"Welche funktionalen Erweiterungen für ein Condition Monitoring System sind sinnvoll? "

Ullrich Oertel & Holger Fritsch, Bachmann Monitoring GmbH





Was erwartet Sie in den nächsten 20 Minuten

Agenda: Condition Monitoring Systeme (CMS)

Historisches zu CMS!

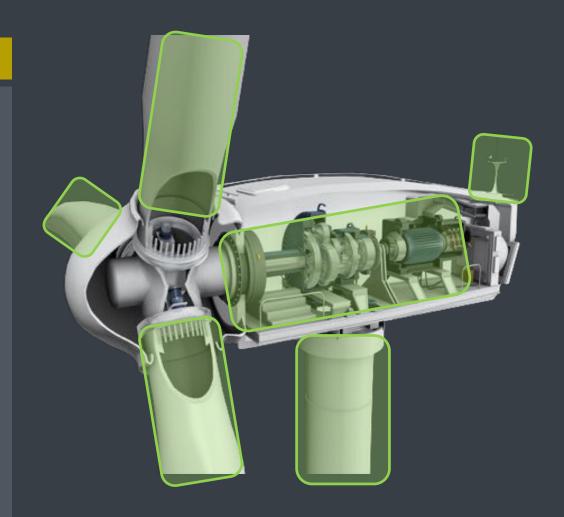
- Wozu CMS?
- Kurze historische Betrachtung

Vier Aspekte eines modernen CMS!

- Verschleiß- und Lebensdauermonitoring
- Schwingungsbeurteilung
- Prophylaxe und Performance
- Integrationsplattform f
 ür Subsysteme und Sensoren

Zukünftiges CMS neue Sensoren u. Funktionen

- Was ist zu erwarten?
- Geht Condition Monitoring auch ohne Hardware?



Wozu braucht man ein CM-System?

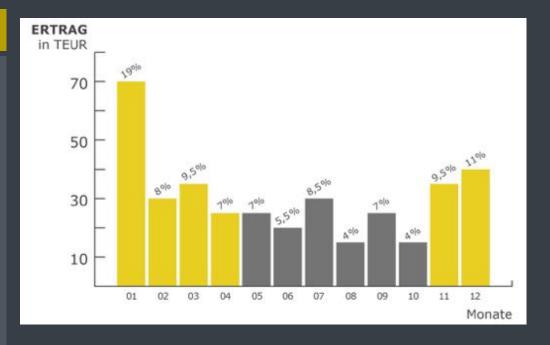
Was ist Condition Monitoring? + Gute Gründe für CM

"Das Konzept des Condition Monitoring (Zustandsüberwachung) basiert auf einer regelmäßigen oder permanenten Erfassung des Maschinenzustandes durch Messung und Analyse physikalischer Größen…" (https://de.wikipedia.org/wiki/Condition-Monitoring)

CMS ist ein essentieller Teil der Instandhaltungsstrategie

- Minimierung der potentiellen Risiken
- Fehlerfrüherkennung-> mehr Zeit zum Planen
- Definiert Ziele für die Wartung und vermeidet unnötige Servicearbeiten (Ölwechsel, Ausrichtung usw.)
- Ermöglicht den Weiterbetrieb unter Fehlerbedingungen
- SPART (viel) GELD!

Viele Studien zeigen eine Amortisationszeit von 1 bis 3 Jahren!



"Profit"= "Windertrag" - CAPEX - OPEX - ungepl. OPEX

CAPEX

OPEX

ungeplante OPEX

Results for the year 2015:

Vibration analysis - CMS

· ~1300 Turbines monitored daily

· 562 CMS Alerts raised

· Estimated value > €2m

Uniper Presentation at VGB Wind Turbine Conference, Hamburg 2016 (Ingenabel and Futter)

Kurze historische Betrachtung

Die 4 Phasen der Condition Monitoring Systeme

1. Phase (2001-2005):

- Hauptkomponenten des Triebstranges werden überwacht (Hauptlager, Getriebe, Generator)
- Beteiligte begreifen "CM ist eine Technologie"!

2. Phase (2005-2009):

- Aufbau von remote CM-Servicezentralen
- WEA-Hersteller bieten "Full-Service-Verträge" mit CMS

3. Phase (2009-2013):

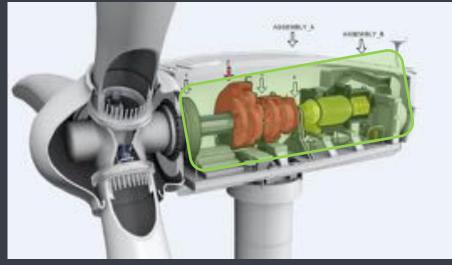
- CMS wird auch in weiteren Märkten nachgefragt
- Beginn des deutschen Offshore Geschäftes
- Energieversorger u.a. E.ON schreiben ihre Flotte zur CMS-Nachrüstung aus...

4. Phase (2013-bis jetzt):

- Risikoverlagerung vom Betreiber zu den Herstellern und Serviceunternehmen
- Große Betreiberorganisationen wollen selbst CMS-Daten auswerten.
- Integration neuer Funktionen, z.B. Rotorblattdiagnose



Quelle: Dieter Schönberger VfU Versicherungsbüro, 2004



CMS überwacht die Hauptkomponenten des Triebstranges

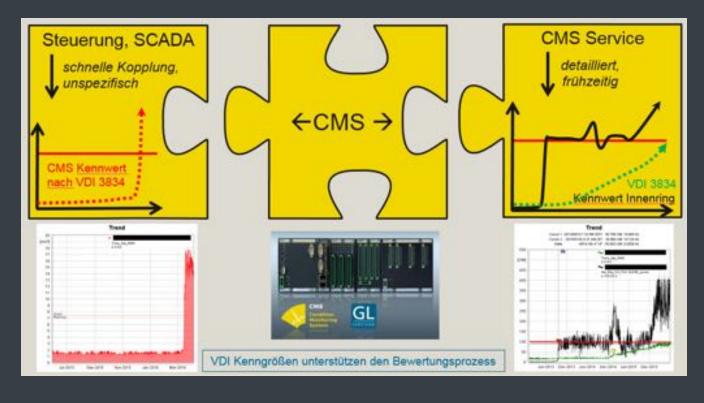
Mögliche Perspektiven auf ein modernes CMS



Verschleißmonitoring	Schwingungsbeurteilung	Prophylaxe & Performance	CMS als Gateway
CM-Systeme als "Verschleißmonitore"	Schwingungsbeurteilung nach DIN ISO10816 kann	Online Detektion der aerodynamischen Unwucht	Das CMS als Integrationsplattform
Darunter fallen u.a.: Partikelsensoren,	für zwei Fragestellungen eingesetzt werden:	und Ermittlung der Massenunwucht	für verschiedenste Subsysteme (SHM, Rotorlager- überwachung)
Sensoren zur Bestimmung der Ölqualität,	Überwachungsaufgaben (mit möglicher Abschaltfunktion) Bereitstellung von Beurteilungsgrößen zur Prävention	Bereitstellung von CMS-Kennwerten zur Bildung neuer KPI durch Kombination mit SCADA-Daten Nutzung von Design-Kenntnissen (beispielsweise Getriebeauslegung), um eine Leistungsoptimierung zu erreichen. (Voraussetzung: Lastmonitoring)	
Sensoren für das CM von Rotorblättern und Strukturelemente (Gondel, Turm, Fundament)			Fragen der Serviceoptimierung und der Beherrschung der Komplexität
Sensoren zur Überwachung von Rotorblattlagern			Zusammenführung der Kommunikation und des Datenhandlings
Lebensdauermonitore: Nutzen v. Designkennt- nissen(Rainflowzählung)			

Schwingungsbeurteilung nach DIN ISO 10816-21

CMS: Von der Diagnose zur Überwachung





CMS: "Von der Diagnose zur Überwachung"

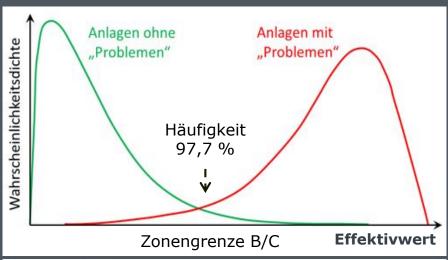
DIN ISO 10816-21 (VDI 3834)

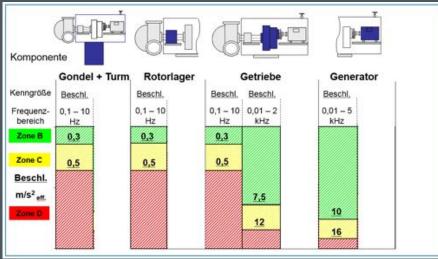
Zone B Für Dauerbetrieb geeignet

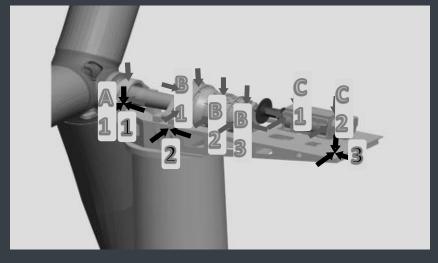
Zone C Üblicherweise für Dauerbetrieb nicht geeignet, Ursache der Schwingungen untersuchen

Zone D Schäden können entstehen, umgehende Ursachenanalyse

Zur Festlegung der Zonengrenzen wurden Schwingungen von mehr als 1.000 WEA ausgewertet







Triebstrang | Drive train A1: Hauptlager | Main bearing

B1 – B3: Getriebemessebenen 1 – 3 | Gearbox

measurement plains 1 – 3 C1, C2: Generator | Generator

Struktur/ Gondel | Structure / Nacelle

1: Nähe Hauptlager | Near to main bearing

2: Oberhalb Turmflansch | Above tower flange

3: Generatorseite | Generator side

WARNUNG=

Basiswert + 25 % der Zonengrenze B/C

ALARM =

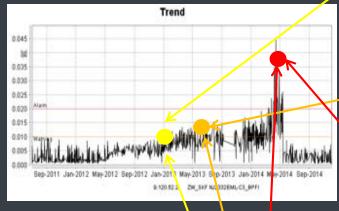
Alarmwert < 1,25 * Zonengrenze C/D

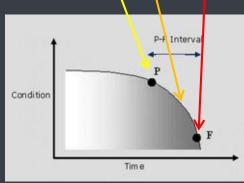
27. Windenergietage

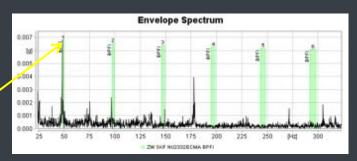
CMS vs Maschinenschutz (Protection)

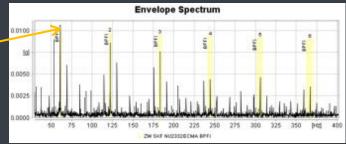


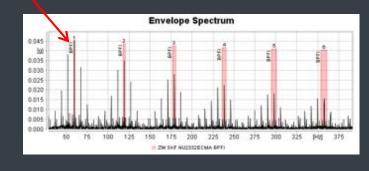
CMS: Trendverlauf eines Lagerinnenrings









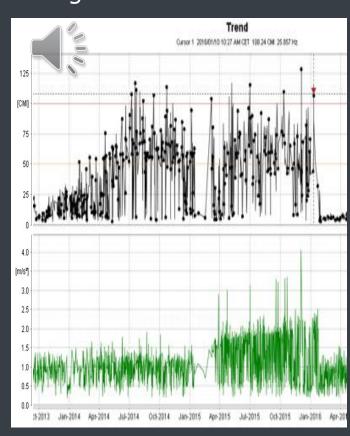


June 2012 0,007g

Protection: Trend CV (oben) und RMS vom gleichen Schaden





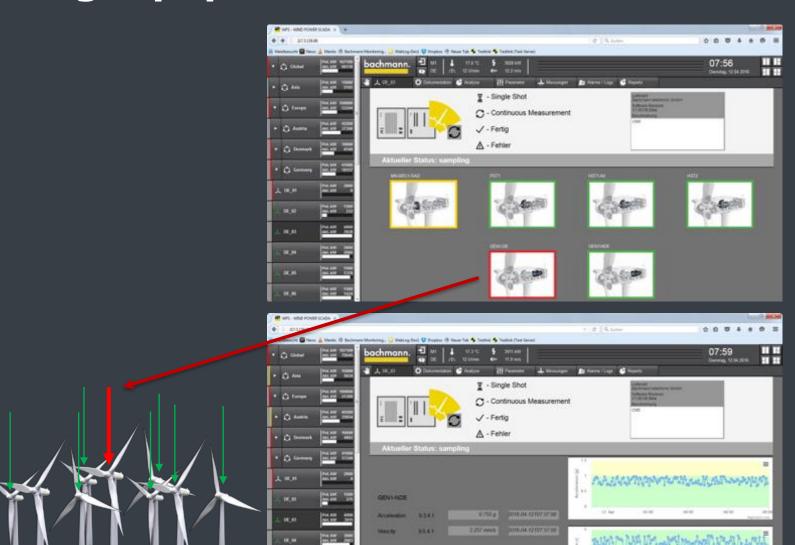


27. Windenergietage Linstow, 06. - 8. November 2018

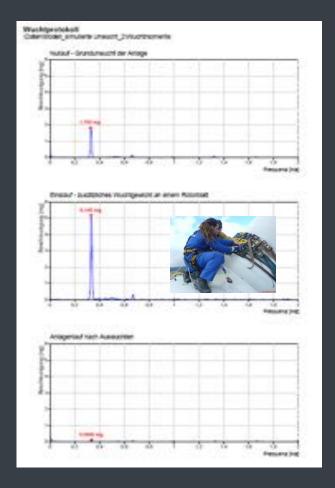
Überwachung großer Anlagenpopulationen

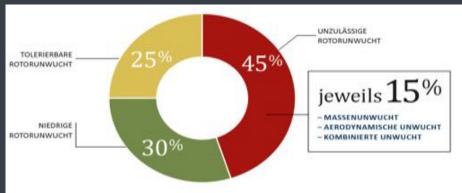
Einfache Einbindung (SCADA)

- Standardisierte Überwachung und Bewertung
- Mögliche Vermeidung ungünstiger Betriebszustände der WEA
- Visualisierung der Kenngrößen mit Grenzwerten im SCADA-System
- Einspeisemanagement unter Berücksichtigung des aktuellen Anlagenzustandes
- Lebensdauermanagement von Anlagenkomponenten



Prophylaxe & PerformanceBeispiel: Online Ermittlung der Rotorunwucht





Quelle: BerlinWind GmbH, Heilmann, C, Grunwald, A., Melsheimer, M.: "Auswuchten von WEA-Rotoren: Wirtschaftliche Vorteile und technische Umsetzung", Whitepaper, März 2015

Schadensursachen:

- Verschleiß
- Lastspitzen
- Unwucht
- Fehlausrichtungen
- Servicemängel
- Mangelschmierung
- Montagefehler
- Materialfehler
- Konstruktive Mängel
- Resonanzbereiche

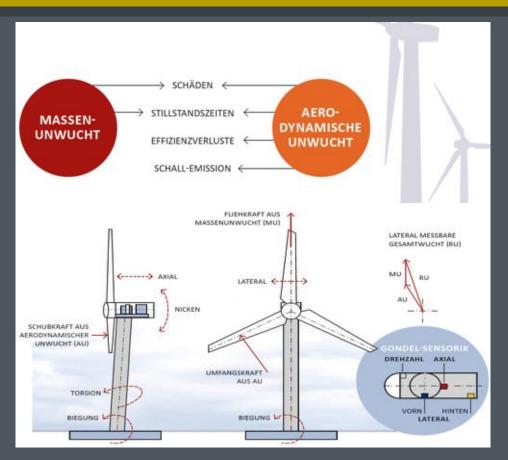
bachmann.

27. Windenergietage Linstow, 06. - 8. November 2018

Auswirkungen von Rotorunwuchten

Auswirkungen von Rotorunwuchten

- Lastspitzen
- Lebensdauervorrat sinkt
- Stillstandszeiten
- Ertragsverlust
- Schall-Emission

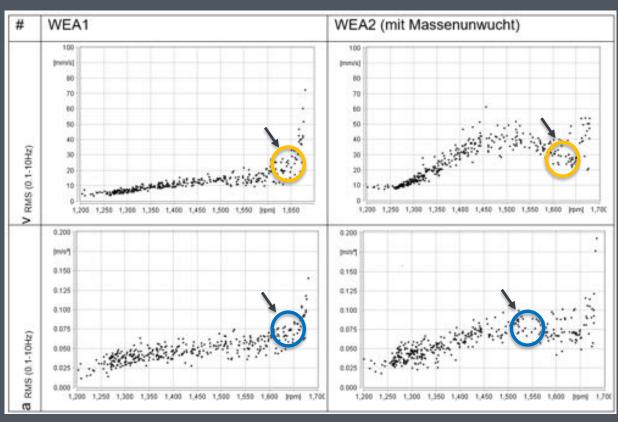


Quelle für drei die Grafiken (Berlinwind-Whitepaper): Heilmann, C, Grunwald, A., Melsheimer, M.: "Auswuchten von WEA-Rotoren: Wirtschaftliche Vorteile und technische Umsetzung", Whitepaper, www.windindustrie-indeutschland.de, Bundesverband WindEnergie e.V., März 2015

Unwuchtbeurteilung nach VDI 3834

Unwuchtbestimmung

Starke Abhängigkeit der RMS-Werte für Schwingbeschleunigung und Schwinggeschwindigkeit von der Drehzahl



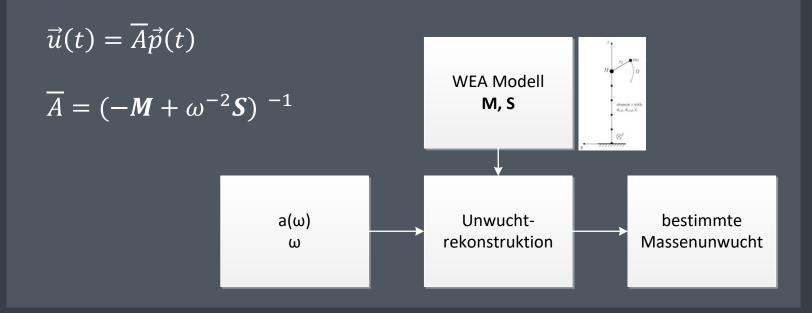
Zur Unwuchtbeurteilung ist eine spezielle frequenzselektive Auswertung der Turm-Gondelschwingungen erforderlich!

RMS nach VDI3834-1 in Abhängigkeit der Generatordrehzahl (Messzeitraum 3 Monate)

Messung mit Online CM-Systemen – Was ist neu?

Das Prinzip:

- Messung mit Online CMS an stabilen Betriebspunkten der WEA
- Bestimmung der Massenunwucht basierend auf einem Modell der WEA

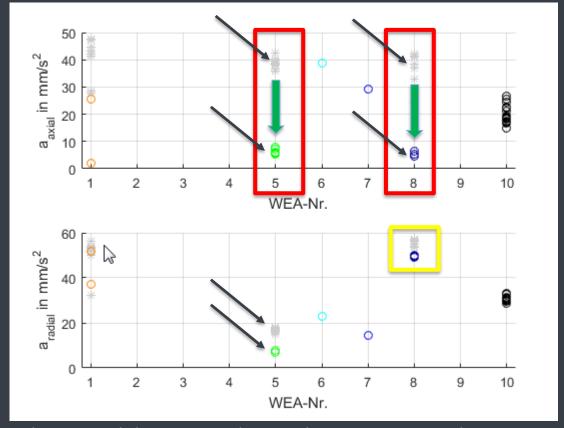




Reduktion des Aufwandes – Unwucht

Reduktion des Aufwandes

- Informationen zu erhöhten Werten kommen frühzeitig per Report
- WEA mit erhöhter aerodynamischer Unwucht oder Massenunwucht können gezielt vom Dienstleister vermessen und korrigiert werden
- Mit geringeren Kosten können mehr WEA belastungsreduziert* betrieben werden
- erhöhter Ertrag
 - erhöhte Lebensdauer des Turmes
 - erhöhte Lebensdauer des Antriebstranges



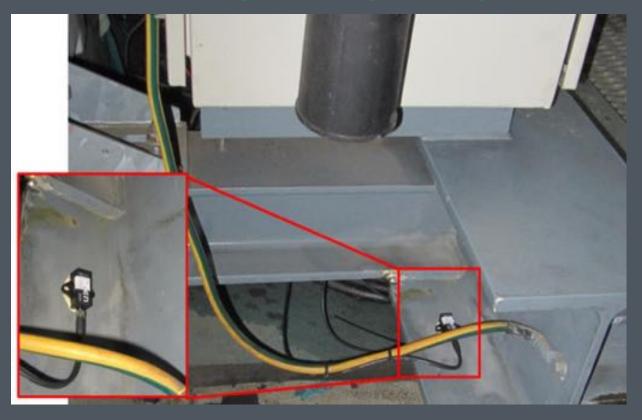
Online Unwuchtbestimmung/ Beispiel: Die Beseitigung der aerodynamische Unwucht ist die Voraussetzung zur Beseitigung einer Massenunwucht (WEA Nr. 5 und Nr. 8)

Die Technik ...

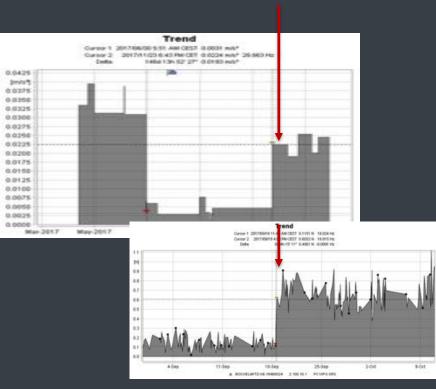
Messung mit Online Condition Monitoring System

Nachrüstung eines 2D- Beschleunigungssensors

Massenunwucht (Unwucht), aerodynamische Unwucht



Ein Serviceeinsatz führt ungewollt zu einer Erhöhung der aerodynamischen Unwucht

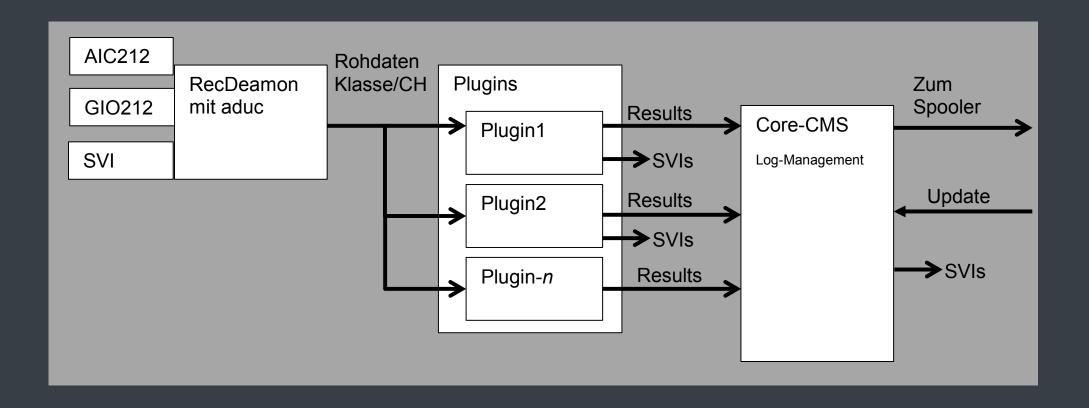


Ein Online CMS hilft bei der Plausibilisierung und der Bestimmung des genauen Zeitpunktes

27. Windenergietage Linstow, 06. - 8. November 2018

CMS: Als Integrationsplattform

Beispiele: Online Ermittlung der Rotorunwucht, Rotorblattsensorik



Aufgabenstellungen für heterogene Anlagenpopulationen

Gateway Konzept: Datenaustausch mit WEA-Steuerungen

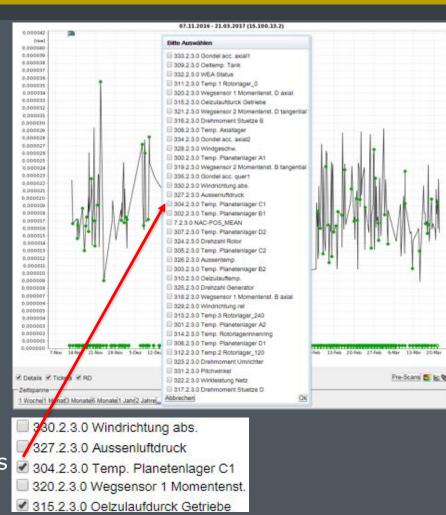
Modbus TCP offenes Kommunikationsprotokoll

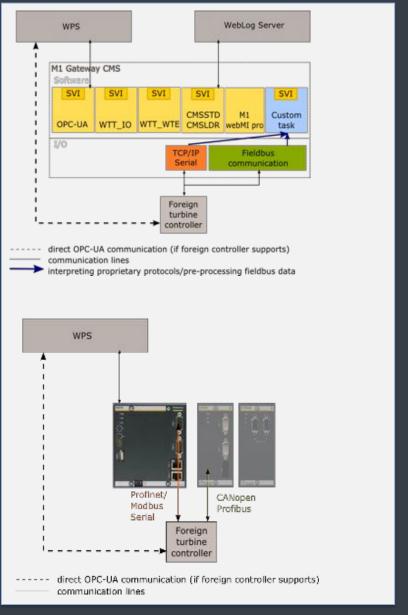
Open Platform Communications (OPC)

OPC Unified Architecture (**OPC UA**)

Fieldbus Communication

Beispiel: Prozessdatenalalyse/ erweitertes Condition Monitoring





Aufgabenstellungen für heterogene Anlagenpopulationen

SCADA Anbindung (Beispiele und Nutzen)



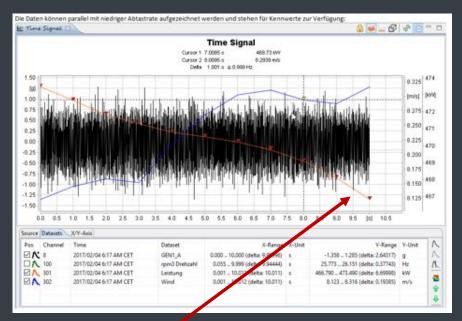
Auffälligkeit: Erhöhte Werte vom Temperatursensor am Planetenlager mit Grenzwertüberschreitungen, gleichzeitig fällt der

Ölzulaufdruck am Getriebe

Ursache: Fehlerhaftes Bypass-Ventil für die Ölkühlung, welches dann

von Hand nachgesteuert werden musste (vgl. roter Pfeil)

Bemerkung: Fehler wieder auf, Ventil muss getauscht werden.





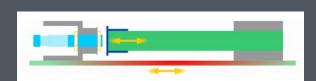
 Beliebige Prozessdaten können mit niedriger Abtastrate aufgezeichnet werden

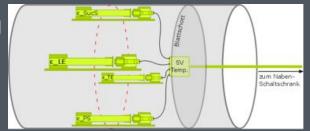
CMS: Beispiele zu integrierender Funktionalitäten

Von der Fehlerfrüherkennung zum Health-Monitoring

Weitere Integrationsmöglichkeiten:

Rotorblattmonitoring

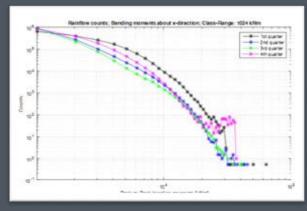


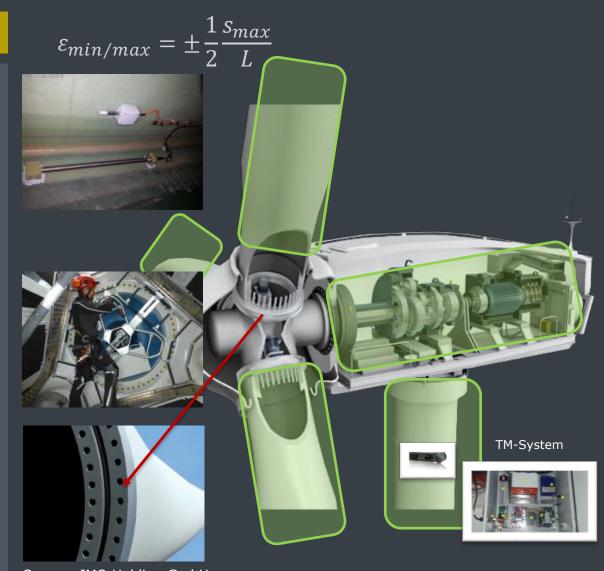


Turm- /Strukturmonitoring (TM/SHM)

Reporting: Rainflow Counts







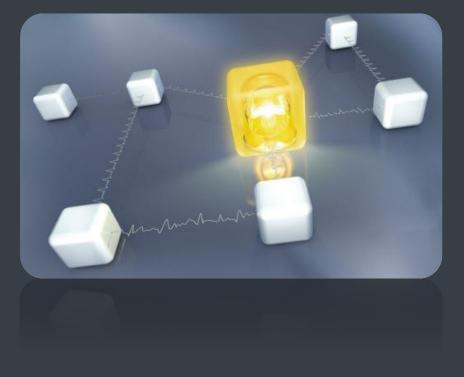
Source: IMO Holding GmbH

Geht Condition Monitoring auch ohne Hardware?

"Prognosen sind immer schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen." (Niels Bohr)

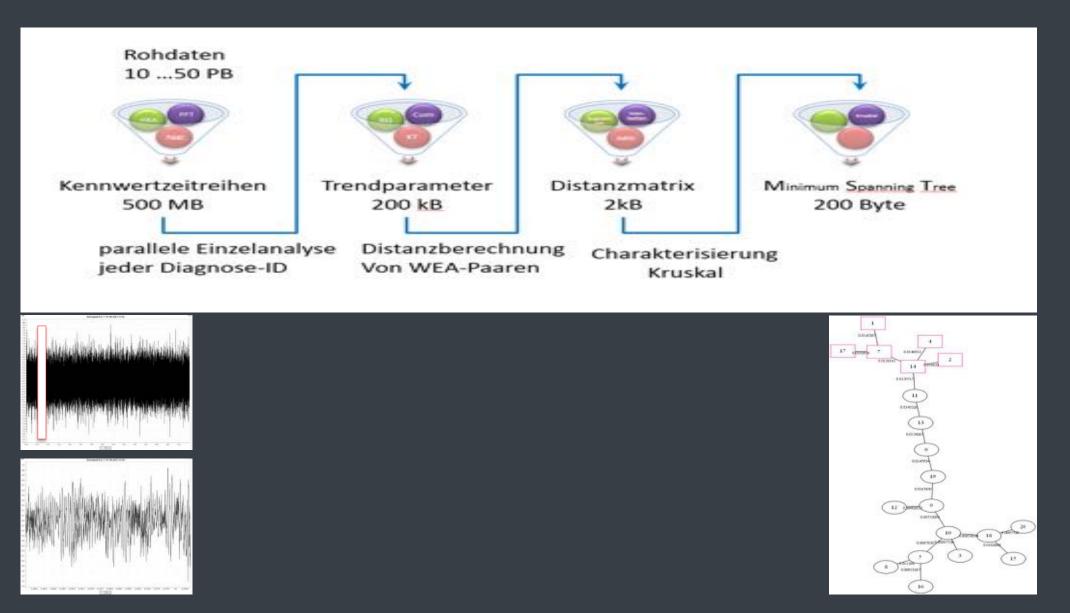








Signal- & Datenverdichtung mit neuen Visualisierungsmöglichkeiten



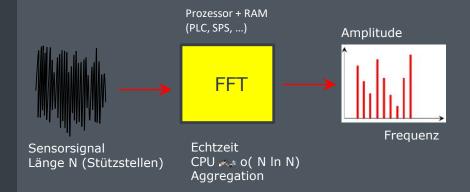
I. Frequenzanalysen

Bisher: Diskretes Fourier-Spektrum

Mögliche vollständige Darstellung

aber:

- nicht parameter- (frequenz-) treu
- Störungsempfindlich !
- linear skalenabhängig



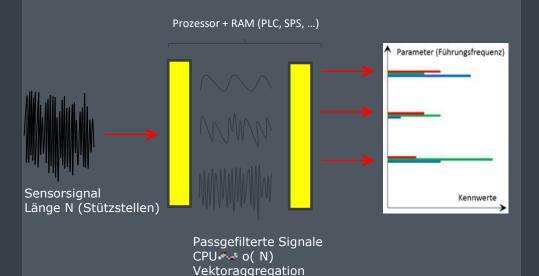
Vor- und Nachteile: FFT

- Vorteile:
- hochauflösend, vollständig (aus Spektrum kann Originalsignal rekonstruiert werden)
- Amplitudenspektrum oft ausreichend (Phasenspektrum wird nicht verwendet)
- physikalisch gut erklärbar (Kinematik)
- Standardalgorithmus
- Nachteile
- Kommensurabilitätsproblem¹
- Phase ist oft schlecht interpretierbar, Informationsverlust
- Spektrenberechnung erfordert komplettes Signal²
- algorithmenbedingt keine Rauschunterdrückung
- ¹) Aufspaltung, Verbreiterung und Abschwächung eines Signals, wenn physikalische Frequenz nicht genau eine FFT-Frequenz trifft
- ²) d.h. das komplette Signal muss im RAM verfügbar sein, bevor die FFT angewendet werden kann

Lösungsansatz: "Neue robuste Kennwerte im Zeitbereich"

Neu: "Applikation Formfilter"

- Weitgehend Störungsunempfindlich (robust)!
- Kennwerte weitgehend skalenfrei



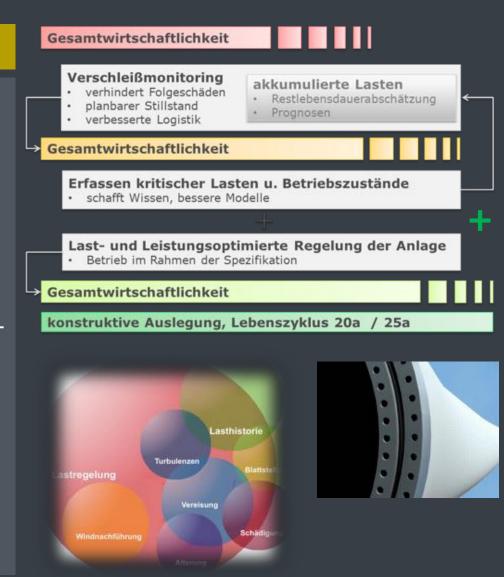
Neu: Diagnose mit Formfiltern!

- Vorteile:
- Kennwerte weitgehend skalenfrei
- Kennwerte enthalten Informationen aus Amplitude und Phase über Formparameter
- ähnliche Handhabung wie Fourierspektrum
- robustes Verfahren, kein Kommensurabilitätsproblem
- parallele Filterung und Berechnung der Kennwerte durch Vektorkonzept
- Nachteile:
- Kennwerte sind nichtlineare Schwingungsüberlagerungen und damit schwerer interpretierbar
- zunächst nur Globale Parameter/ Kennwerte
- Zuordnung der Kennwerte zu Schadensfällen muss (vorerst) empirisch erfolgen

"Quo vadis Condition Monitoring"

Zusammenfassung

- Die 4 Aspekte des modernen CMS
 - Verschleiß-Monitoring
 - Schwingungsbeurteilung
 - Prophylaxe und Performance
 - Integrationsplattform
- CM als Grundlage eines optimierten Instandhaltungsund Betriebsführungskonzeptes
- Der Weg von der Fehlerfrüherkennung zum Health-Monitoring... bzw. zur wissensbasierten Instandhaltung
- Neue Signalauswerteverfahren führen zu robusten Kennwerten (neue Applikationen für die Cloud?)



27. Windenergietage

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bachmann Monitoring GmbH Fritz-Bolland-Straße 7 07407 Rudolstadt

Tel: +49 3672 /3186 100 Fax: +49 3672 /3186 200

http://www.bachmann.info