

# Automatisierte Wälzlagerüberwachung an getriebelosen WEA!

Vortrag im Rahmen der Windenergietage 2022,  
vom 8.-10. November 2022 in Linstow

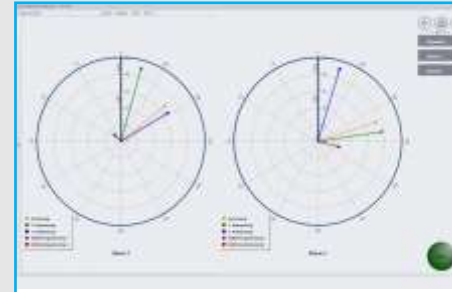
GfM Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH  
Köpenicker Straße 325, Haus 40  
12555 Berlin  
Tel 030 / 65 76 25 65  
Fax 030 / 65 76 25 64



Peakanalyzer



PeakStore5

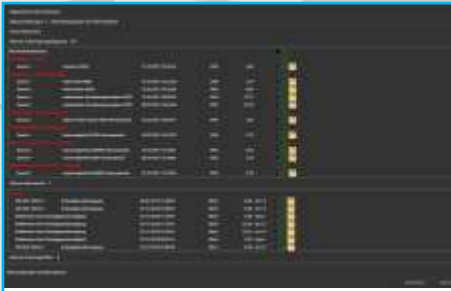


Betriebswuchten



Termine  
- 10.-11. Mai 2022  
- 11.-12. Oktober 2022

Seminar Condition Monitoring  
an Getrieben und Wälzlagern



Überwachung für Online CMS



mobile Schwingungsdiagnose



Getriebeinspektion und Videoendoskopie



Termine  
- 12. Mai 2022  
- 13. Oktober 2022

Seminar Peakanalyzer



Troubleshooting - Fehlersuche



Drehmomentmessung



Praxisworkshop Condition Monitoring  
an Getrieben und Wälzlagern

# Wer ist die GfM?

## Anwendungen in der Industrie



Krane



Schiffsentlader



Walzwerke



Seilbahnen



Schleusen, Hebewerke und Aufzüge



Tagebaugroßgeräte



Windenergieanlagen



Papierherstellung



Mühlen



Hubbrücken und Klappbrücken



Werkzeugmaschinen



# Wer ist die GfM?

## Vorzüge von Condition Monitoring



Gewinnsteigerung



Schutz von Mensch und Maschine



Der Umwelt zuliebe

Was haben Sie davon?



Condition Monitoring & Industrie 4.0

# 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**

# Kennwertüberwachung

## 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

**DIN ISO 10816 – Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen**

# Frequenzselektive Überwachung

## 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

## Ausgangssituation

- 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 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 0,1 Hz (3dB)  
Rotordrehfrequenzen von ca. 0,25 – 0,31 Hz

