

Schadens-Früherkennung an WEA-Tragstrukturen durch Schwingungs-Daten-Analyse

- Entwicklungen
- Erfahrungen
- Beispiele



Dipl.-Ing. Benjamin Krüger
Geschäftsleitung / CTO

B.Sc. Uli Köhler
Head of R&D

www.gepa-mbh.de
info@gepa-mbh.de

Ein Familienbetrieb seit 1970, heute in 2. Generation



1980
F&E Kernreaktor -



1990
F&E Automotive-



2001
F&E Luft & Raumfahrt-



2015
Kraftwerks - Strukturanalyse



→ Evolution in der Messtechnik



Multikanal-Systeme



Signalkonditionierung



rechnergestützte Messtechnik

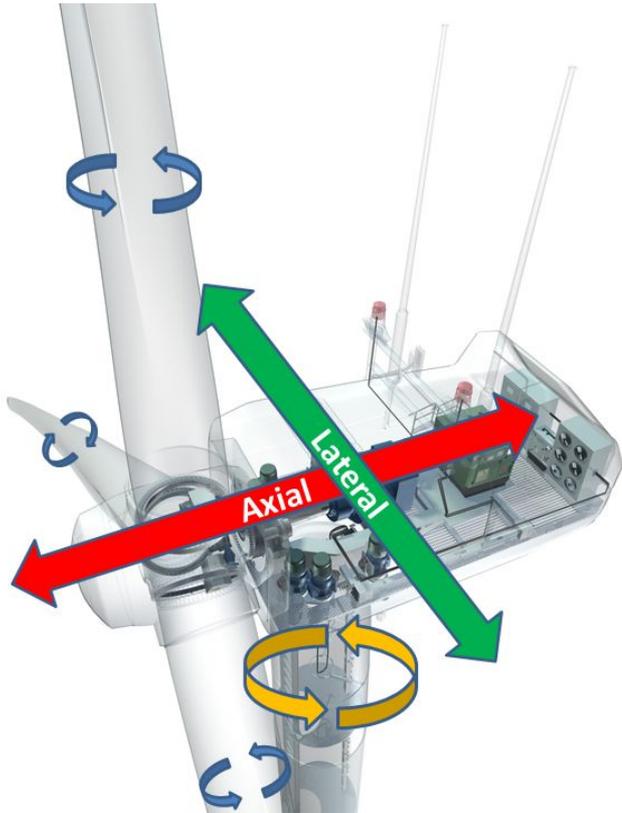


heute



digitale intelligente Sensorik

WEA Schwingungsanalyse:



Turmeigenfrequenz ?



Auffällige WEA ?

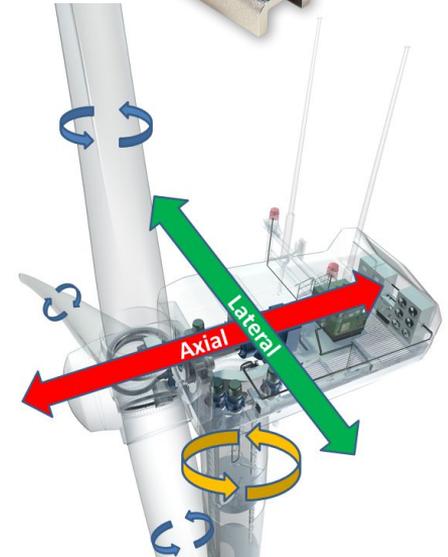


Strukturanalyse ?



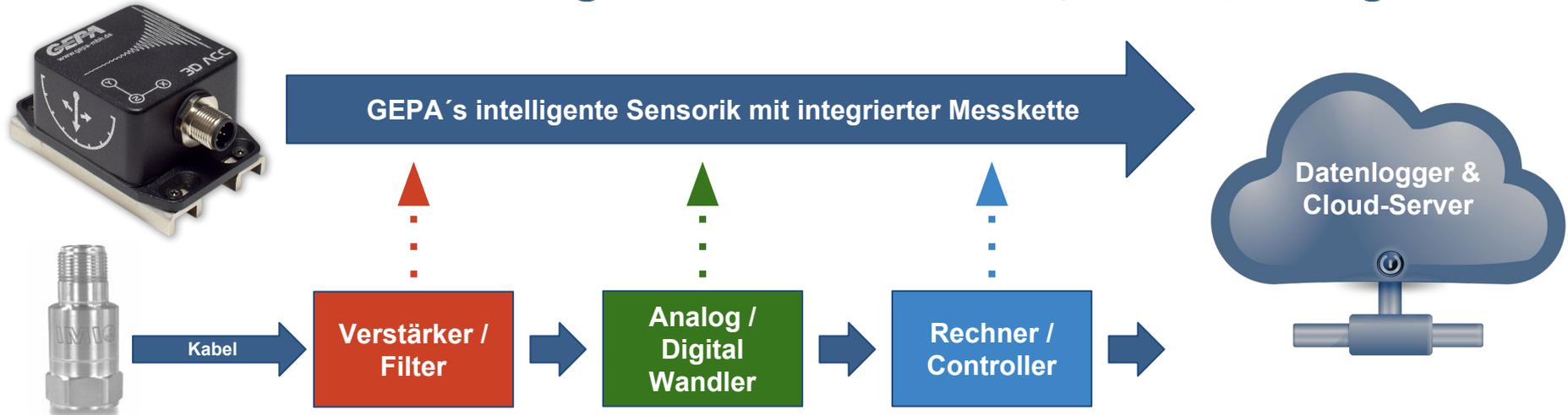
Windparkeffekt ?





