

Condition Monitoring an getriebelosen WEA – Eine besondere Herausforderung!

Vortrag im Rahmen der Windenergietage 2019,
vom 5.-7. November 2019 in Potsdam

GfM Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH
Köpenicker Straße 325, Haus 40
12555 Berlin
Tel 030 / 65 76 25 65
Fax 030 / 65 76 25 64

Vertriebsbüro Dortmund
Am Kämpen 22
44227 Dortmund
Tel 0231 / 77 64 723
Fax 0231 / 77 64 724

Leistungen

- **Online-CMS „Peakanalyser“**
- **Überwachungsservice für Online-CMS**
- **Offline-Schwingungsdiagnose als Komplettdienstleistung**
- **Auswerteservice für Offline-Schwingungsmessungen von Dritten**
- **Rotorblattlagerdiagnose**
- **Drehmomentanalysen**
- **Videoendoskopie**
- **Seminare**

ergänzend

- **17 Mitarbeiter**
- **Sitz der Firma in Berlin**
- **Einsatzorte weltweit**
- **ca. 1.000 Offline-Messungen pro Jahr**
- **ca. 500 Online-CMS, davon ca. 450 in der Überwachung**
- **ca. 50 Teilnehmer bei GfM-Seminaren pro Jahr**

Warum überwacht man ausgerechnet Schwingungen?



Schwingungen

- **enthalten viele Informationen**
- **breiten sich gut aus**
- **sind leicht zu messen**
- **sind gut zu interpretieren**

Piezoelektrische Beschleunigungssensoren

- **sind hinreichend genau**
- **decken einen großen Messbereich ab**
- **sind leicht zu installieren**
- **sind robust**
- **sind preiswert**
- **Kabellängen sind unproblematisch**

Werkzeuge

- **Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit**
- **Effektivwert der Schwingbeschleunigung**
- **Spitzenwert der Schwingbeschleunigung**
- **spezielle Kennwerte**
 - Crestfaktor, $K(t)$, Kurtosis*
 - SPM, Spike Energy, BCU*
 - SEE*

Vorteil

- **schnell**
- **keine Kinematik erforderlich**

Nachteil

- **unscharf**
- **Schadensart und -ort sind nicht zuverlässig bestimmbar**

Werkzeuge

- **Spektrum**
- **Hüllkurvenspektrum**
- **Ordnungsspektrum**
- **Hüllkurvenordnungsspektrum**

Ordnungsanalyse

- **parallele Drehzahlmessung**
- **Resampling**

Vorteil

- **sehr zuverlässig**
- **Schadensart und -ort sind exakt bestimmbar**

Nachteil

- **zeitverzögert**
- **Kinematik erforderlich**
- **ein gewisses Maß an Diagnosewissen ist erforderlich**

VDI3832 – Körperschallmessungen zur Zustandsbeurteilung von Wälzlagern in Maschinen und Anlagen

- **Richtlinie aus dem Jahr 2007**
- **nennt Kennwerte und Kennfunktionen zur Beurteilung des Wälzlagerzustands und beschreibt deren Verwendung**
- **beschreibt Bewertungsstufen des Schadensausmaßes**

- Die Lebensdauer von Wälzlagern unterliegt starken Schwankungen und ist immer endlich (nicht dauerhaft)
- Wälzlager benötigen eine Mindestlast
- Beurteilung bisher oft mit Fettprobe durch Dichtspalt
- Diagnose an Rotorlagern und langsam drehenden Lagern gilt als umstritten (zu Unrecht) und stimmt nicht immer mit der Fettprobe überein
- Offene Bauweise von getriebelosen WEA erfordert ggf. EMV-feste Messtechnik



Mindestanforderungen an die Messtechnik

Sensoren

- **100 mV/g Frequenzbereich ab 0,5 Hz (3dB)**
in der Regel ausreichend für Messungen am Getriebe
- **500 mV/g Frequenzbereich ab 0,17 Hz (3dB)**
Rotordrehfrequenzen von ca. 0,25 – 0,31 Hz

Messzeit

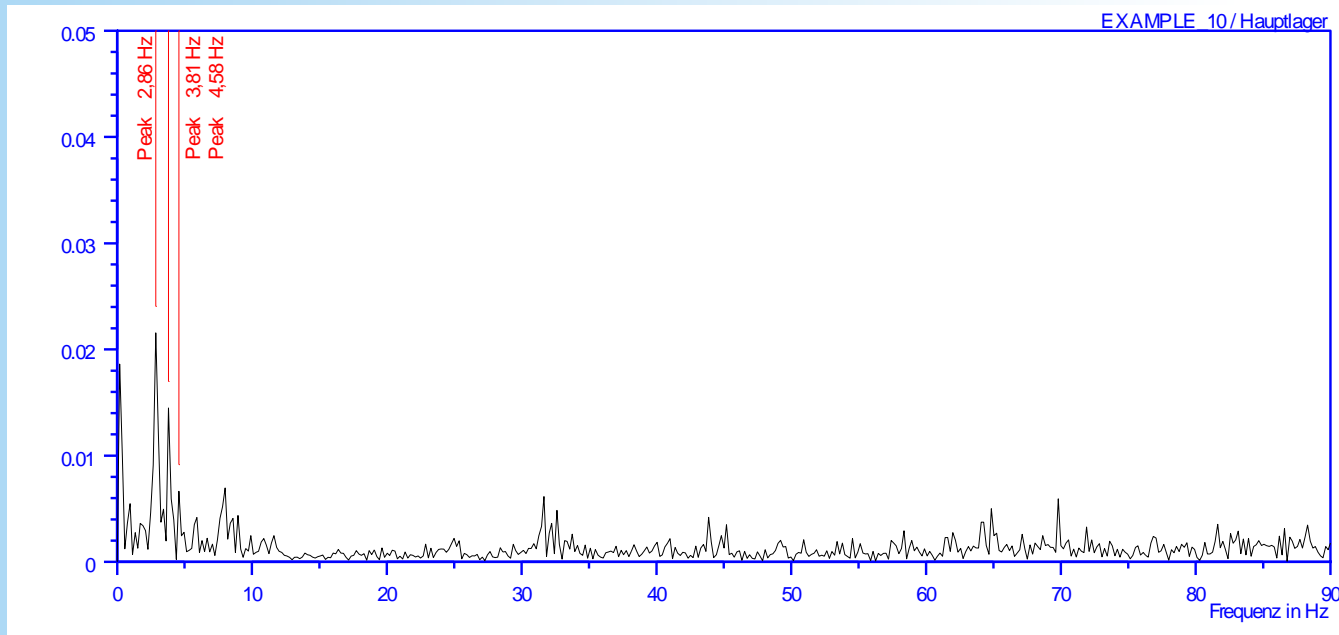
- **frei einstellbar (> 180 s)**

Drehzahl

- **Ordnungsanalyse**

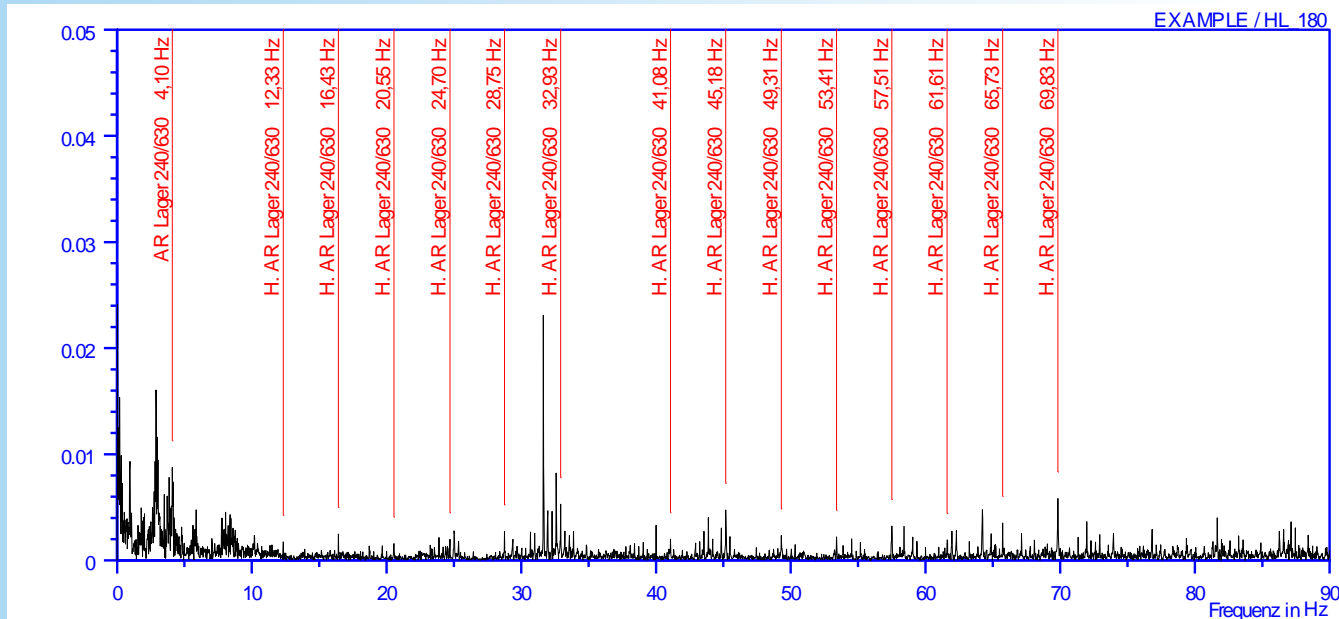
Rechenbeispiel Messzeit 10s:

- Annahme Rotordrehzahl ca. 19 1/min → Drehfrequenz ca. 0,31 Hz
- Rotorwelle dreht ca. 3 mal in gewählter Messzeit
- Unregelmäßigkeit auf Außenring von Wälzkörpern ca. 40 mal überrollt
- **Nachteil:**
 - Auflösung im Spektrum sehr gering (0,1 Hz)
 - Unregelmäßigkeit am Außenring an Lager 240/630 bei 4,1 Hz nicht nachweisbar

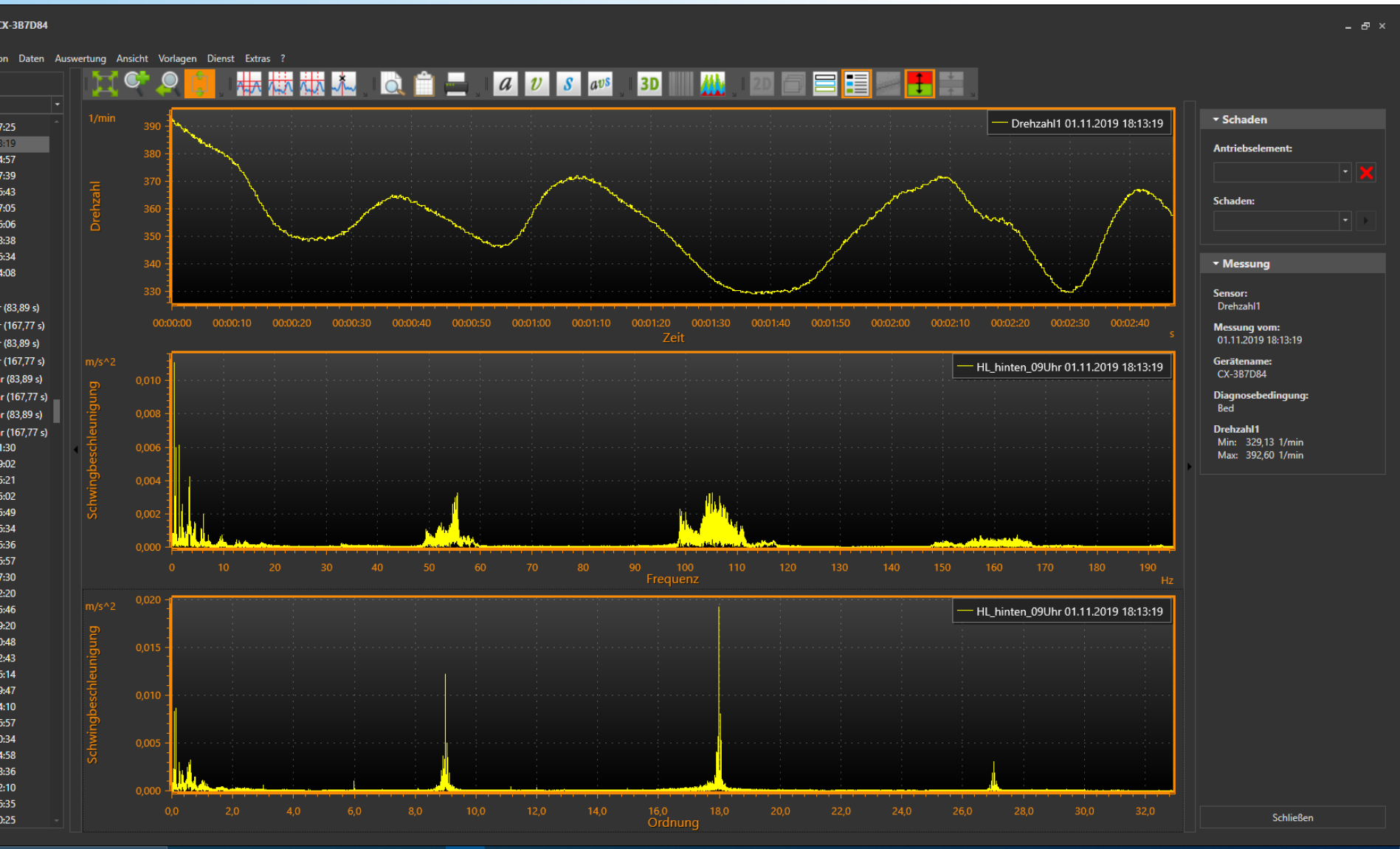


Rechenbeispiel Messzeit 180s:

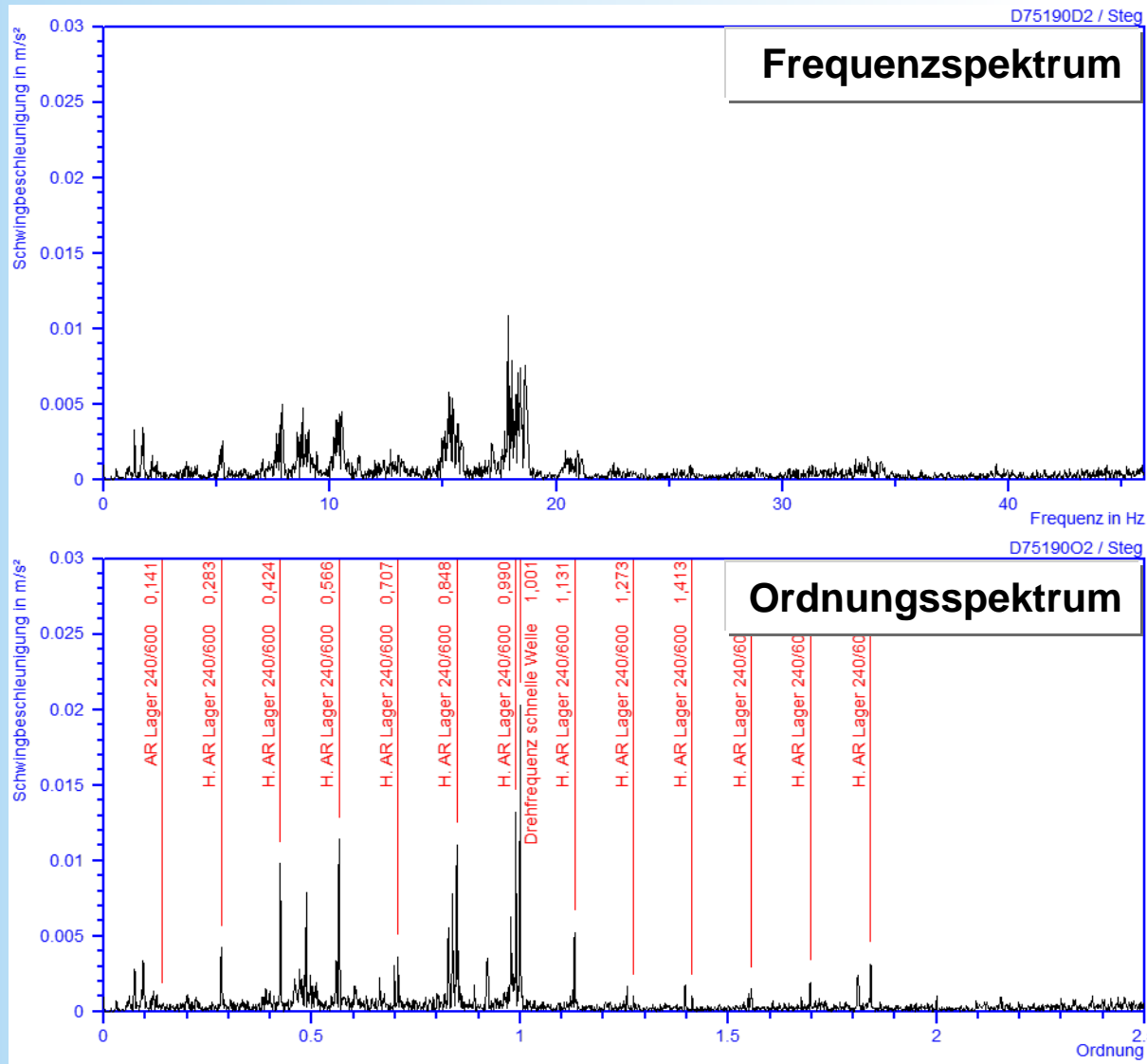
- Annahme Rotordrehzahl ca. 19 1/min → Drehfrequenz ca. 0,31 Hz
- Rotorwelle dreht ca. 56 mal in gewählter Messzeit
- Unregelmäßigkeit auf Außenring von Wälzkörpern ca. 756 mal überrollt
- Auflösung im Spektrum deutlich besser (0,005 Hz)
- Unregelmäßigkeit am Außenring an Lager 240/630 bei 4,1 Hz nachweisbar



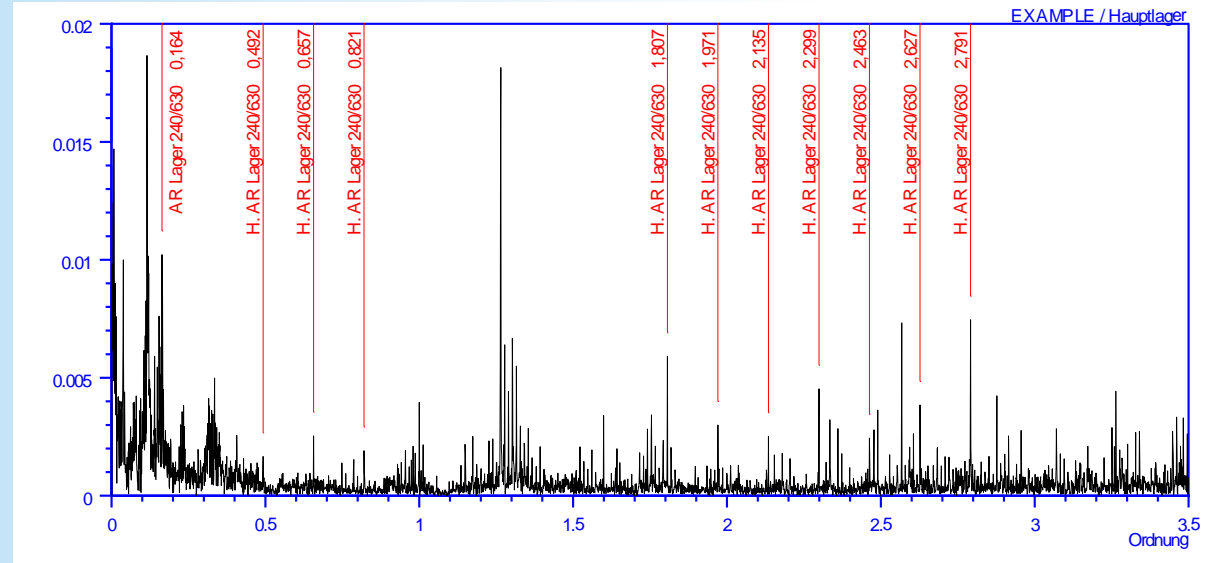
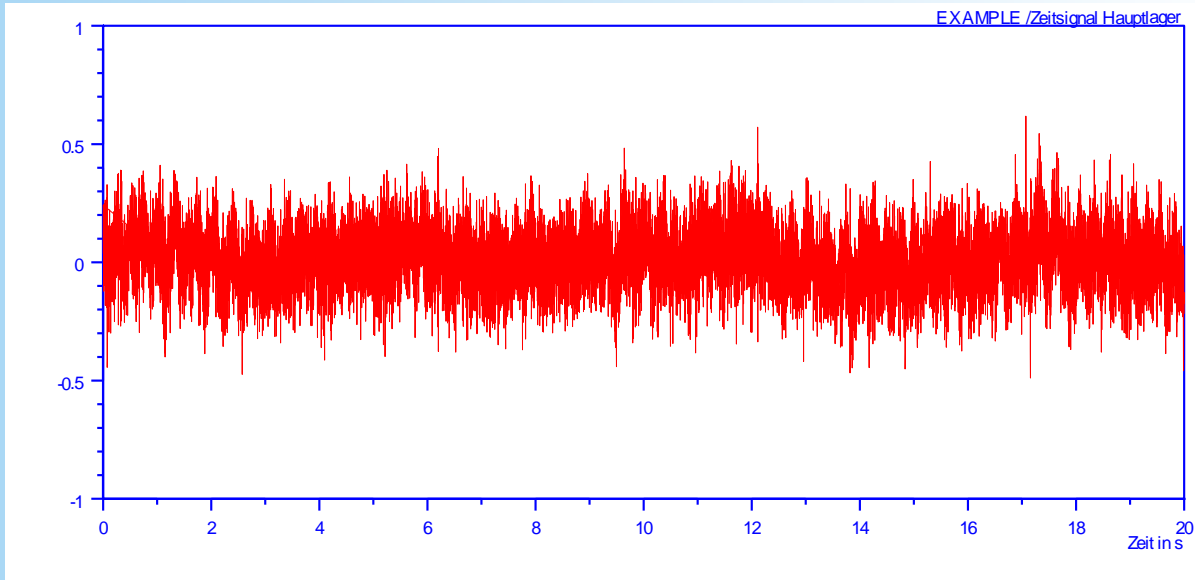
Ordnungsanalyse (Resampling)



Beispiel drehzahlvariable Windenergieanlage, Schaden am Rotorlager



Beispiel: Hauptlager an einer 600 kW Anlage

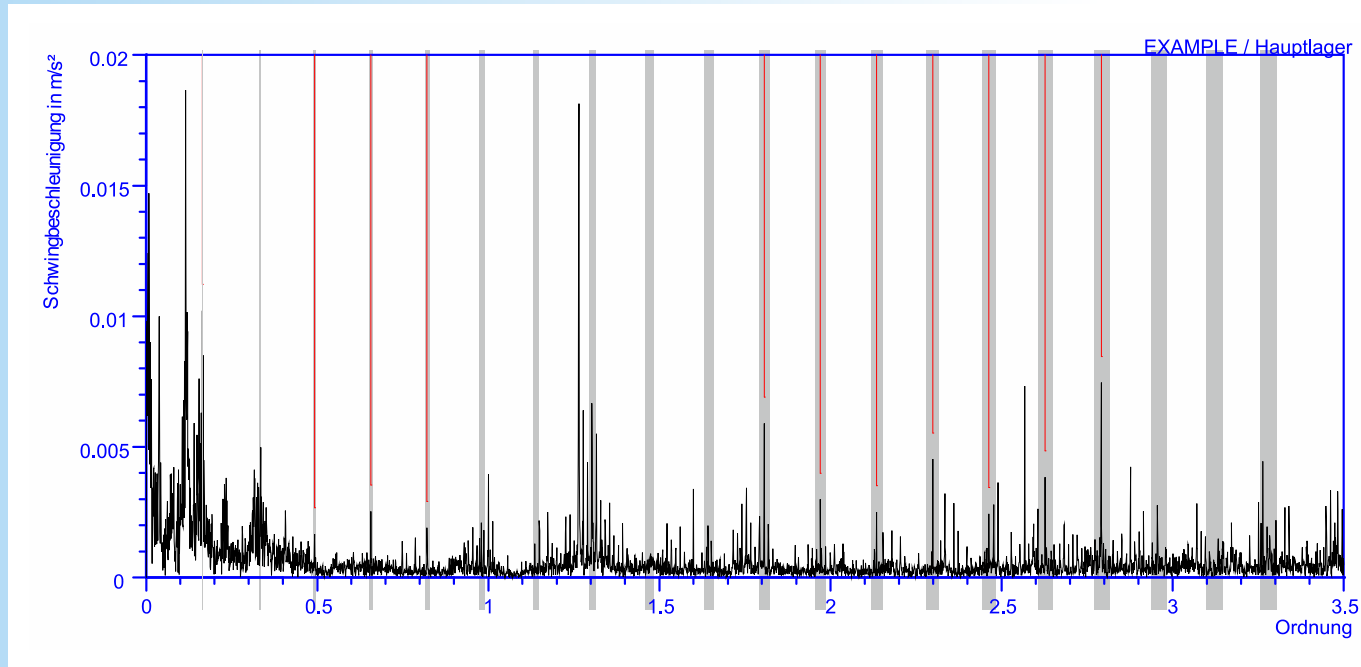


Beispiel:



Bildquelle: Sachverständigenbüro Veltrup, Dipl. Ing. Martin Veltrup, Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der IHK Oldenburg für Windenergieanlagen

komplexe Überwachung vieler Spektralanteile



- kinematische Frequenzen, Harmonische und Seitenbänder
- Toleranzen
- Ausschlussverfahren
- k aus n

Online: Peakanalyzr

- vollautomatische Tiefendiagnose
- leistungsstarke Ordnungsanalyse
- DVS-Analyse
- unscharfe Analyse
- keine Lernphase



Offline: PeakStore5

- 4, 8 oder 12 Schwingungssensoren
- 1 oder 2 Drehzahlsensoren
- App zur Fernsteuerung via Smartphone



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

GfM Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH
Köpenicker Straße 325, Haus 40
12555 Berlin
Tel 030 / 65 76 25 65
Fax 030 / 65 76 25 64
www.maschinendiagnose.de

Vertriebsbüro Dortmund
Am Kämpen 22
44227 Dortmund
Tel 0231 / 77 64 723
Fax 0231 / 77 64 724