### Messzeit

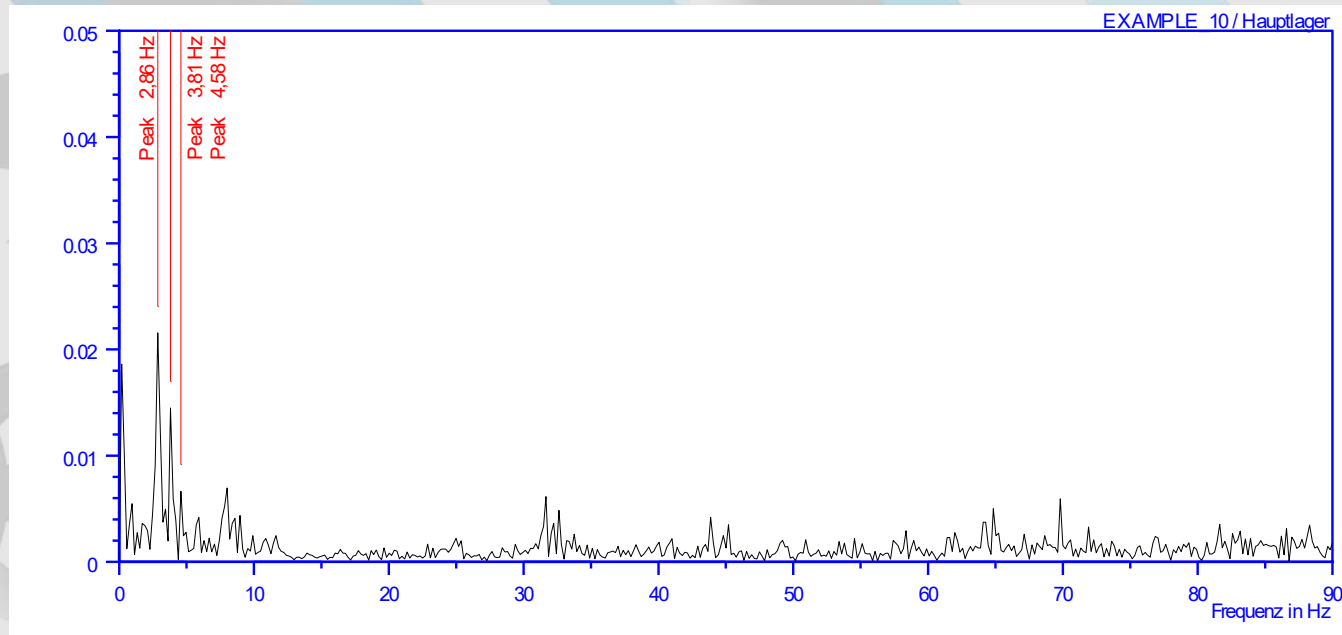
- frei einstellbar (> 180 s)

### Drehzahl

- Ordnungsanalyse

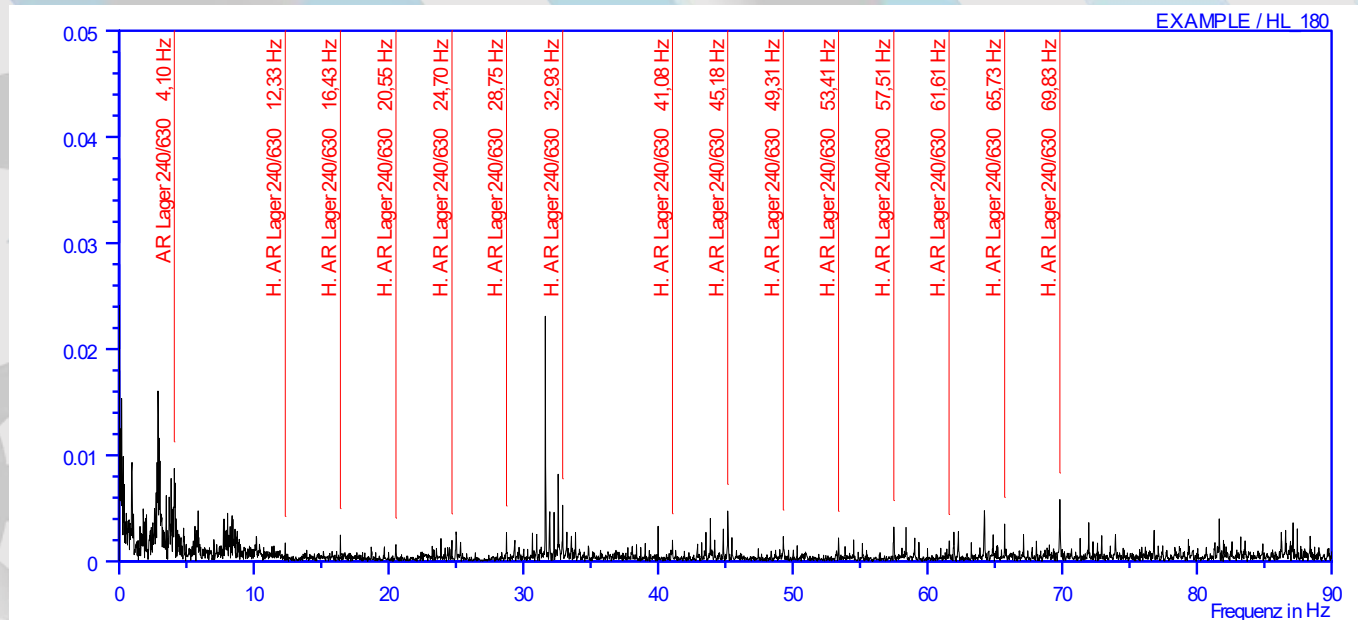
## Rechenbeispiel Messzeit 10s:

- 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

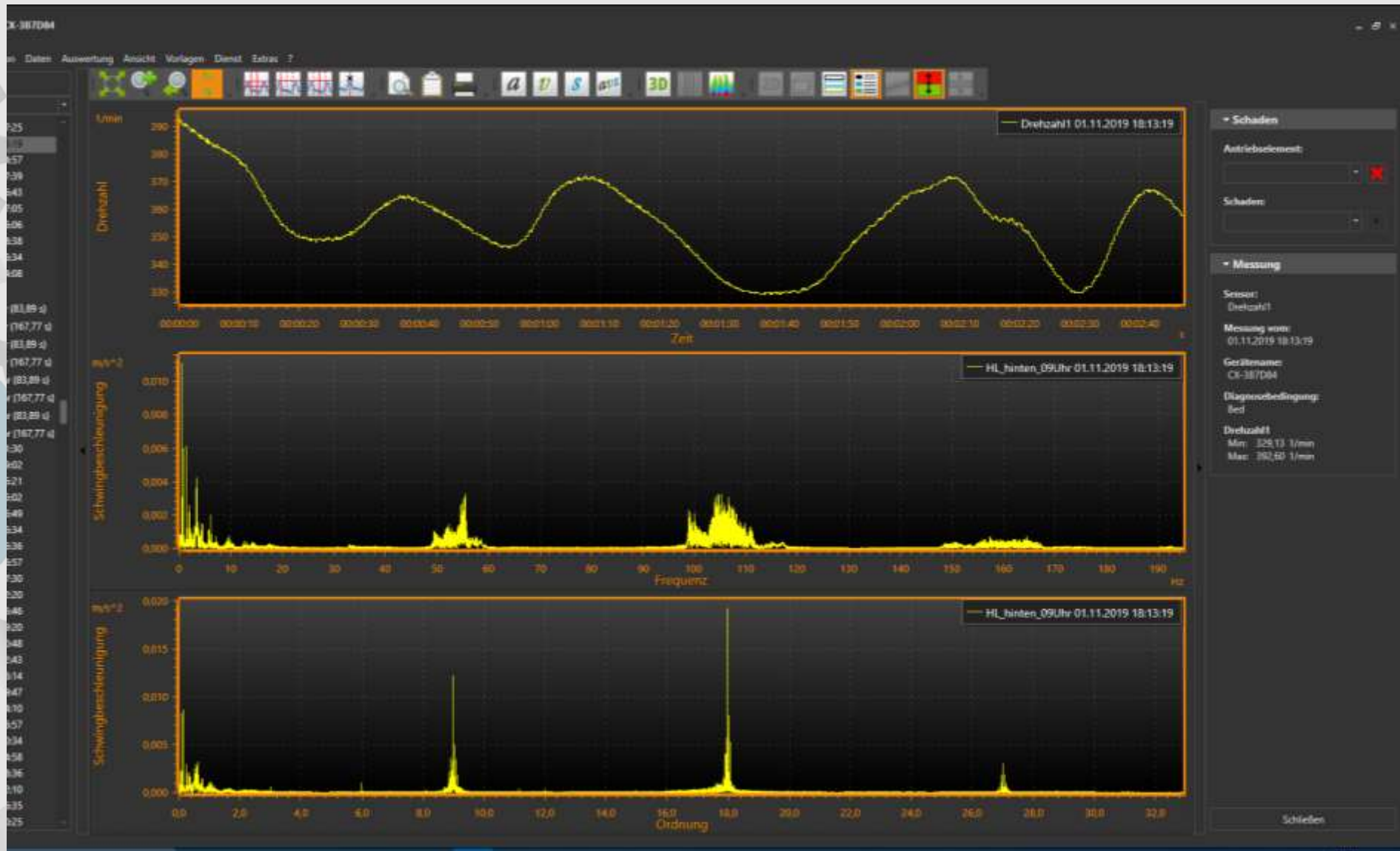


## Rechenbeispiel Messzeit 180s:

- 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

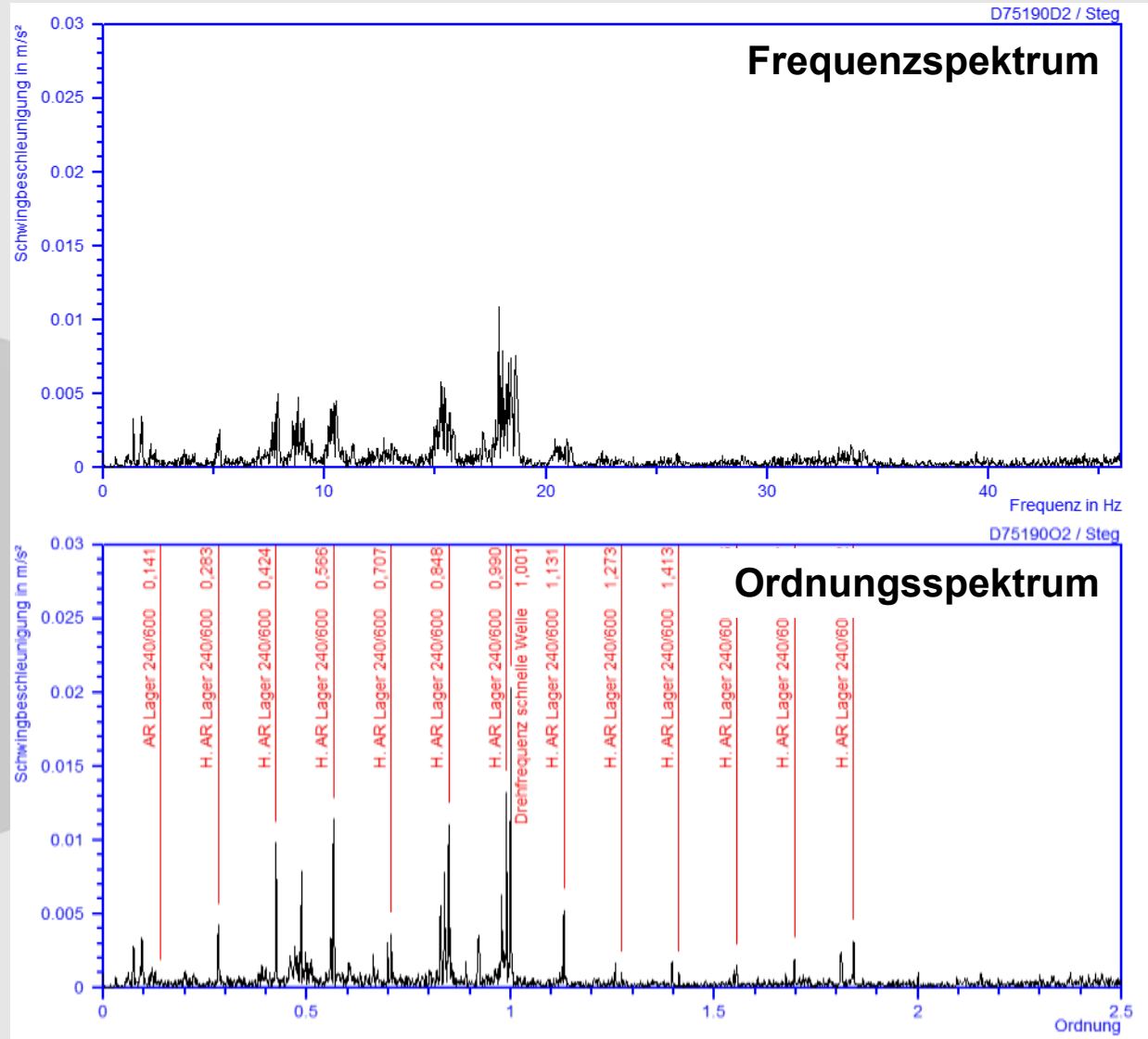


## Ordnungsanalyse (Resampling)





## Beispiel drehzahlvariable Windenergieanlage, Schaden am Rotorlager

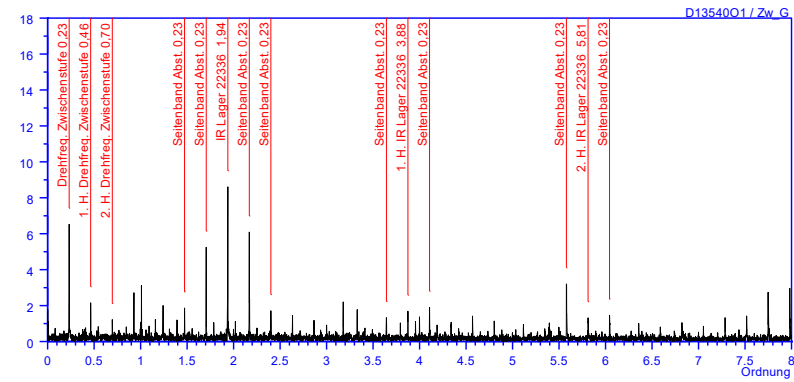
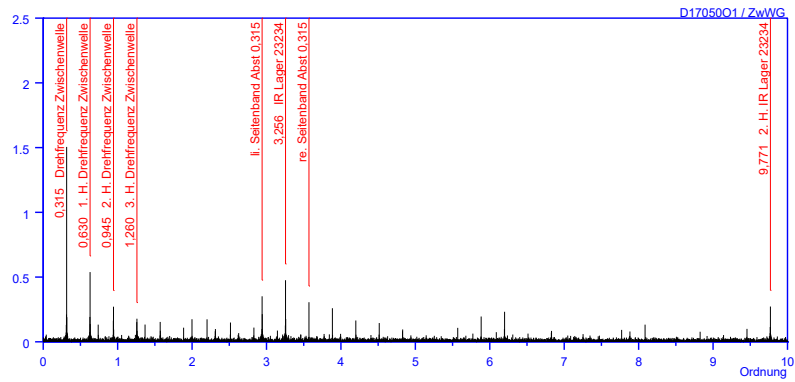


## Beispiel:



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

## reine Amplitudenüberwachung ist schwierig



Fotos: Stöckl, M.: Verzahnungs- und Lagerschäden an Industriegetrieben. Vortrag im Rahmen des Seminars Maschinendiagnose, Berlin, 2008

## reine Amplitudenüberwachung ist schwierig

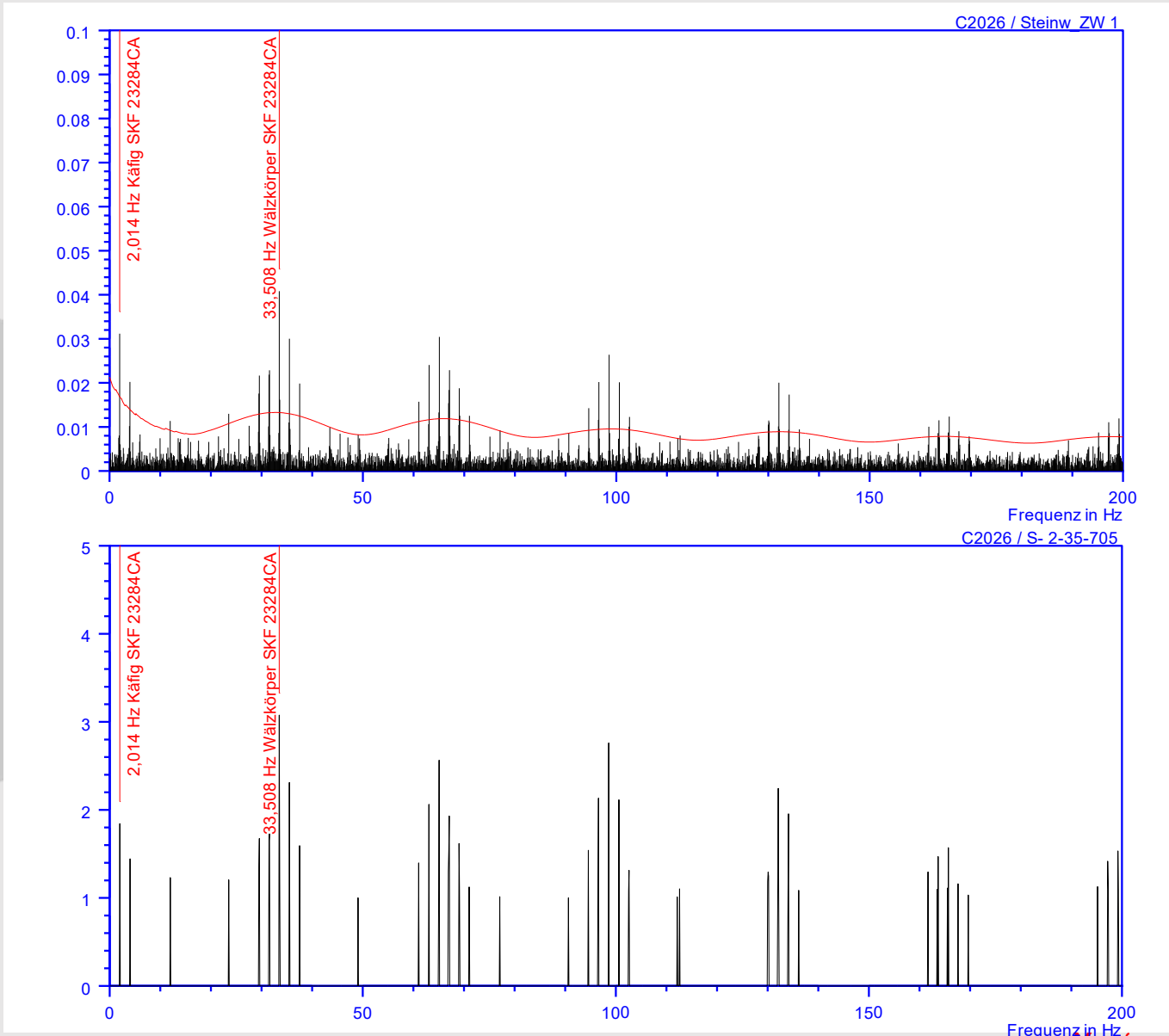
- Das Diagnosegerät erfasst nur ein Abbild der erzeugten Schwingungen.
- Einflüsse auf den Schalltransport werden nicht beachtet.
  - Schwingfreudigkeit der Gehäusestruktur, Dämpfung
  - Einfluss der Fundamentierung
  - Resonanzen
  - Grenzübergänge

### Zusätzlich bei Wälzlagern:

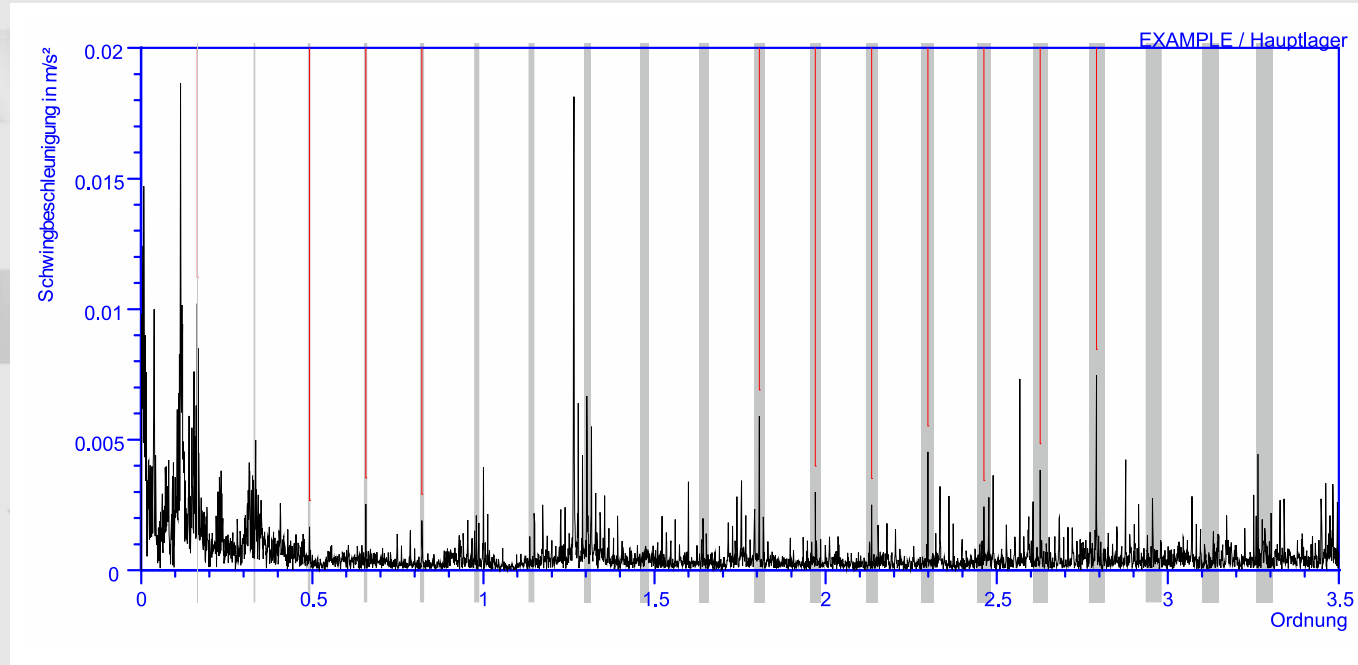
- Die Amplitude des originalen Stoßimpulses ist abhängig vom Ort der Schädigung, also von
  - der Lage zum Lastzonenmaximum und
  - der Relativbewegung zur Lastzone.
- Stoßimpulse werden durch Faltung übertragen. Die Qualität der angeregten Eigenfrequenzen hat Einfluss auf die Amplituden im Hüllkurvenspektrum.



## DVS-Analyse



## komplexe Überwachung vieler Spektralanteile



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

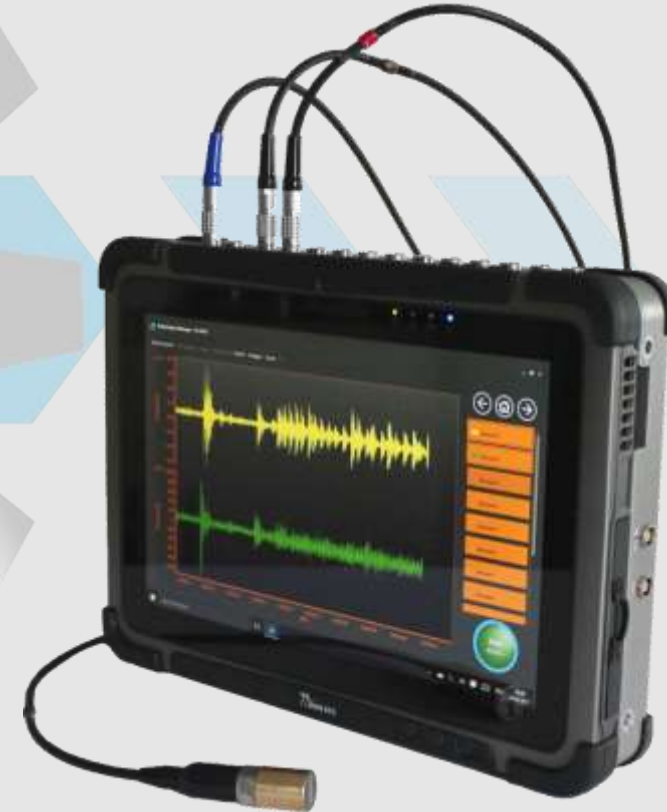
## Online: Peakalyzer

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



## Offline: PeakStore5

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



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

„Pläne machen und Vorsätze fassen bringt viele gute Empfindungen mit sich!“

Friedrich Wilhelm Nietzsche