- **Triaxialer Sensor** (axial, lateral, vertikal)
- Für **Beschleunigung, Neigung, Frequenz**
- Für **Schwingungsanalyse von 0,0 - 800 Hz**
- Für **Kurz- und Langzeitmessungen**
- **Plug & Play-Montage** und Inbetriebnahme

- **Robust** gegen Umwelteinflüsse da integrierte Messkette
- **Multifunktional** da programmierbar, **Abtastrate**, **Grenzwerte...**
- Für interne **Datenverarbeitung** (Fast Fourier Transformation)
- **Datenbereitstellung** über standardisierte Schnittstelle **Rs 485**
- Für die einfache **Integration in Netzwerke / Cloud**, da digital



Ziel: Weiterbetrieb > 20 Jahre - Wie ?

- **Früherkennung** von auffälligen WEA
- **Schadensprävention** durch **messtechnische Prüfung**
- Aufbau einer **Nachhaltigen Lasten-Dokumentation**

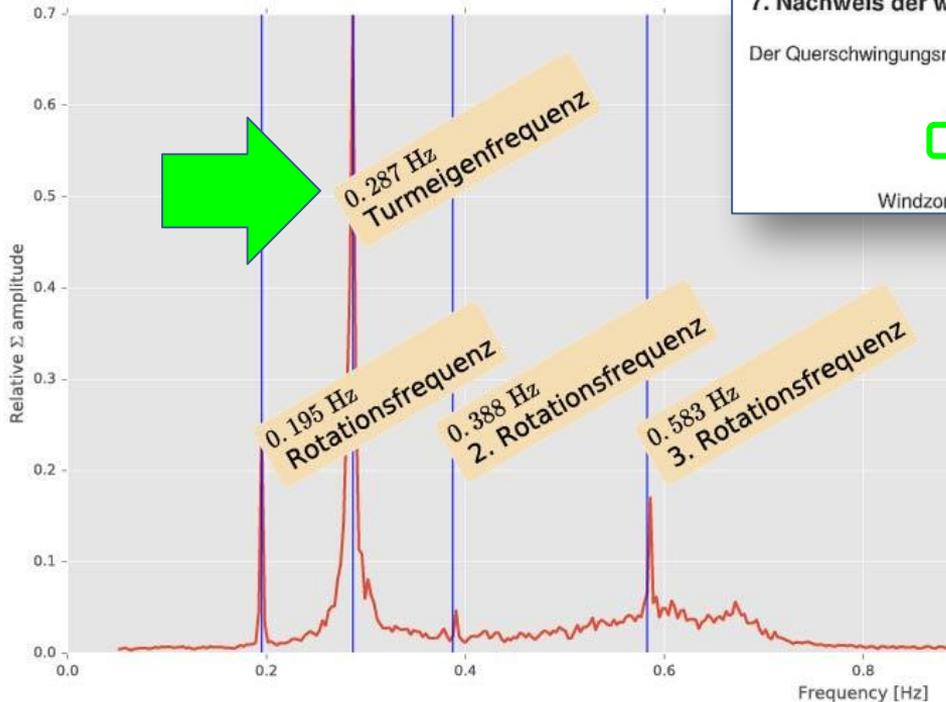
Risiken bei der üblichen Vorgehensweise:

- **Visuelle Inspektion & Simulation** erkennt Schäden **nicht / zu spät**
- **Mängel** an der Struktur zeigen sich **erst nach Jahren**
- **WEA Schwingungen** sind nur **messtechnisch erfassbar**
- **Vollwartung** ist **keine Garantie** für den **Weiterbetrieb**

- Eine veränderte **Eigenfrequenz** ist deutlicher **Schadensindikator**
- Die **Überwachung** von **Frequenzen**, der **Dämpfung** und der **Schwingung** ermöglicht eine **Schadensfrüherkennung**
- **Referenzdaten** notwendig (z.B. Typenprüfung, vergleichbare WEAs)



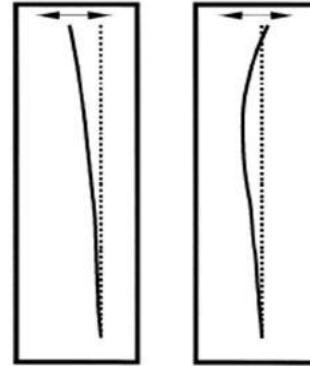
- ➔ Eigenfrequenz laut WEA-Typenprüfung: 0,285 Hz
- ➔ Erfolgreicher, messtechnischer Nachweis: 0,287 Hz

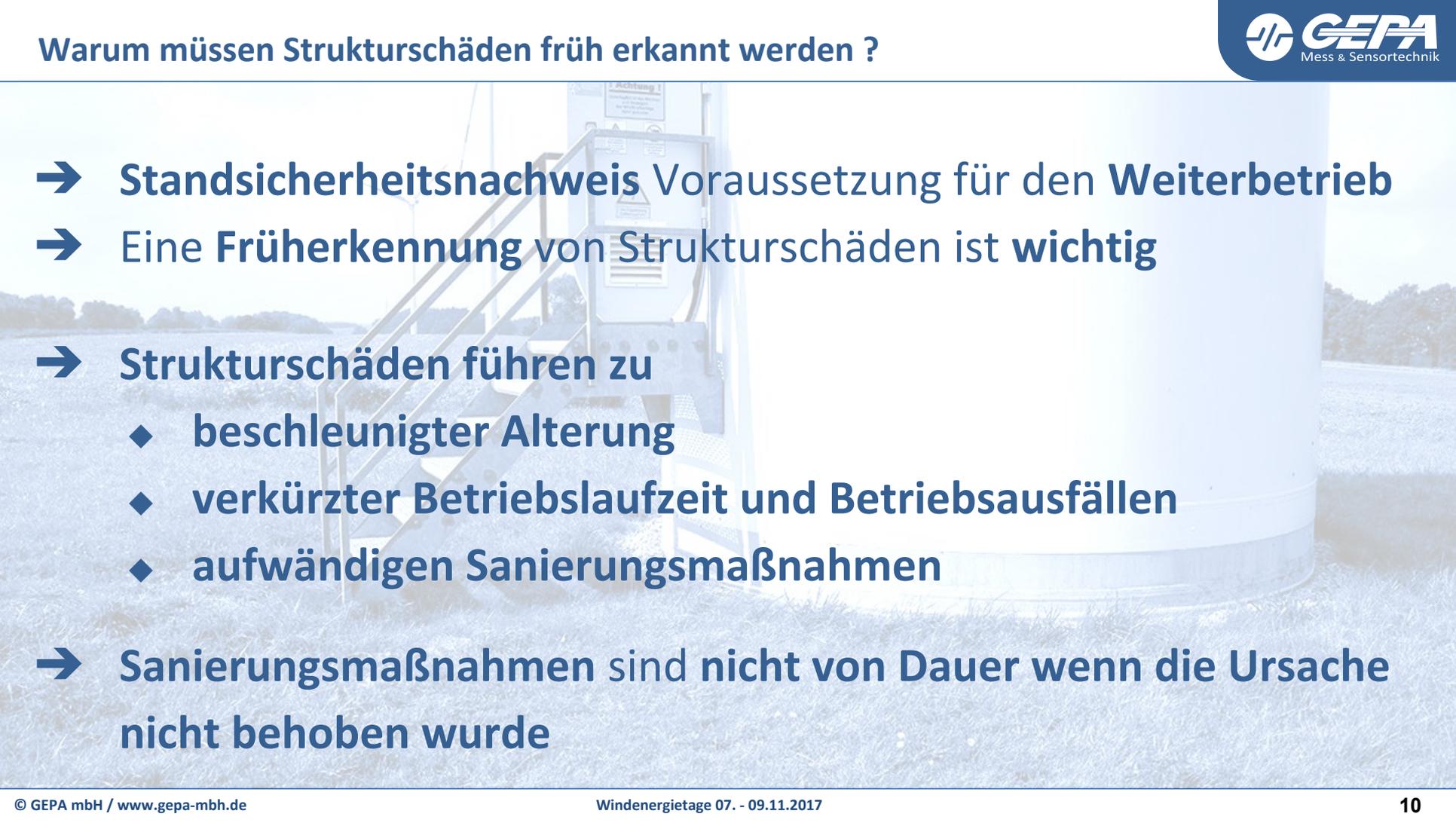


7. Nachweis der wirbelerregten Querschwingungen

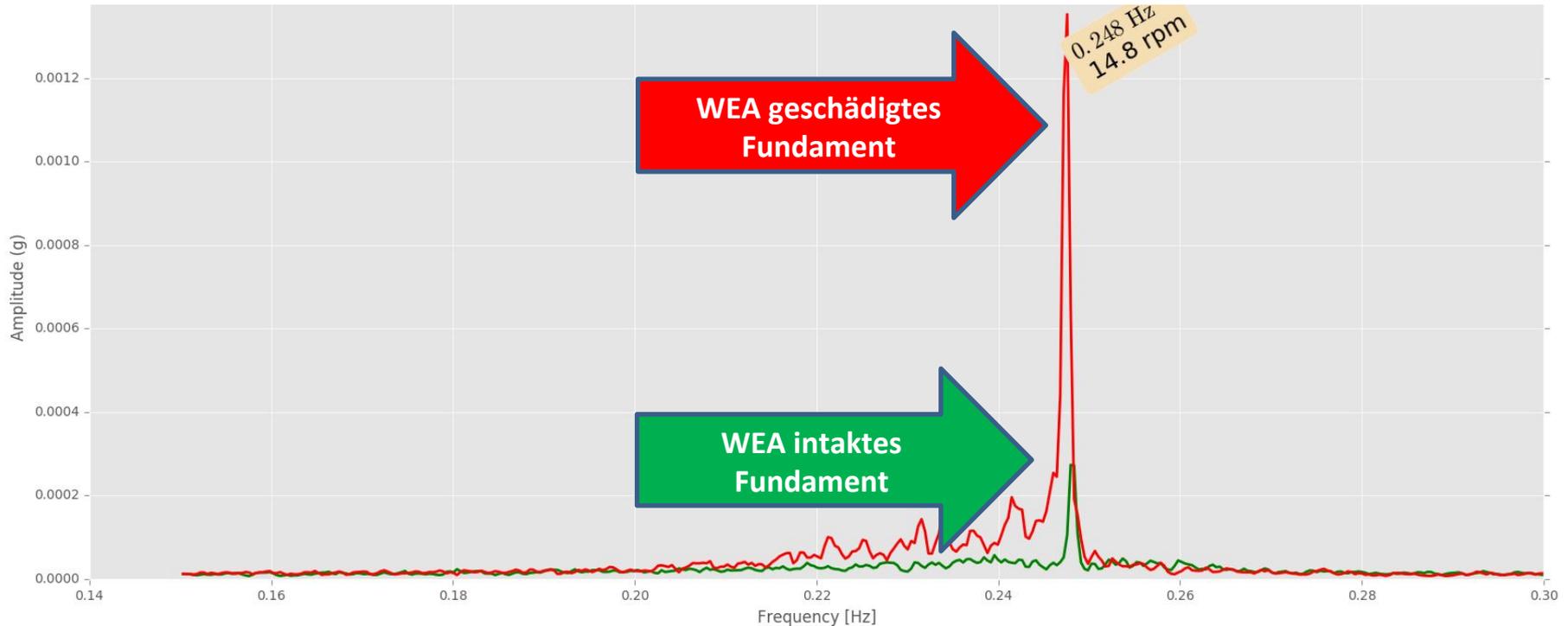
Der Querschwingungsnachweis wird nach dem Verfahren gemäß DIN EN 1991-1-4, Anhang NA. A, NA. B, E und F geführt.

St =	0,18	[-]	Strouhalzahl nach Tabelle E.1
f =	0,285	[Hz]	1. Eigenfrequenz vollständige Anlage (starre Einspannung)
f ₁ =	0,587	[Hz]	1. Eigenfrequenz ohne Gondel (Montagezustand)
Windzone =	IEC	3	



- 
- **Standortsicherheitsnachweis** Voraussetzung für den **Weiterbetrieb**
 - Eine **Früherkennung** von Strukturschäden ist **wichtig**
 - **Strukturschäden** führen zu
 - ◆ **beschleunigter Alterung**
 - ◆ **verkürzter Betriebslaufzeit und Betriebsausfällen**
 - ◆ **aufwändigen Sanierungsmaßnahmen**
 - **Sanierungsmaßnahmen** sind **nicht von Dauer** wenn die **Ursache nicht behoben** wurde

- Vergleich: geschädigtes Fundament - intaktes Fundament
- Ergebnis: **signifikante Unterschiede in den Amplituden**

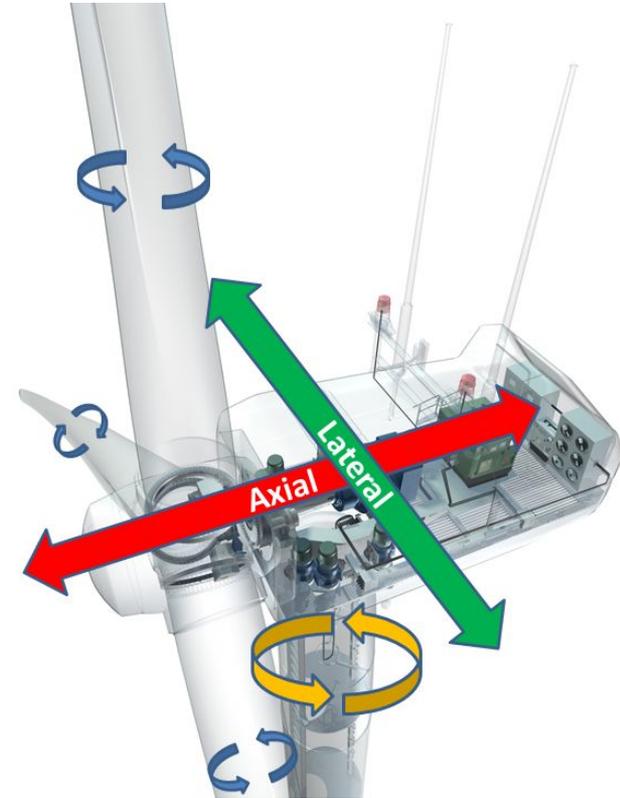


Unwuchten führen zu:

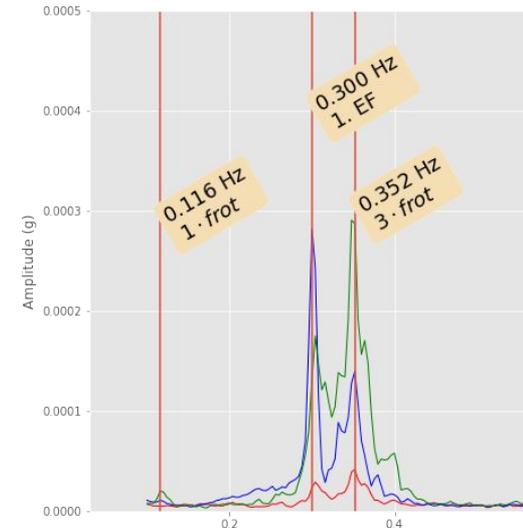
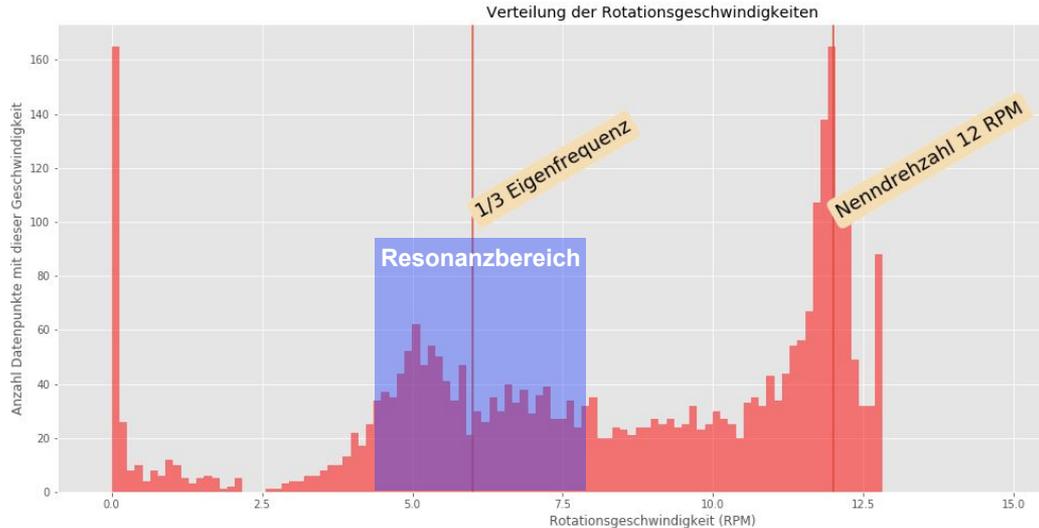
- Leistungseinbußen
- Materialermüdung
- Triebstrang- & Struktur-Schädigung

Diagnose:

- vor allem laterale Schwingungen
- Risiken von Resonanzen



- Nahe zusammenliegende Frequenzen können zu stark erhöhten Schwingungen führen
- Diagnose über Schwingungs- und SCADA-Daten Vergleich



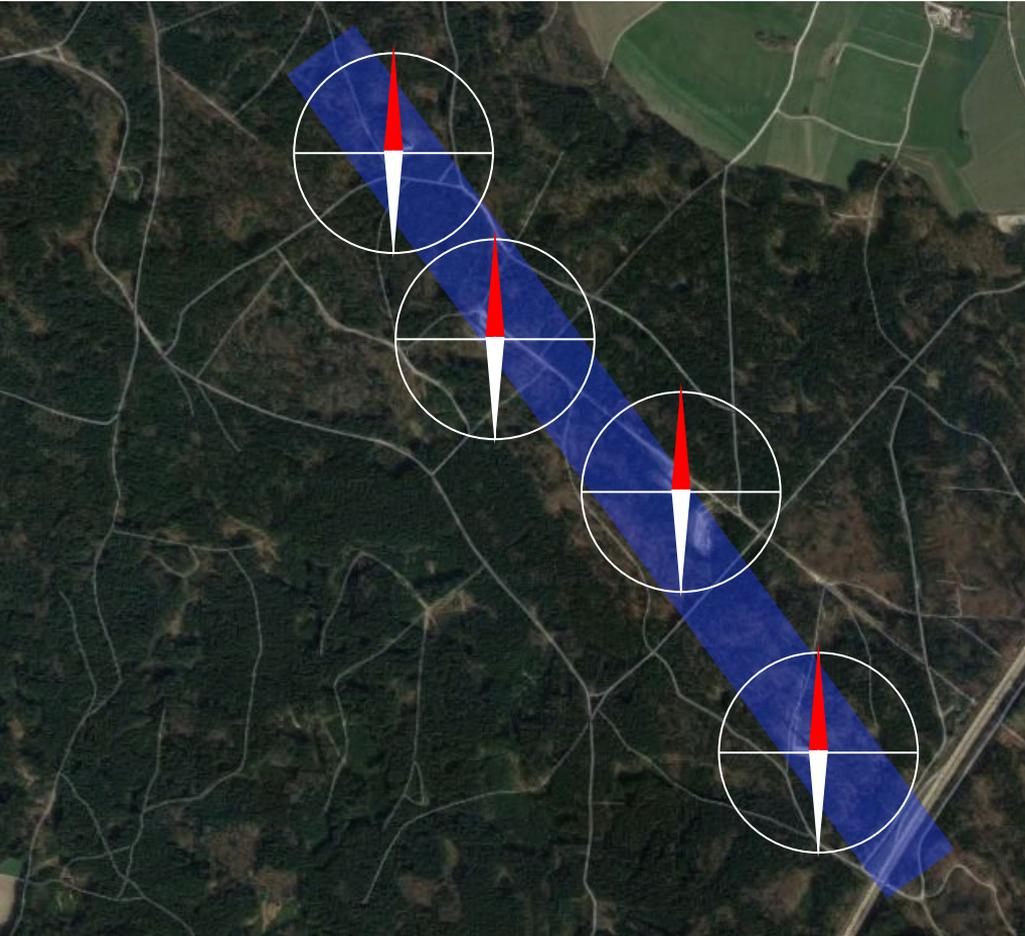
Nachlaufeffekt bei bestimmter **Windrichtung**

Stark **erhöhte Lasten** und Ermüdung von:

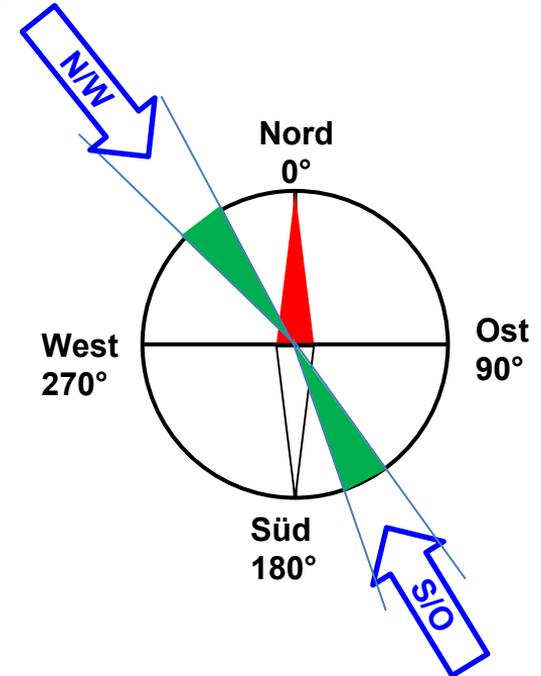
- Rotor & Triebstrang
- Turm
- Fundament

Einfluss nur **messtechnisch** erfassbar

Häufige Ursache für **strukturelle Schäden**



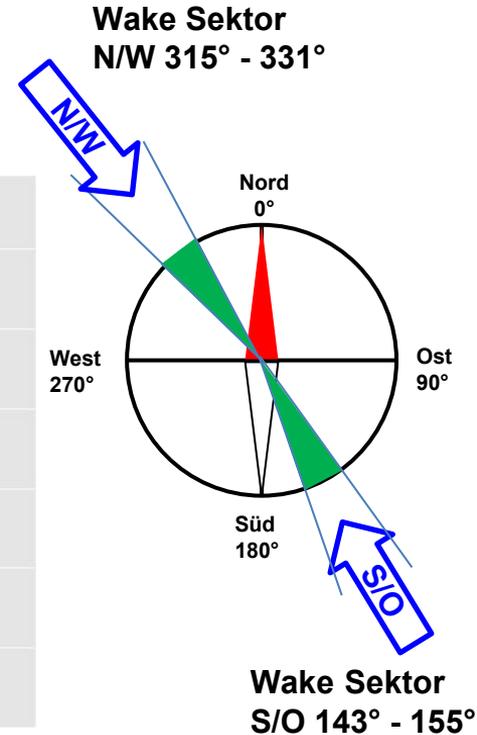
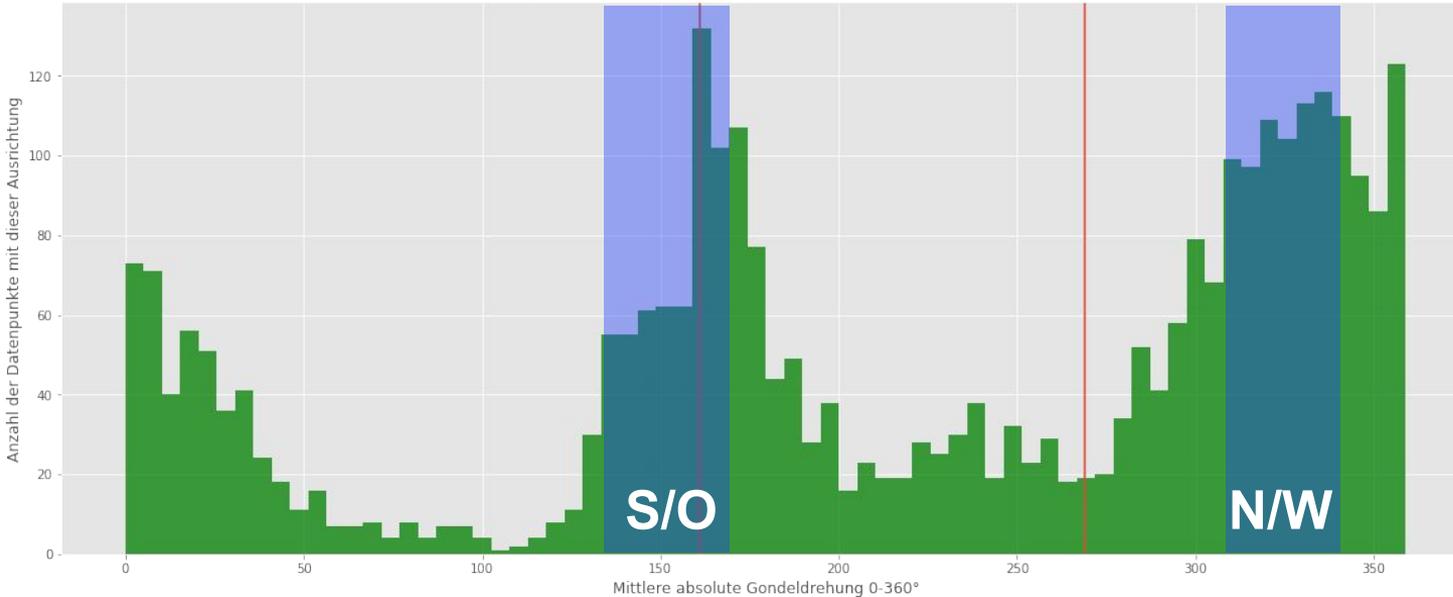
Wake Sektor
N/W 315° - 331°

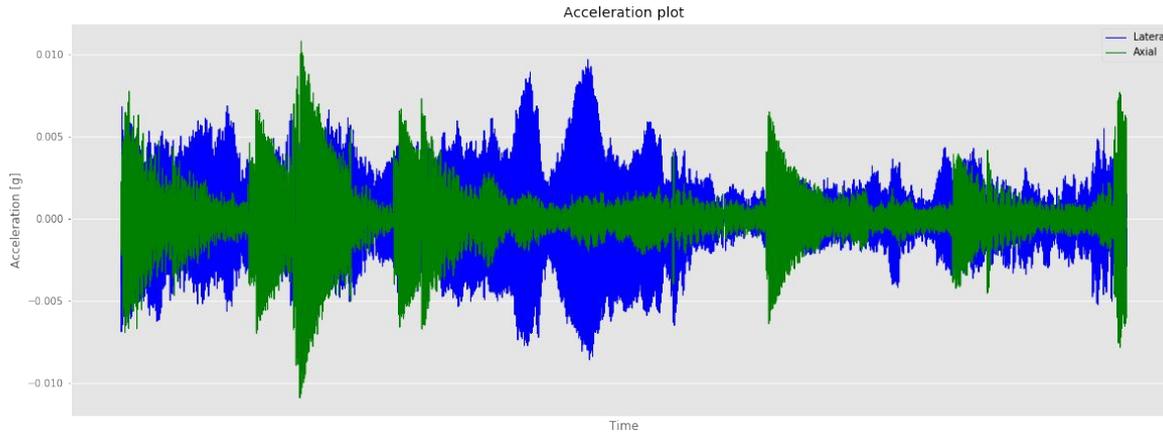


Wake Sektor
S/O 143° - 155°

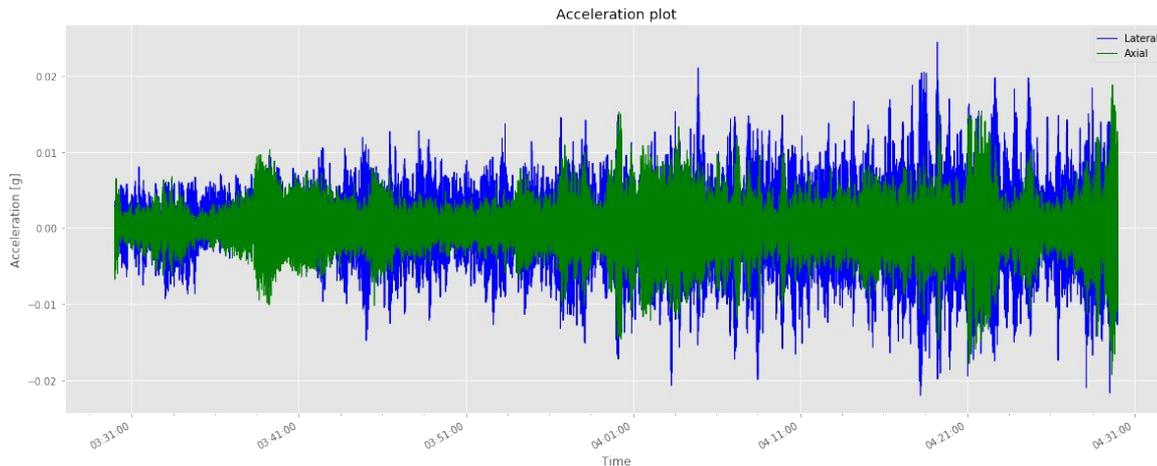
→ Vergleich der Gondelausrichtungen aus SCADA mit Wake-Sektoren aus Karte

Verteilung der Gondelausrichtungen (mrwAbGoPos). Rot: 161° & 269°



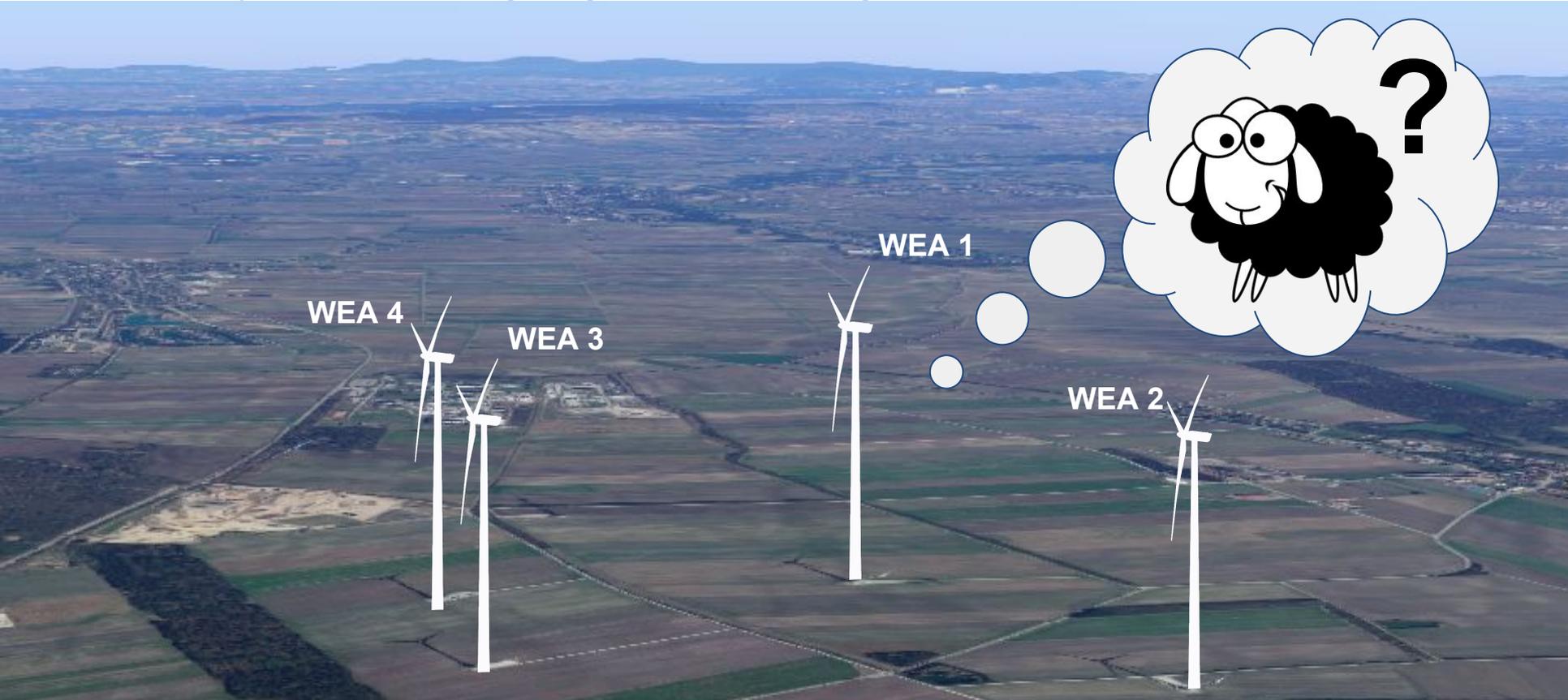


Innerhalb
Wake-Sektor
(Wird in Simulation
nicht betrachtet)

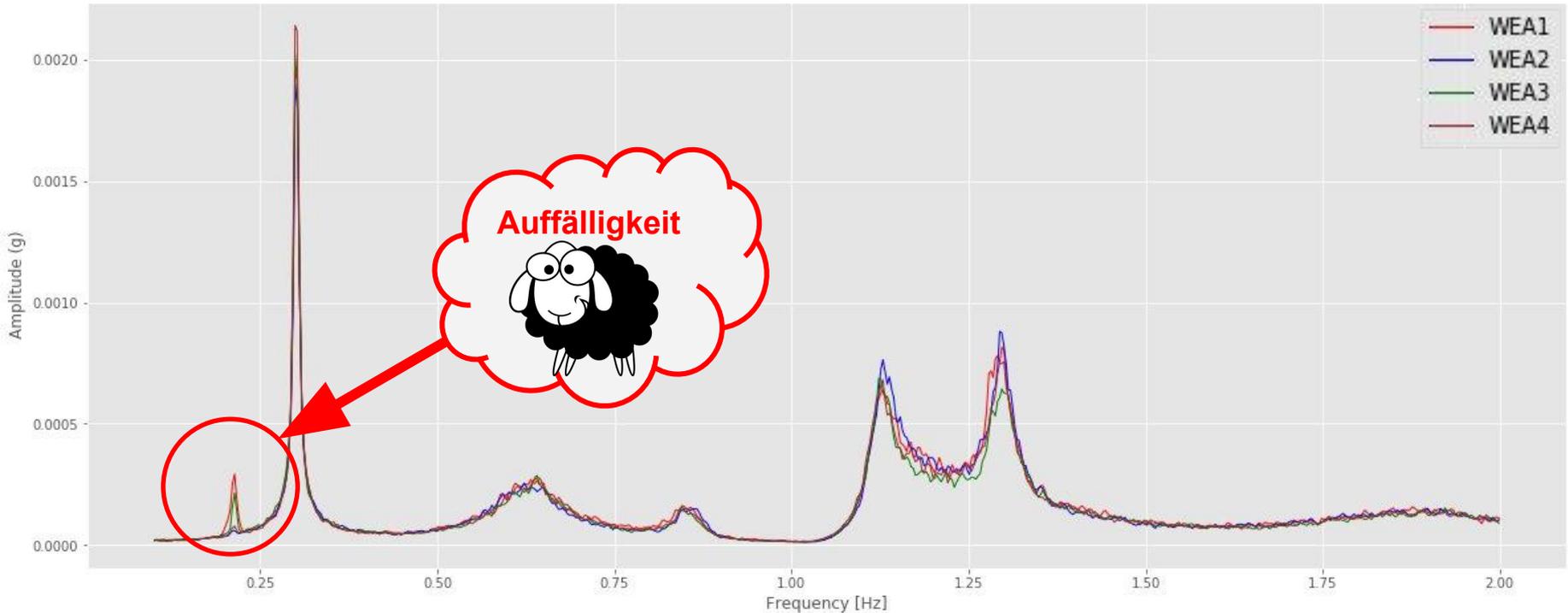


Außerhalb
Wake-Sektor

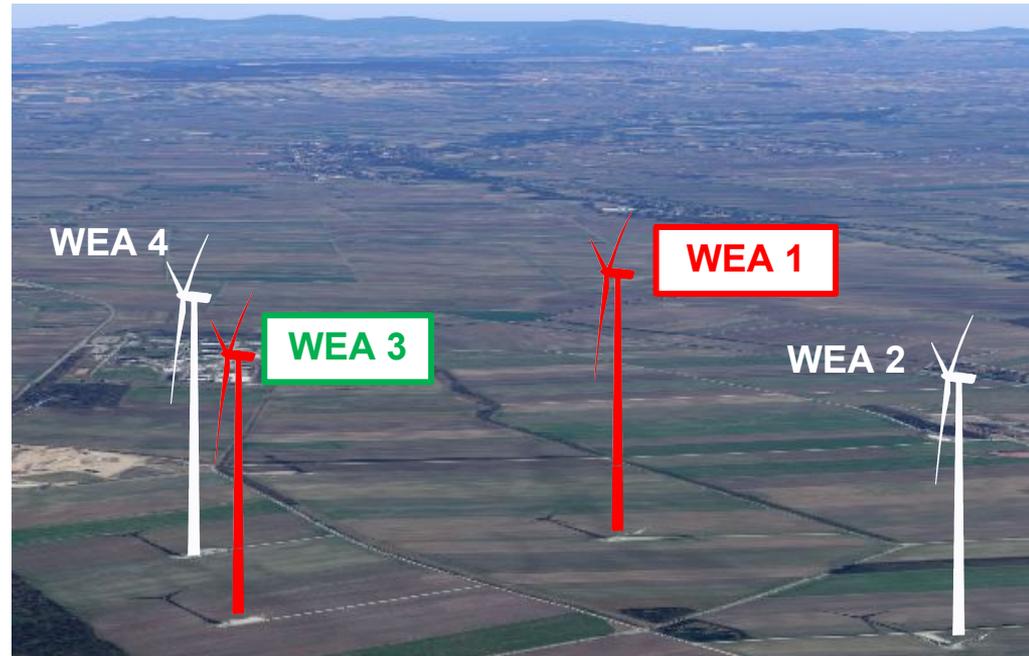
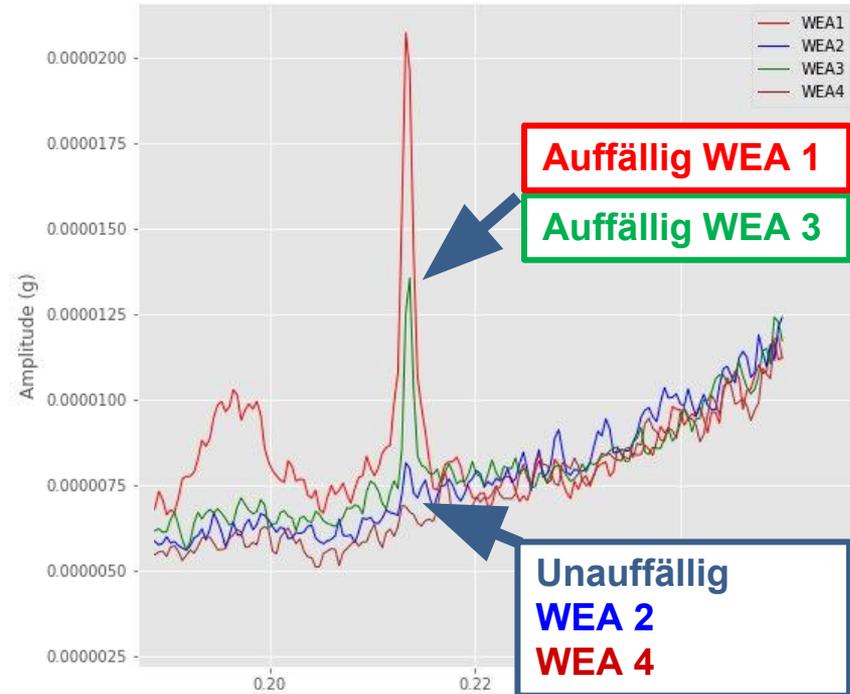
→ Windpark-Schwingungs-Monitoring: Messdauer 4 Wochen



- Vergleich: 4 WEA in vergleichbaren Betriebszuständen
- Ergebnis: **deutliche Auffälligkeit an zwei WEA**



- ➔ stark erhöhte laterale Schwingung ist Hinweis auf Unwuchten
- ➔ Nun folgen Ursachenanalysen



- Einfachste Montage / Inbetriebnahme
- Extrem Robust durch integrierte Messkette
- Speziell für Niederfrequente Schwingungsanalysen
- Nachhaltige Datendokumentation
- Hohe Wirtschaftlichkeit

- Intelligente Sensorik



- Robuste Datenlogger



Wir bieten:

- Intelligente Messtechnik
- Datenanalysen & Algorithmen
- Kundenspezifische Entwicklungen in Hard- & Software

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?

Besuchen Sie uns

1.OG Sonnendeck im Rundgang Nr. 96



Unsere Referenzen: