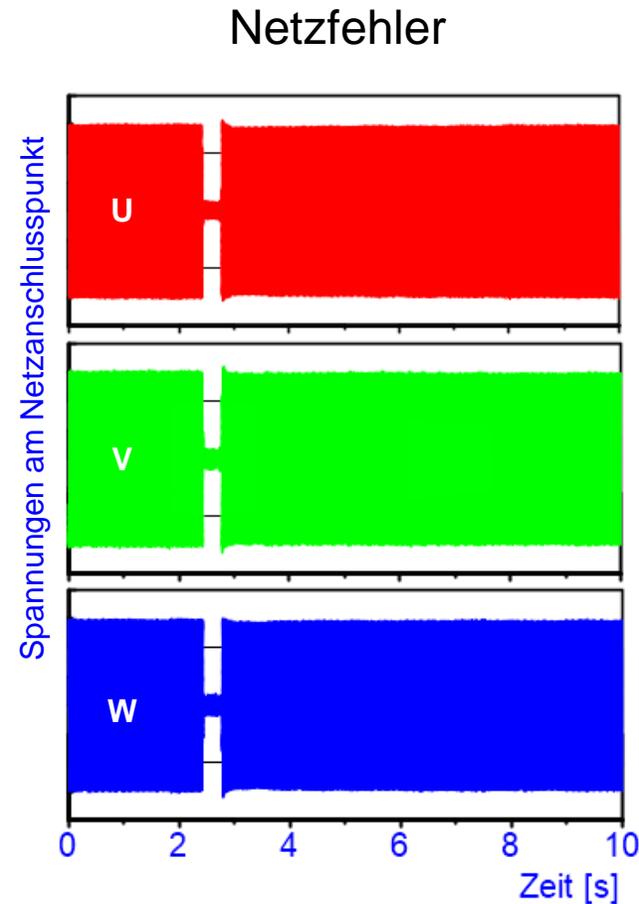
## Lokale Belastungen: Lastverteilung an Planetenradlagern



Christian Liewen: Validation of planetary bearing loads in wind turbine gearboxes on a 4 MW system test bench

## FRT-Test: Netzfehler

- Für die Zertifizierung von WEA vorgeschrieben
- Untersuchen des Anlagenverhalten nach Netzfehler
- Beispielhaft: Symmetrischer Spannungseinbruch



# Gliederung

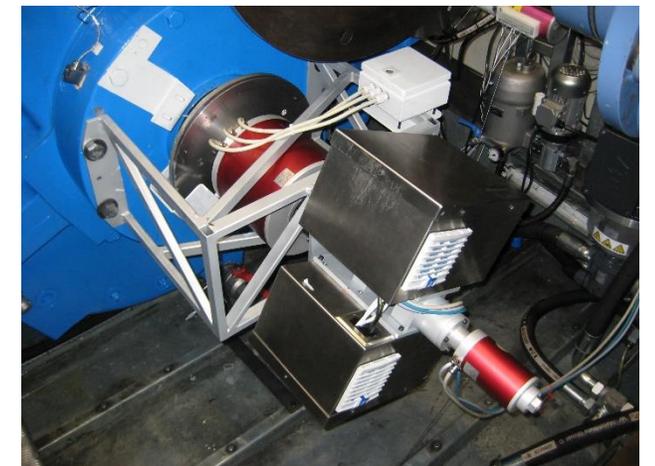
---

- Vorstellung Center for Wind Power Drives
- Das Projekt „FVA-Gondel“
- Interdisziplinäre Systemtests
- Beispielhafte Messdaten und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick



## Bisheriger Projektverlauf

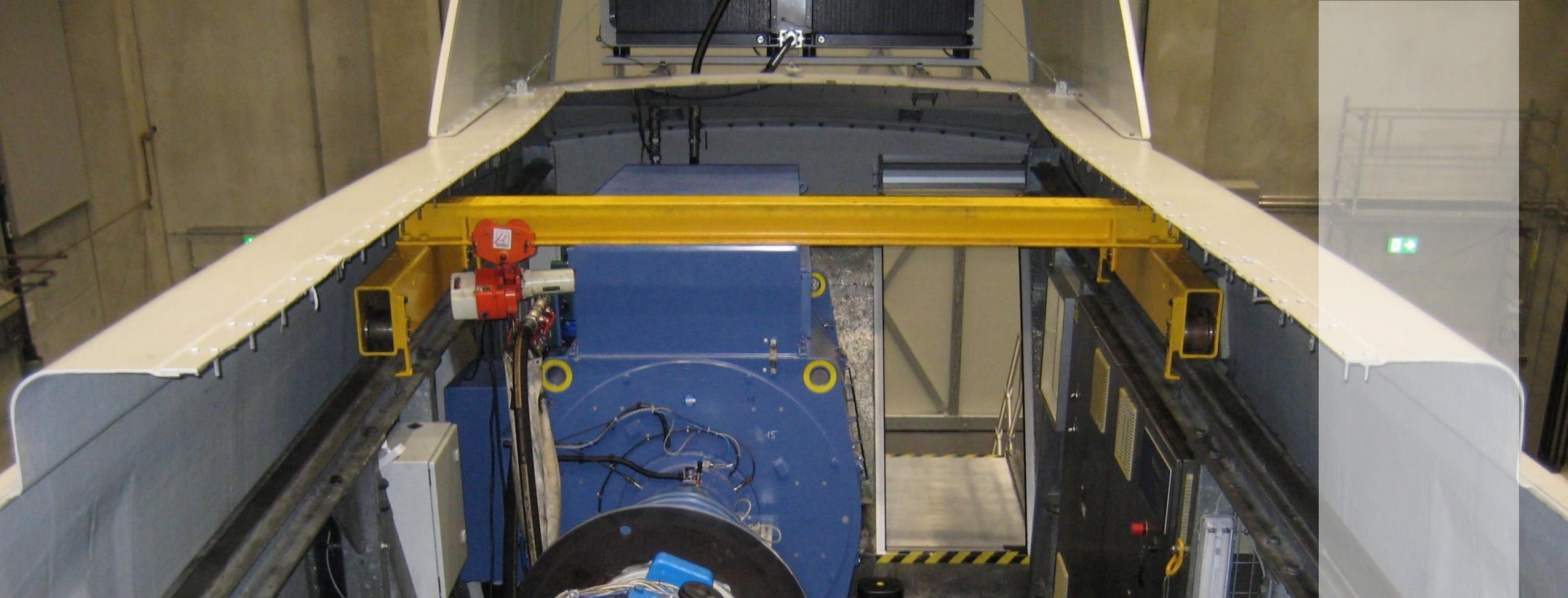
- Aufbau einer generischen Forschungs-WEA
- Integration in Systemprüfstand
- Inbetriebnahme des HiL-Modus
- Prüfstandsversuche
  - Interdisziplinäre Systemtests
  - Validierung von Modellen verschiedener Spezialisierungen und Detailgrade



## Weiterer Projektverlauf

- Abbau der FVA-Gondel im April 2017
- Auswertung der Messdaten
- Modifikationen an Hard- und Software
  - Tausch des Hauptlagers
  - Modifikationen am Controller
- Einbau zusätzlicher Sensorik
- Zweite Prüfstandsphase ab Herbst 2017
- FVA-Gondel in anderen Projekten:
  - Torque Measurement in the MN·m range
  - PRONOWIS





**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie