

Schärferes Condition Monitoring durch unscharfe Verfahren

Vortrag im Rahmen der
25. Windenergietage
vom 8. bis zum 10. November 2016 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

- 1 Wer ist die GfM
- 2 Warum Schwingungen
- 3 Kenngrößenüberwachung
- 4 Frequenzselektive Überwachung
- 5 Ordnungsanalyse
- 6 Automatisierung
- 7 Unscharfe Analyse
- 8 Resümee

Leistungen

- **Online-CMS „Peakalyzer“**
- **Überwachungsservice für Online-CMS**
- **Offline-Diagnosesystem „PeakStore5xx“**
- **Offline-Schwingungsdiagnose als Kompletdienstleistung**
- **Auswerteservice für Offline-Schwingungsmessungen von Dritten**
- **Drehmomentanalysen**
- **Rotorblattlagerdiagnose an WEAs**
- **Videoendoskopie**
- **Seminare**

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 Kenngrößen

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**

Vorteil

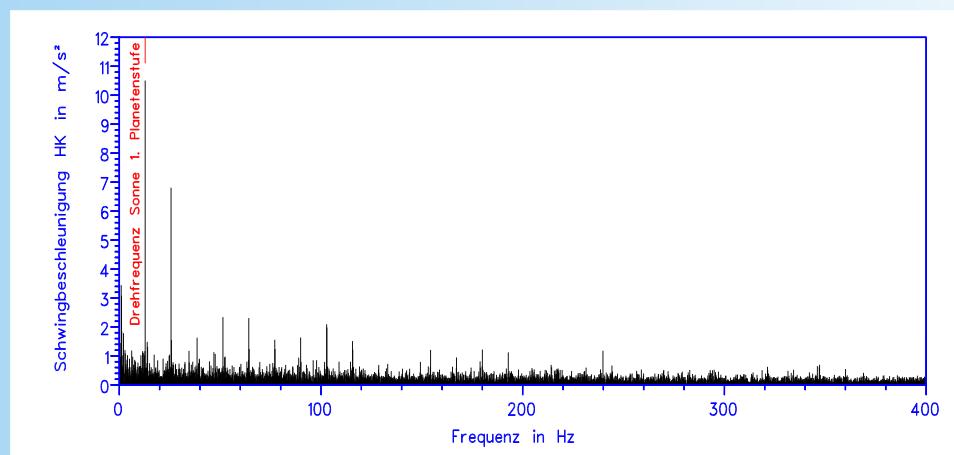
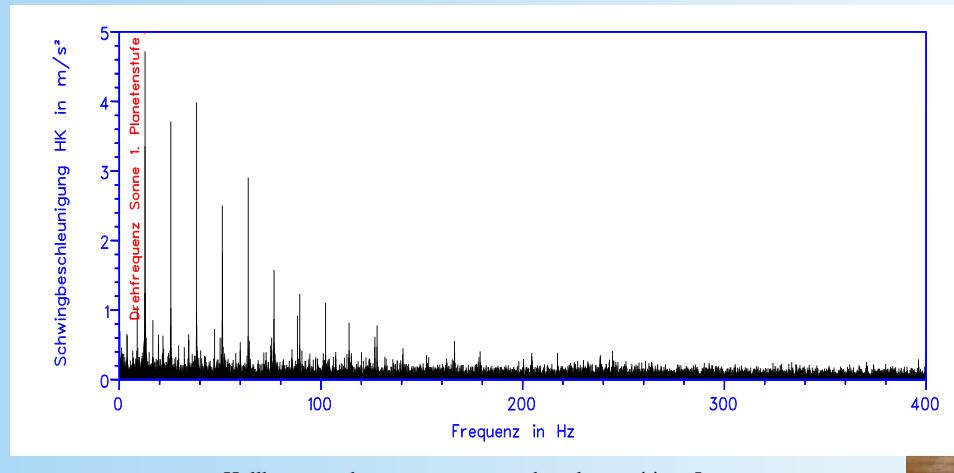
- **sehr zuverlässig**
- **Schadensart und -ort sind exakt bestimmbar**

Nachteil

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

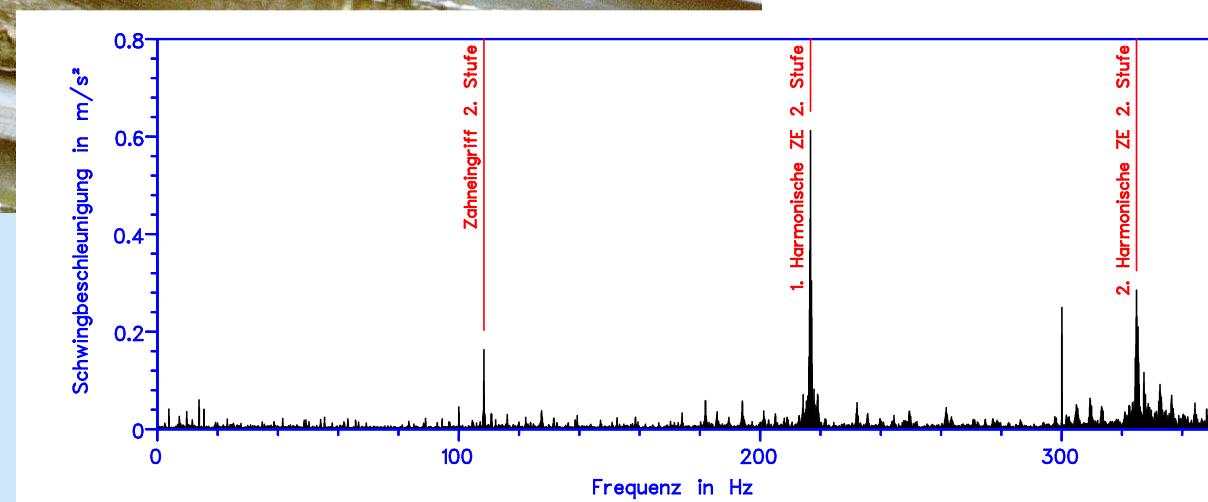
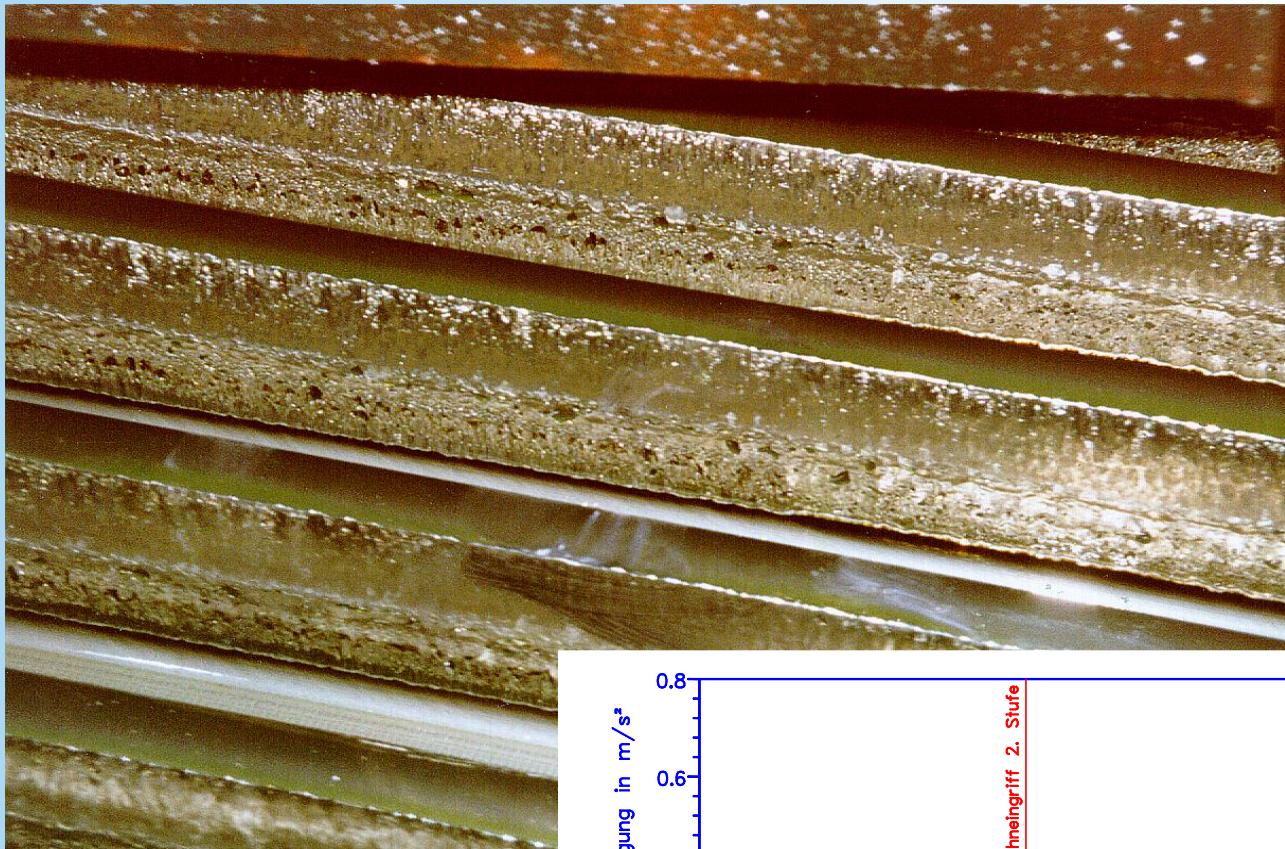
Frequenzselektive Überwachung

Wellenschaden



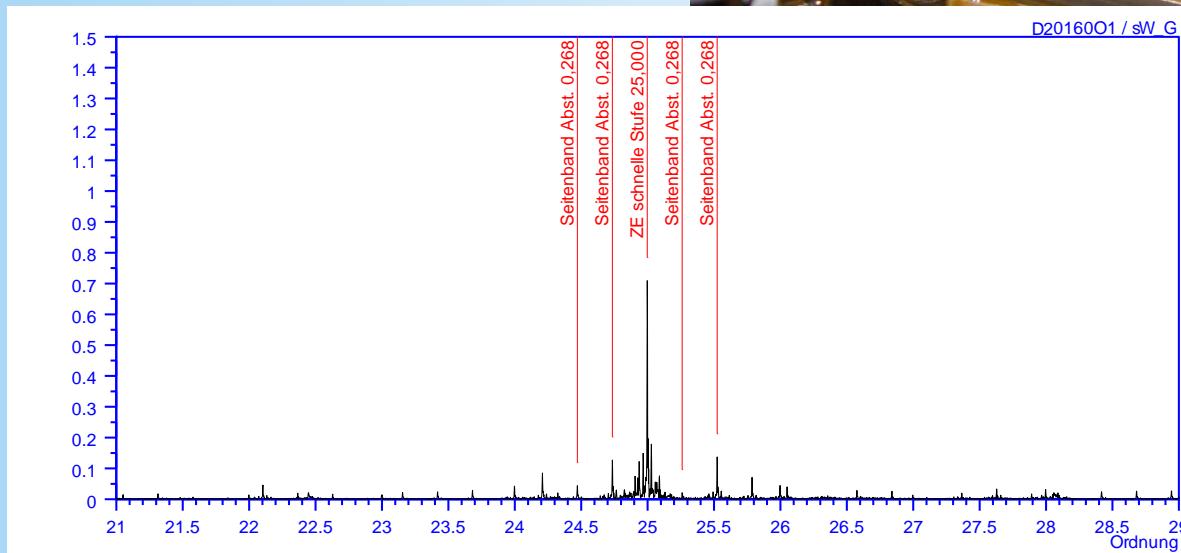
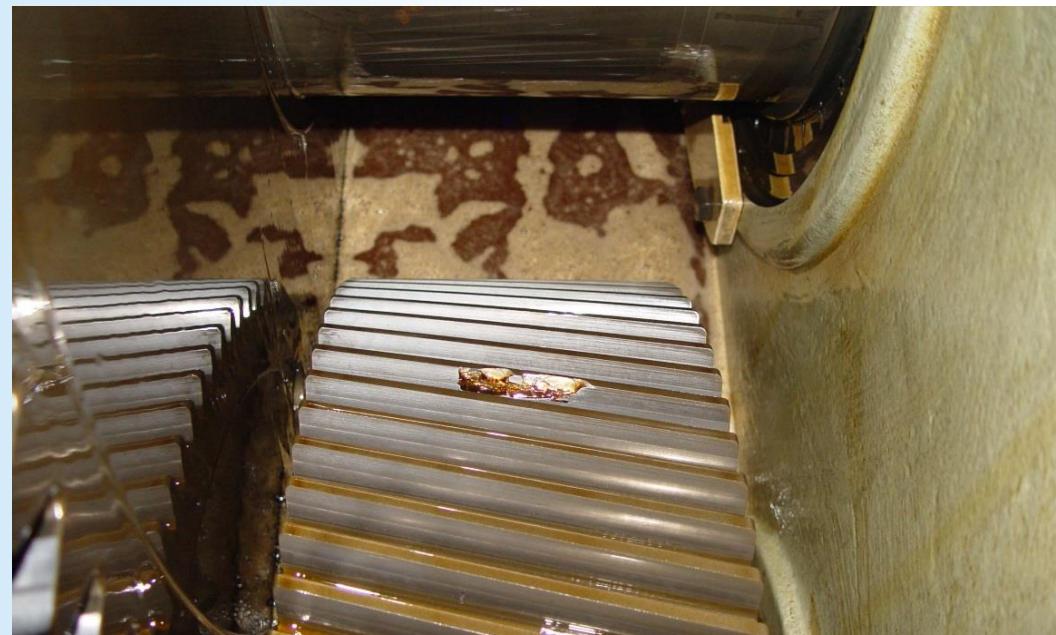
Frequenzselektive Überwachung

Umlaufende Zahnflankenschädigung



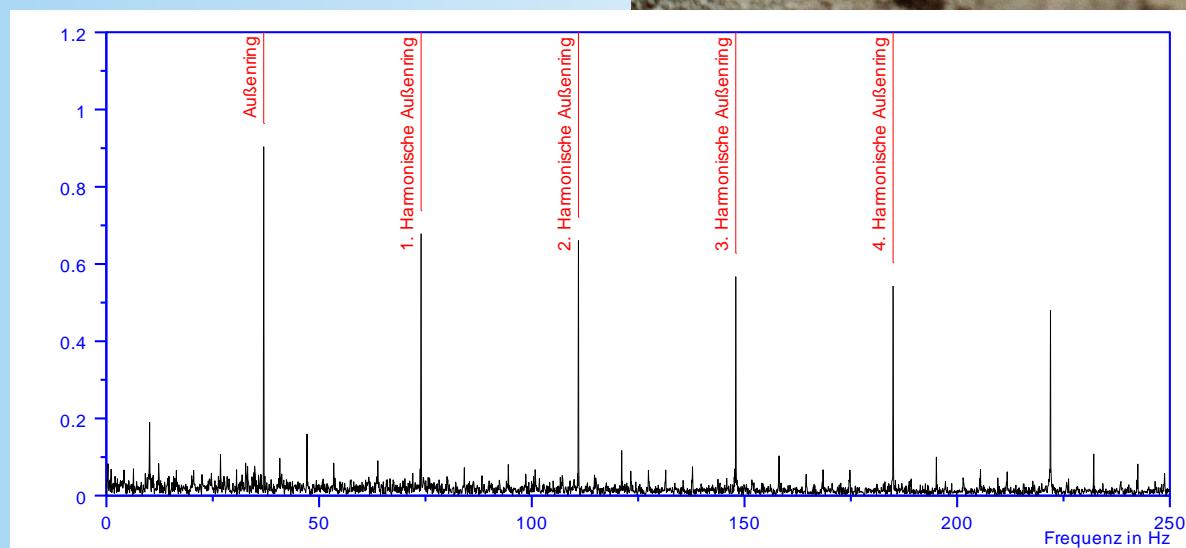
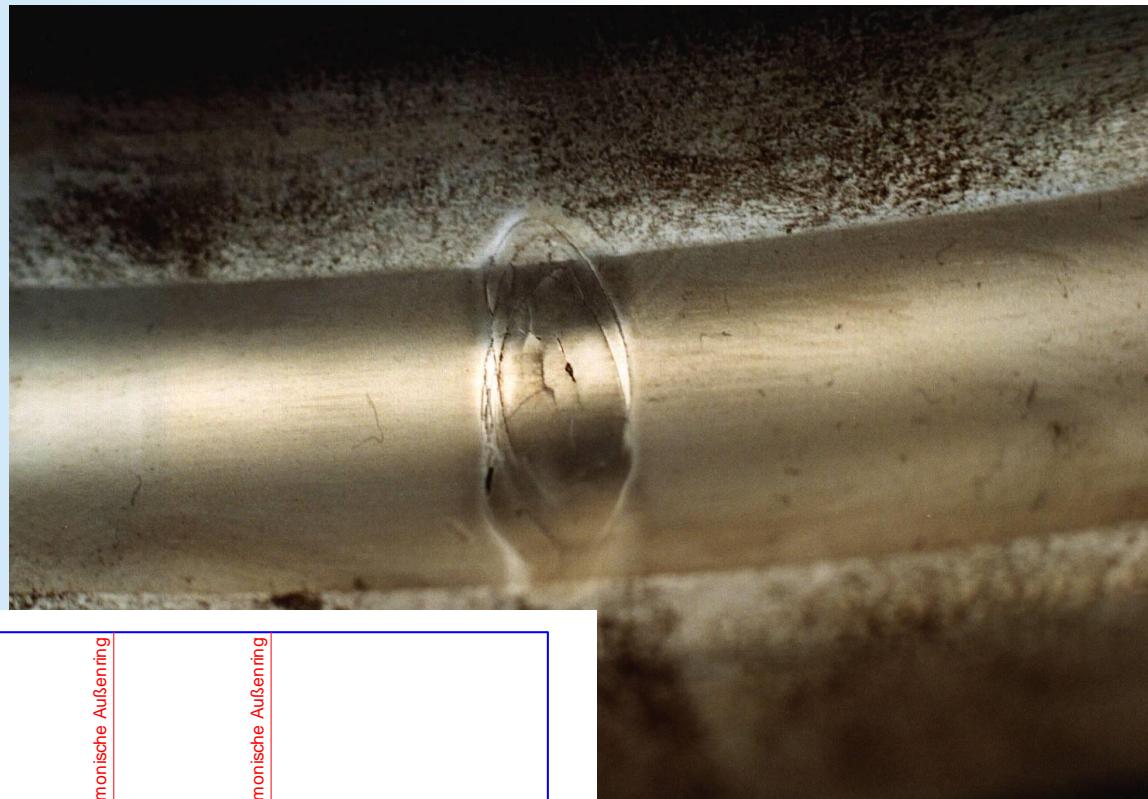
Frequenzselektive Überwachung

Lokaler Verzahnungsschaden

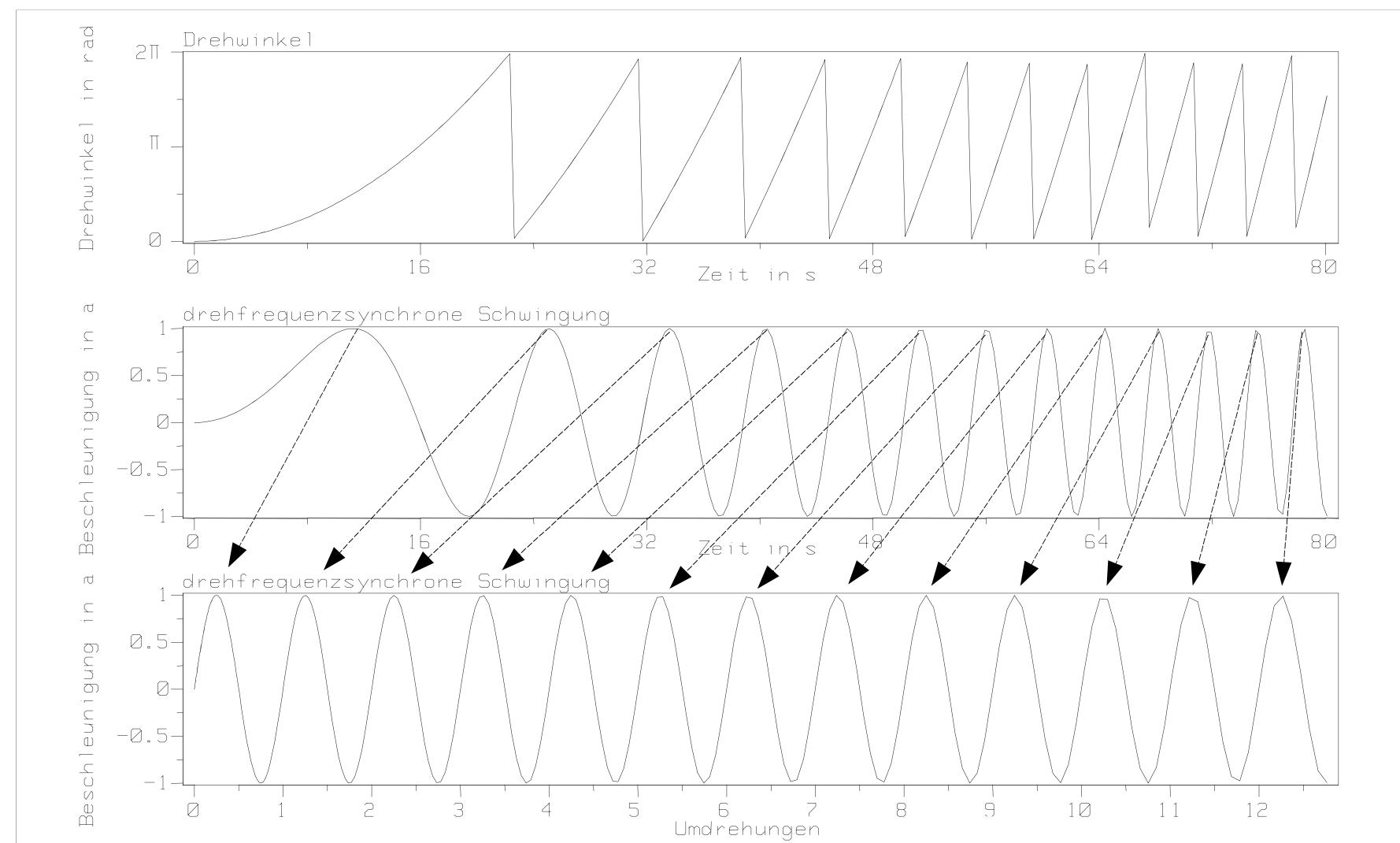


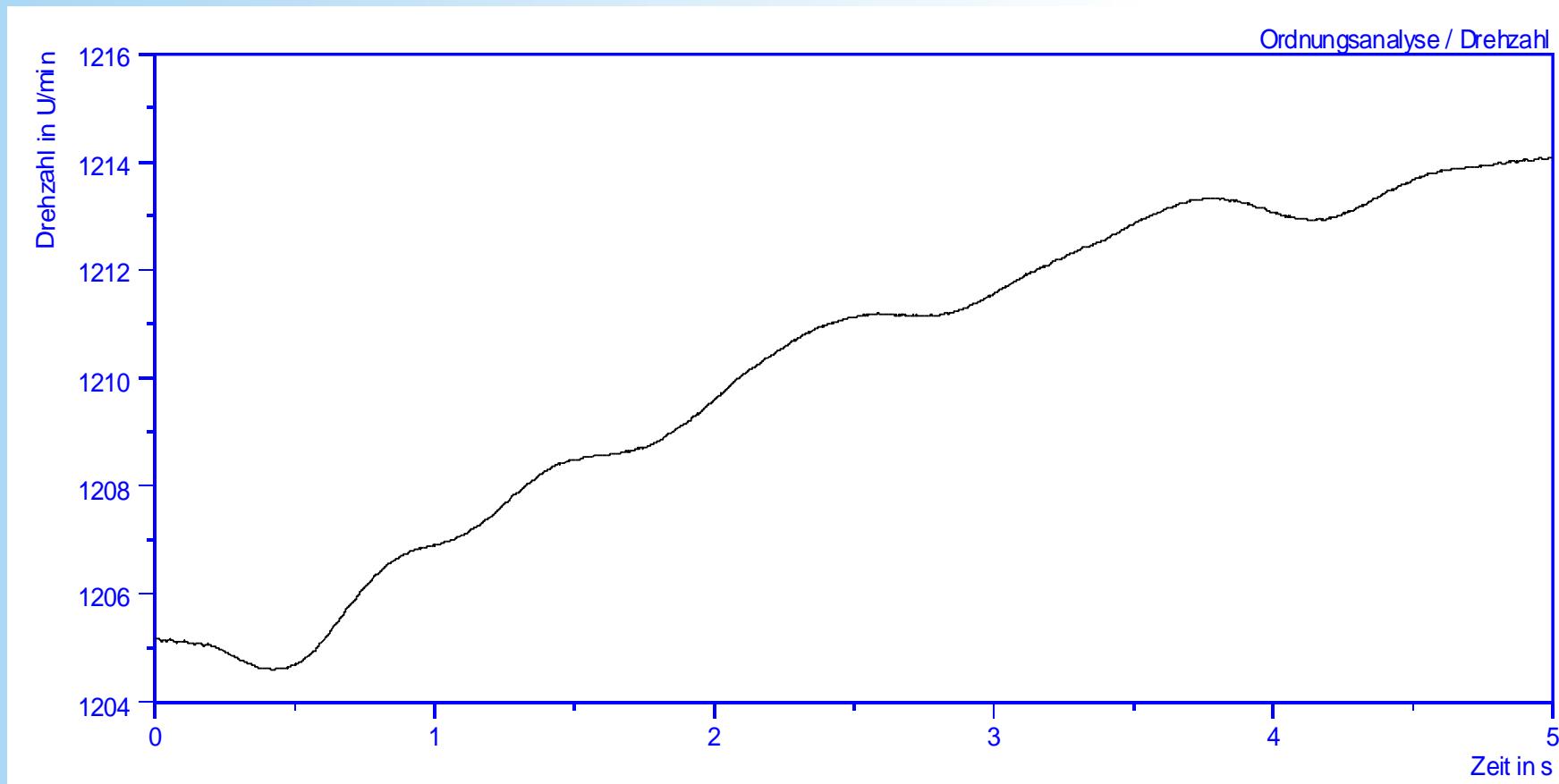
Frequenzselektive Überwachung

Wälzlager-Außenringschaden

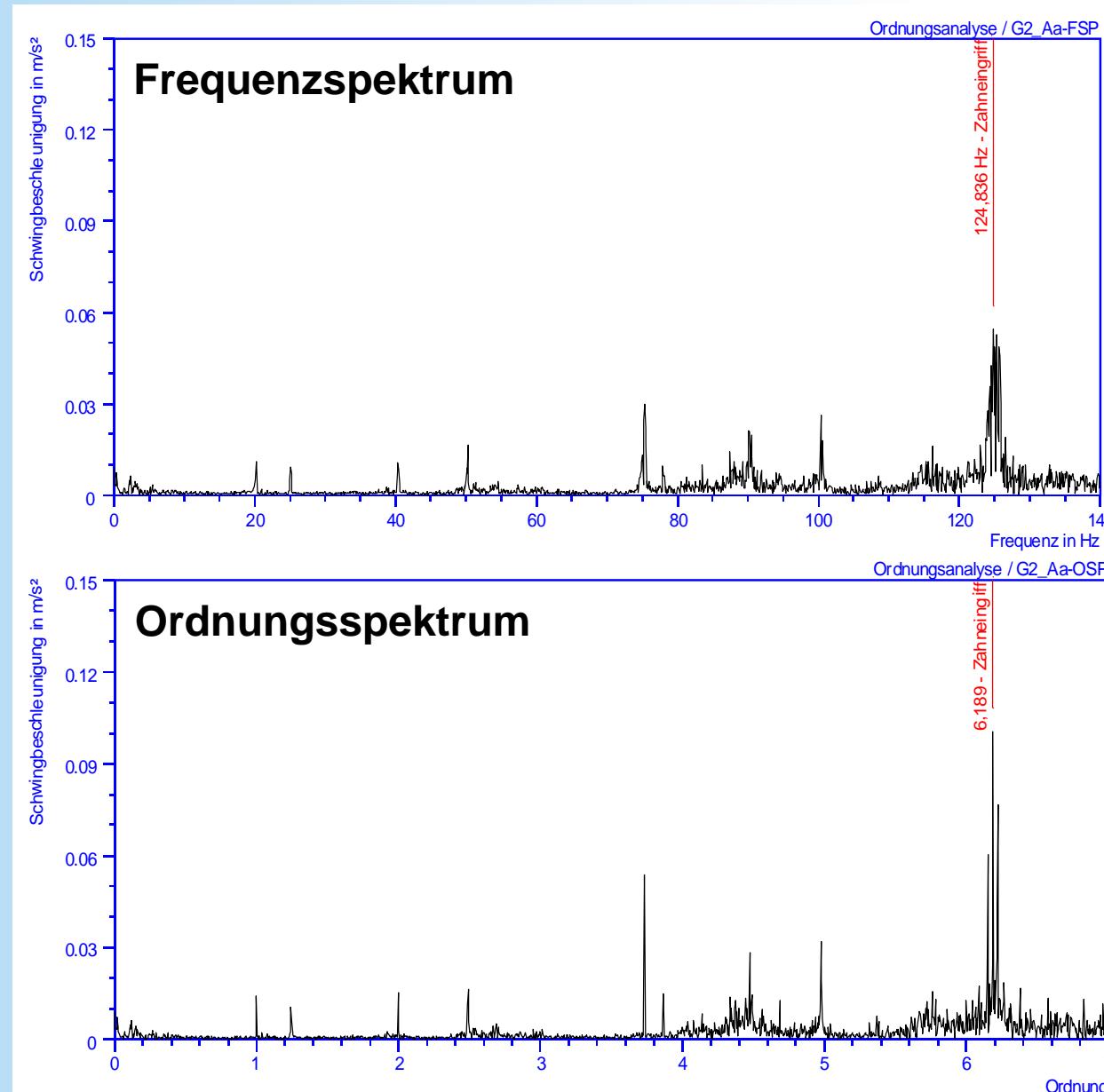


- ist ein Werkzeug zur Diagnose an drehzahlvariablen Antrieben
- ist schon bei geringer Drehzahlwelligkeit unbedingt anzuwenden
- Frequenzanalyse ist nur für die Analyse zeitbasierter Ereignisse sinnvoll
- Ordnungsanalyse dagegen analysiert Ereignisse drehwinkelbasiert
- Bezug erfolgt in der Regel auf die Drehzahl einer Referenzwelle,
meist schnelle Welle

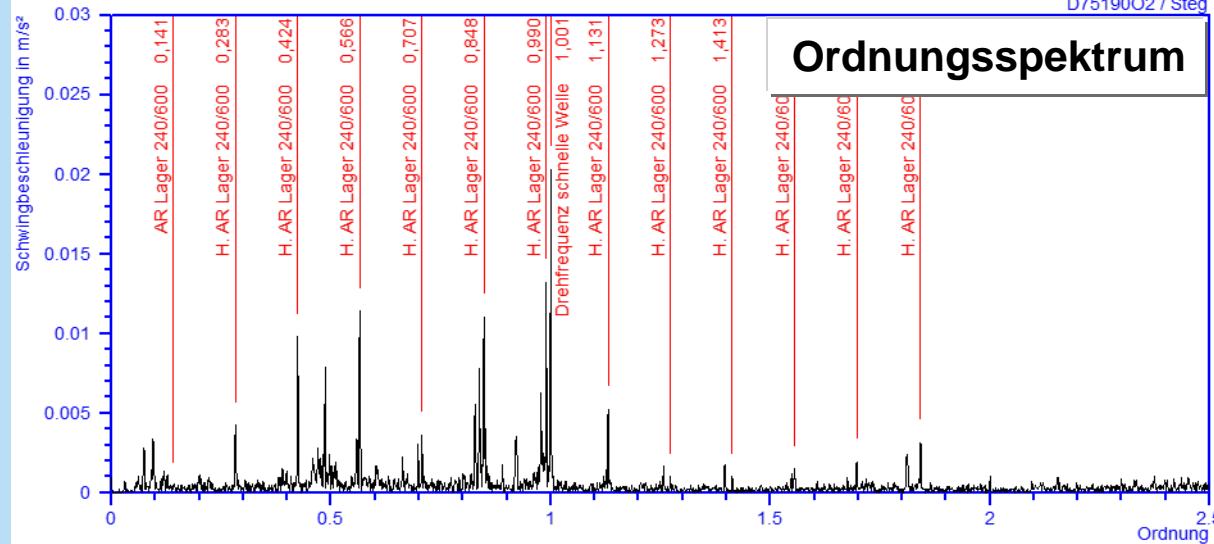
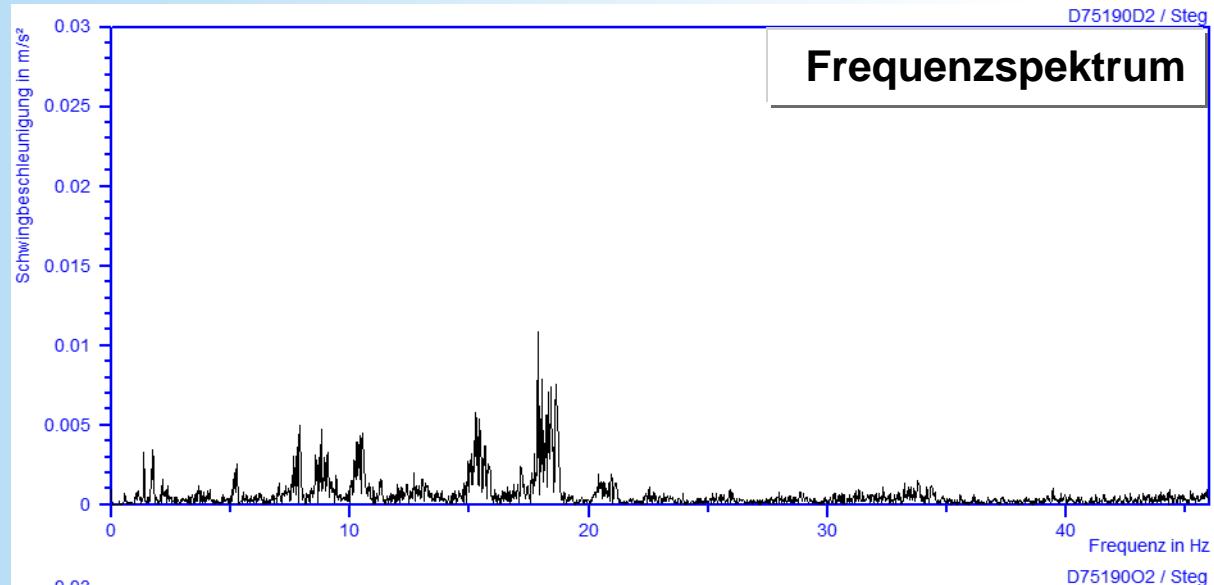




Spektrum, drehzahlstarre WEA, Seitenbänder zum ZE-Peak

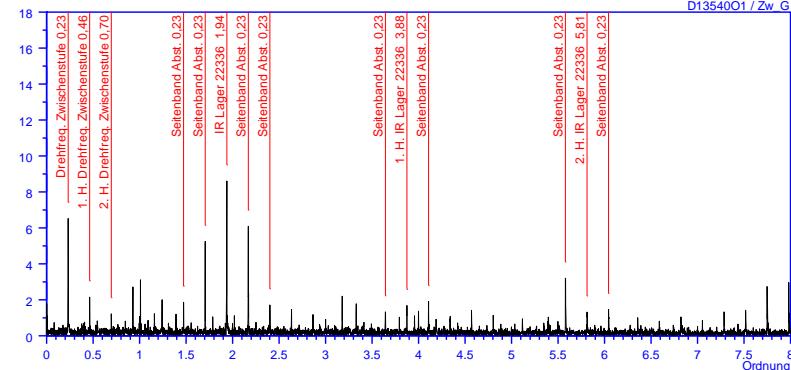
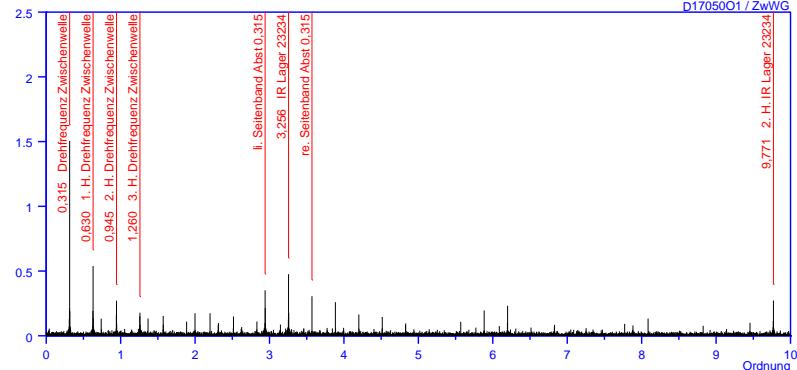


Beispiel drehzahlvariable Windenergieanlage, Schaden am Rotorlager



Automatisierung

Reine Amplitudenüberwachung ist schwierig



Fotos: Stöckl, M.: Verzahnungs- und Lagerschäden an Industriegetrieben. Vortrag in Berlin, 8. November 2005

Reine Amplitudenüberwachung ist schwierig

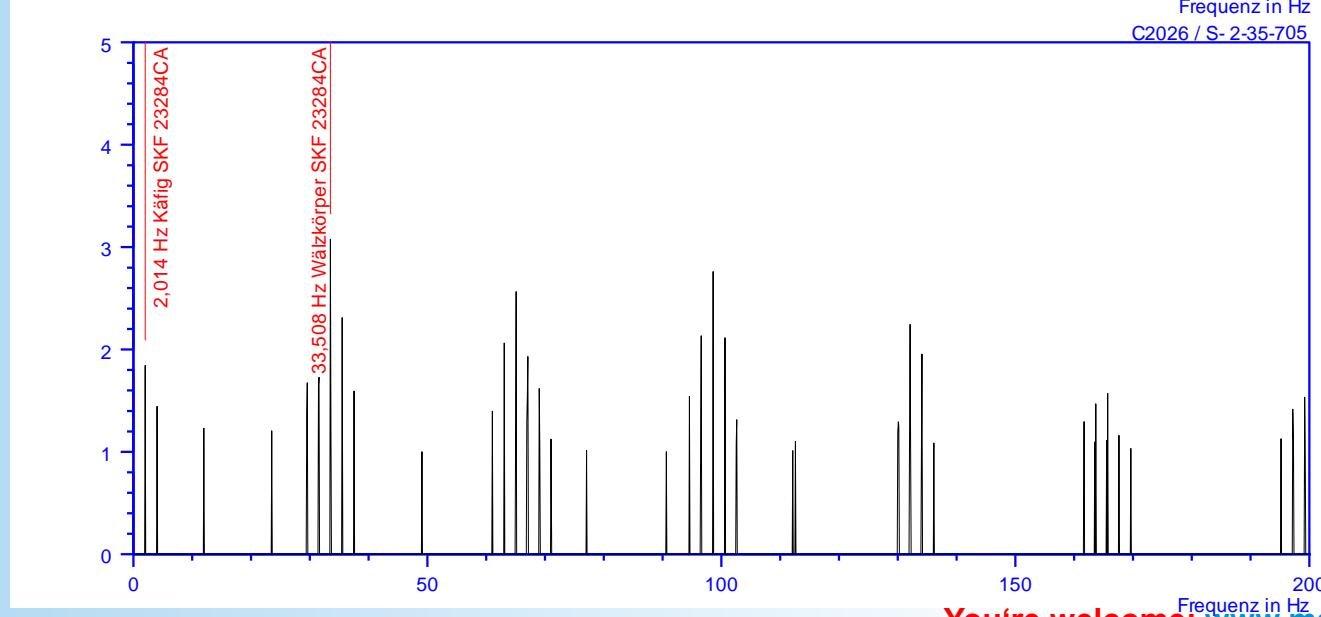
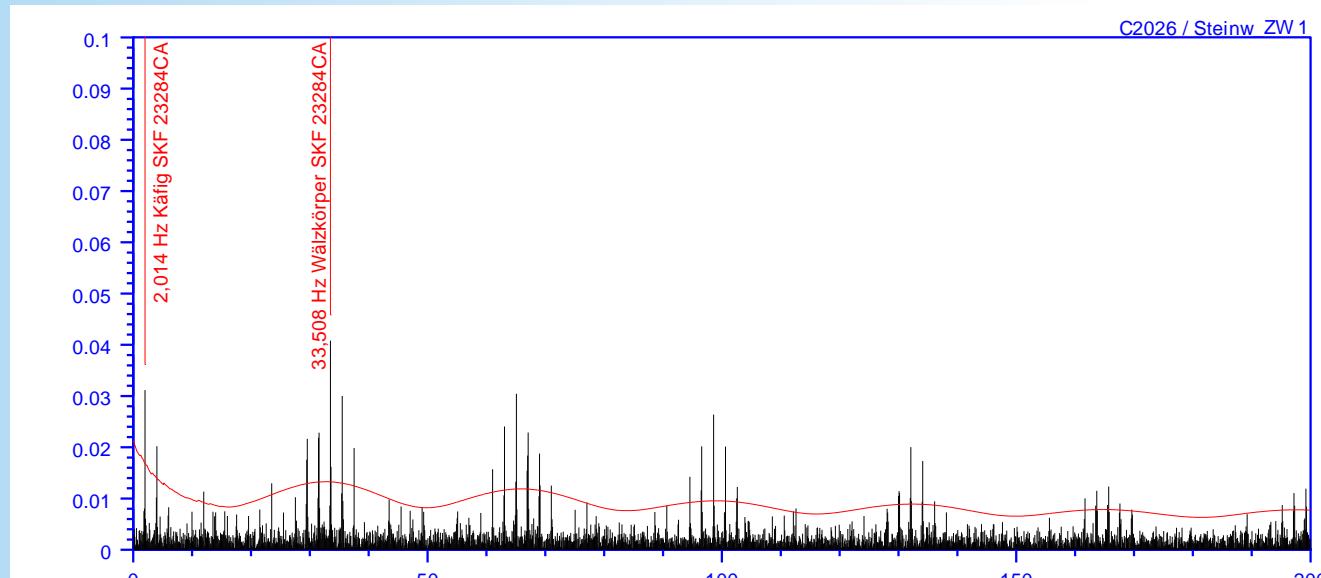
- Das Diagnosegerät erfasst nur ein Abbild der erzeugten Schwingungen.
- Einflüsse auf den Schalltransport werden nicht beachtet.
 - Schwingfreudigkeit der Gehäusestruktur, Dämpfung
 - Einfluss der Fundamentierung
 - Resonanzen
 - Grenzübergänge

Zusätzlich bei Wälzlagern:

- Die Amplitude des originalen Stoßimpulses ist abhängig vom Ort der Schädigung, also von
 - der Lage zum Lastzonenmaximum und
 - der Relativbewegung zur Lastzone.
- Stoßimpulse werden durch Faltung übertragen. Die Qualität der angeregten Eigenfrequenzen hat Einfluss auf die Amplituden im Hüllkurvenspektrum.

- **Richtlinie aus dem Jahr 2007, 2013**
- **nennt Kennwerte und Kennfunktionen zur Beurteilung des Wälzlagerzustands und beschreibt deren Verwendung**
- **beschreibt Bewertungsstufen des Schadensausmaßes**

- Erfahrungen eines guten Diagnostikers
- komplexe Bewertung von Spektrum und Hüllkurvenspektrum
(bei Wälzlagenschäden)
- Trendbewertung
- Nutzung bezogener Größen
 - manuelle Definition von Grenzwerten
 - Lernphase zur Ermittlung des Referenzzustands
 - DVS-Analyse



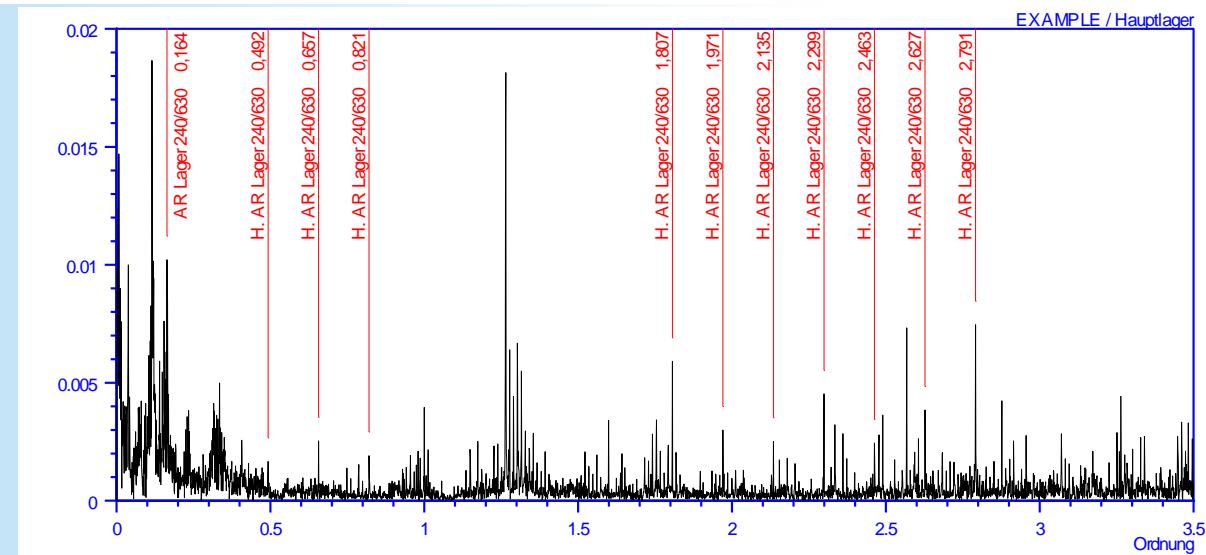
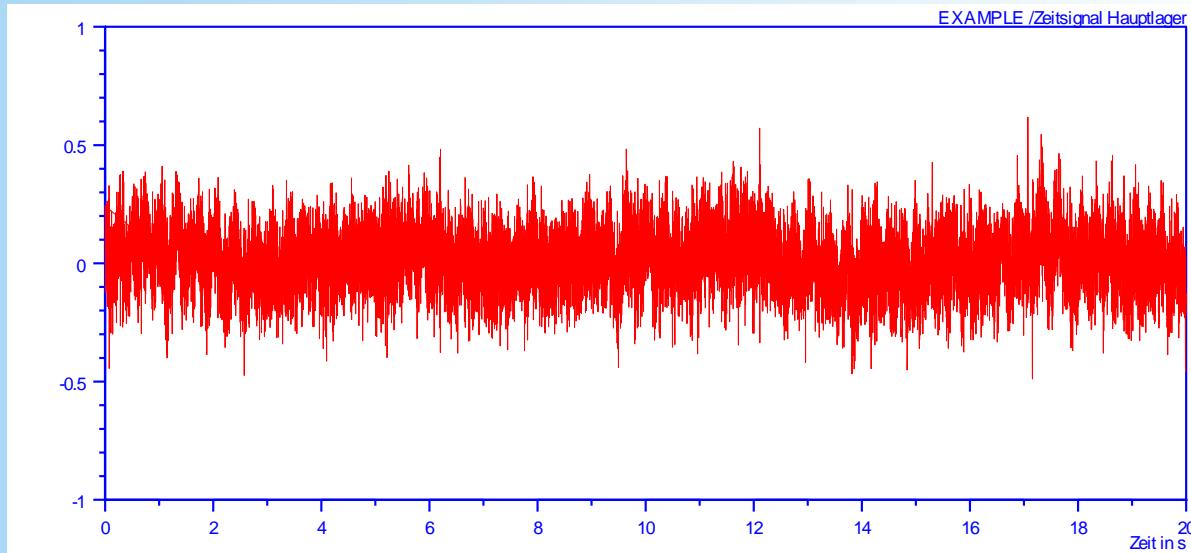
- Das DVS-Spektrum ermöglicht, signifikante Spektralanteile automatisch zu erkennen.
- Es wird auf alle Spektren, Hüllkurvenspektren, Ordnungsspektren und Hüllkurvenordnungsspektren angewandt.
- Der determinierte Bildungsalgorithmus ist experimentell abgesichert.

Die im DVS-Spektrum oder DVS-Hüllkurvenspektrum auffälligen Peaks werden anschließend anhand der Kinematik des Antriebs auf für Schäden typische Muster untersucht. Dem liegt die jeweilige kinematische Frequenz zugrunde, die über einen einstellbaren Toleranzbereich auf ein Frequenzband erweitert werden kann. Dies ist erforderlich, um

- einerseits Rechenun genauigkeiten auszugleichen sowie
- andererseits gerade bei Wälzlagern Schlupf zu kompensieren.

Unscharfe Analyse

Beispiel: Hauptlager an einer 600 kW WEA

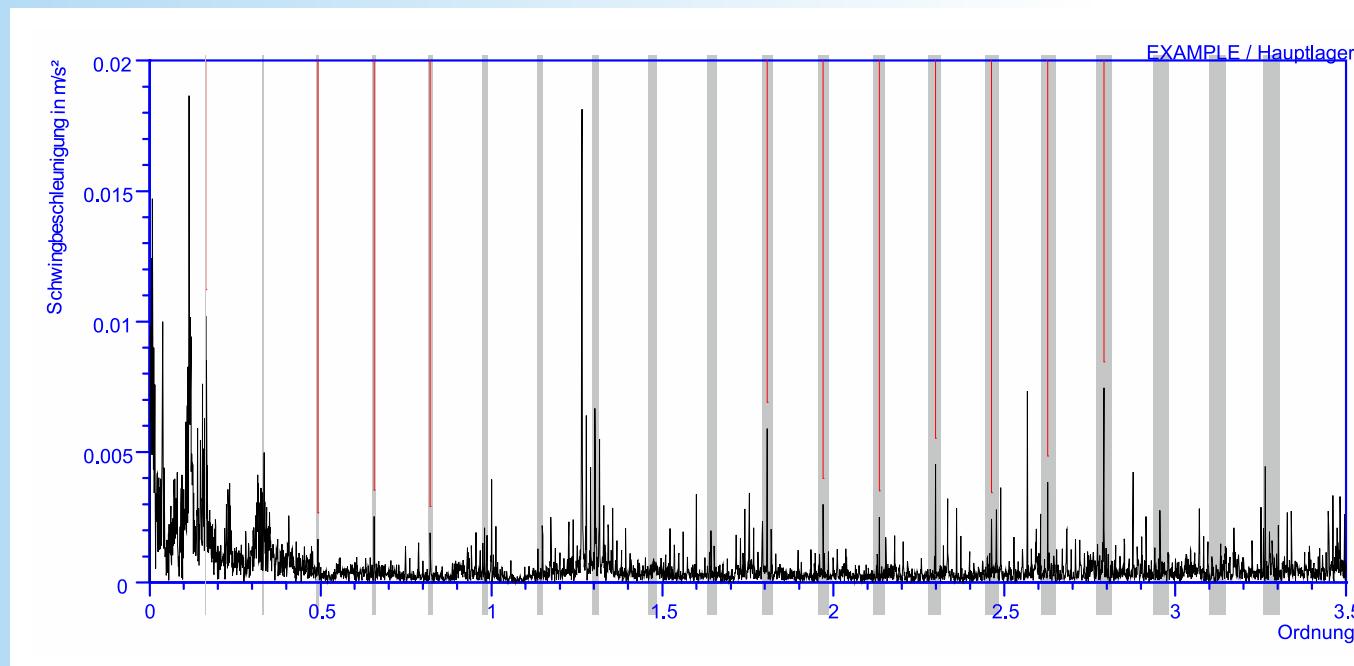


Unscharfe Analyse

Beispiel: Hauptlager an einer 600 kW WEA



Foto: Dipl.-Ing. Martin Veltrup



- **Kinematische Frequenzen, Harmonische und Seitenbänder**
- **k aus n**
- **Toleranzen**
- **Ausschlussverfahren**

Leistungsfähige Hardware ermöglicht heute die Implementierung umfangreicher Algorithmen zur komplexen Bewertung vieler Spektralanteile. Mit der Ordnungsanalyse, der DVS-Analyse und nun auch der unscharfen Analyse wird die automatische Arbeitsweise des Peakanalyzers weiter verbessert und damit der Personalaufwand weiter verringert.

Die erfolgreiche Automatisierung unter Beibehaltung einer mindestens so hohen Diagnosezuverlässigkeit wie bei Diagnose durch den Menschen ist die Voraussetzung für die Industrie-4.0-Fähigkeit von Condition Monitoring. Übergeordnete Systeme können unmittelbar auf digitale Meldungen des Diagnosesystems zugreifen.

Online: PeakAnalyzer

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



Offline: PeakStore

- 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