



# DATENGETRIEBENES CONDITION MONITORING VON WÄLZLAGERUNGEN – ERFAHRUNGEN UND ENTWICKLUNGEN

Asset	KPI
,Plant01'	(1)
,Plant02'	(1)
,Plant03'	(2)
,Plant04'	(1)
,Plant05'	(1)
,Plant06'	(3)
,Plant07'	(1)
,Plant08'	(1)
,Plant09'	(1)
,Plant10'	(1)
,Plant11'	(2)
,Plant12'	(1)
,Plant13'	(1)
,Plant14'	(1)
,Plant15'	(1)
,Plant16'	(5)
,Plant17'	(1)
,Plant18'	(1)
,Plant18'	(2)
,Plant19'	(1)
,Plant20'	(1)
,Plant21'	(3)
,Plant22'	(1)

**28. WINDENERGIETAGE 2019**  
- 05.-07.11.2019 in Potsdam -  
Marcel Kenzler



## KURZVORSTELLUNG: PRÜFTECHNIK CONDITION MONITORING GMBH

- Entwicklung und Produktion von Messsystemen für die Ausrichtung und Überwachung von Maschinen
- Service im Bereich industrielle Instandhaltung und Qualitätssicherung
- Hauptsitz: Ismaning (bei München)
- Weltweit 20 Tochter- und 60 Vertriebsgesellschaften
- 300 Patente und 150 Warezeichen
- Gegründet 1972 von Dieter Busch
- Mitglied der Prüftechnik Gruppe mit weltweit über 550 Mitarbeitern
- Homepage: [www.pruftechnik.com](http://www.pruftechnik.com)



Prüftechnik ist seit einige Wochen Teil der

**FLUKE**



## INHALT

- Motivation und Hintergrund
- Überblick zu klassischen Verfahren der Wälzlagerdiagnose
- Smart Data Analysen beim Remote Monitoring
- Besonderheiten bei Langsamläufnern
- Hinweis zu Prognosemöglichkeiten



## MOTIVATION

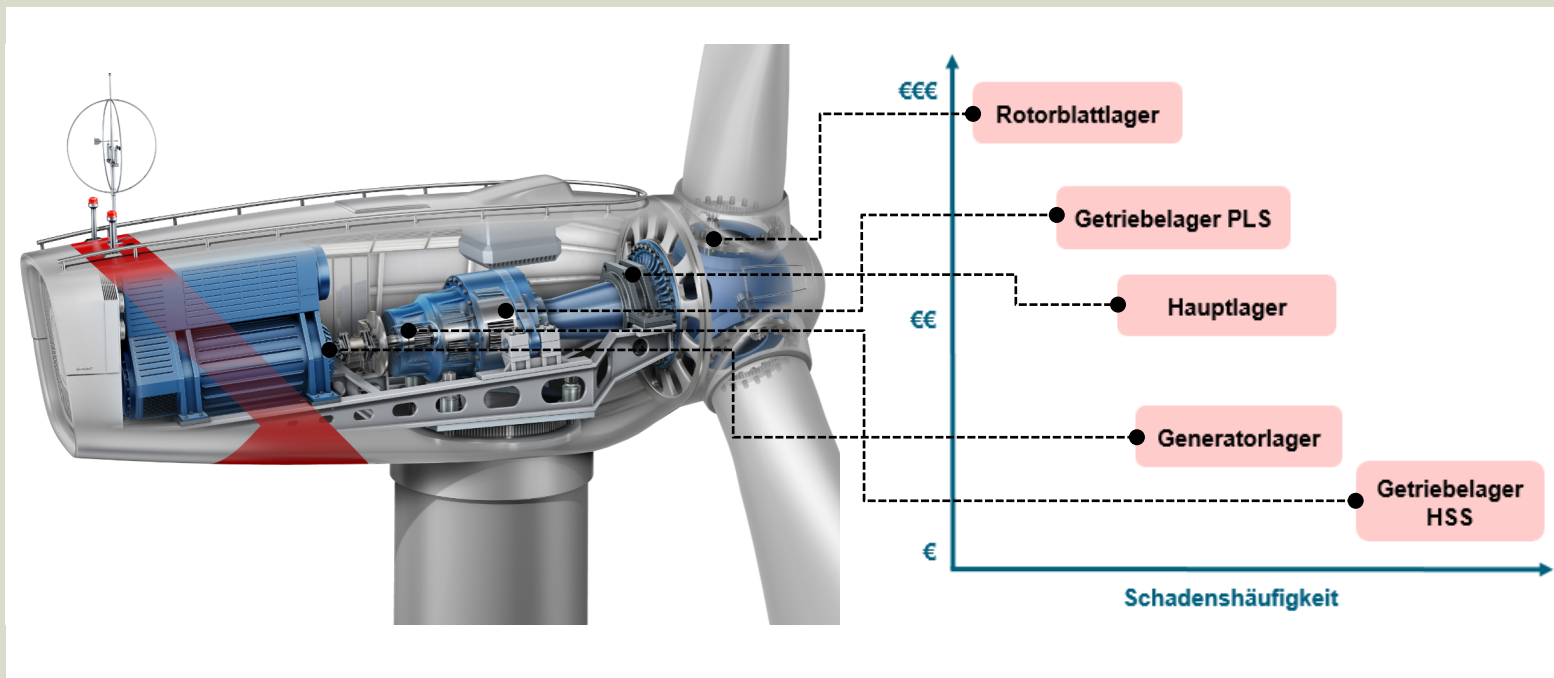
- **Wälzlager** im Triebstrang von Windenergieanlagen (WEA) sind **hochbelastete Komponenten** und verschleifen.
- Vorzeitige und zu spät erkannte **Lagerschäden** können zu **großen Folgeschäden** führen und einen **hohen finanziellen Aufwand** zur Wiederinstandsetzung bedeuten.
- **Schwingungsbasiertes Condition Monitoring** an Triebsträngen von WEA bietet Möglichkeiten, **lagerspezifische Zustandsänderungen** relativ **frühzeitig zu erkennen**.
- Im Rahmen von „Predictive Maintenance“ zunehmend diskutierte **datengetriebene Ansätze** haben Potential, **Monitoring-Prozesse zu ergänzen** und zu **optimieren**.





## WÄZLAGER IM TRIEBSTRANG VON WINDENERGIEANLAGEN

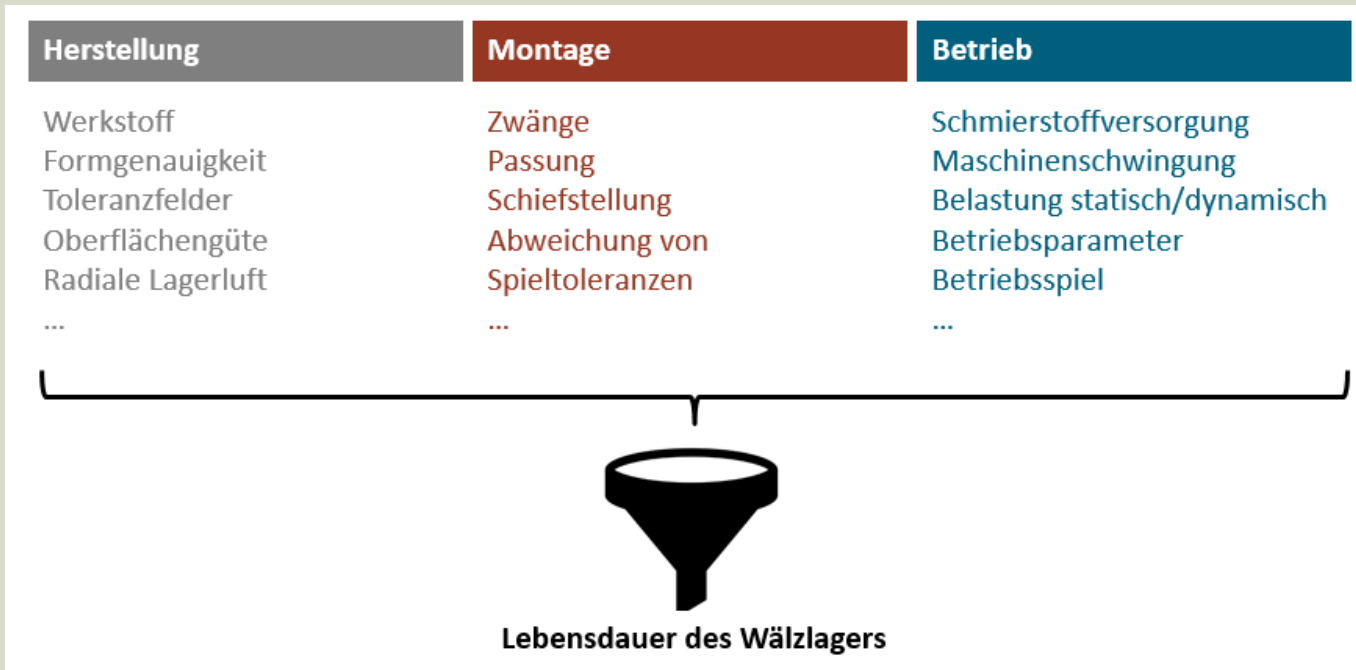
Schematischer Zusammenhang zwischen **Schadenshäufigkeiten** an spezifischen Wälzlagerungen und dem jeweils damit verbundenen **finanziellen Aufwand** zur **Instandsetzung**





## EINFLUSSGRÖSSEN AUF DIE LEBENSDAUER VON WÄZLAGERUNGEN /1

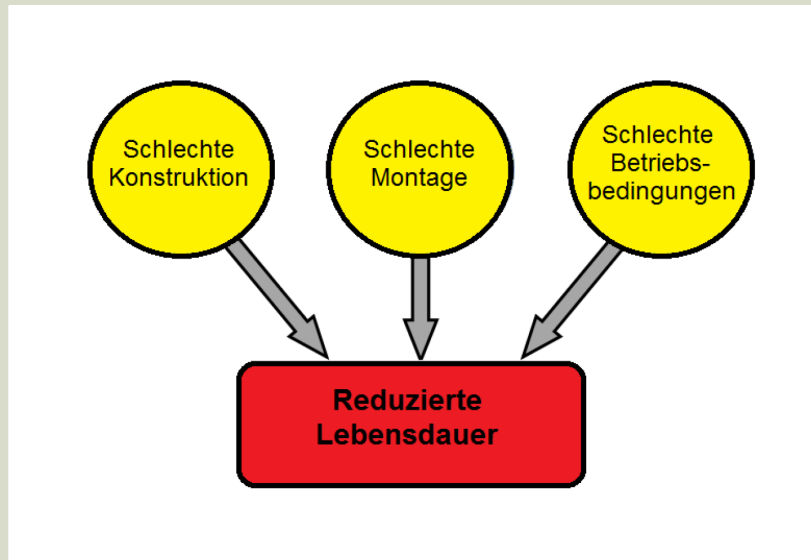
Neben anwendungsgerechter **Lagerauswahl** und der einwandfreien **Lagerherstellung** und **Montage** definieren die **tatsächlichen Betriebsbedingungen**, wie lange ein passend ausgelegtes Wälzlager im Gutzustand läuft.



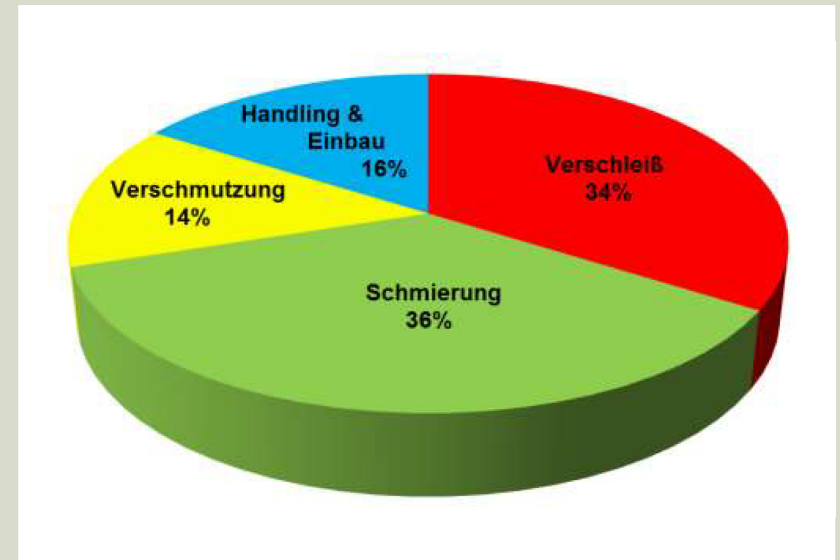


## EINFLUSSGRÖSSEN AUF DIE LEBENSDAUER VON WÄZLAGERUNGEN /2

### Weitere Beispiele zur Differenzierung lebensdauerreduzierender Einflüsse



Allgemeine Einschätzung



Einschätzung eines Lagerherstellers zu lebensdauerreduzierenden Einflüssen



## KLASSISCHE VERFAHREN DER WÄZLAGERDIAGNOSE /1

### Wesentliche Merkmale klassischer Diagnoseverfahren

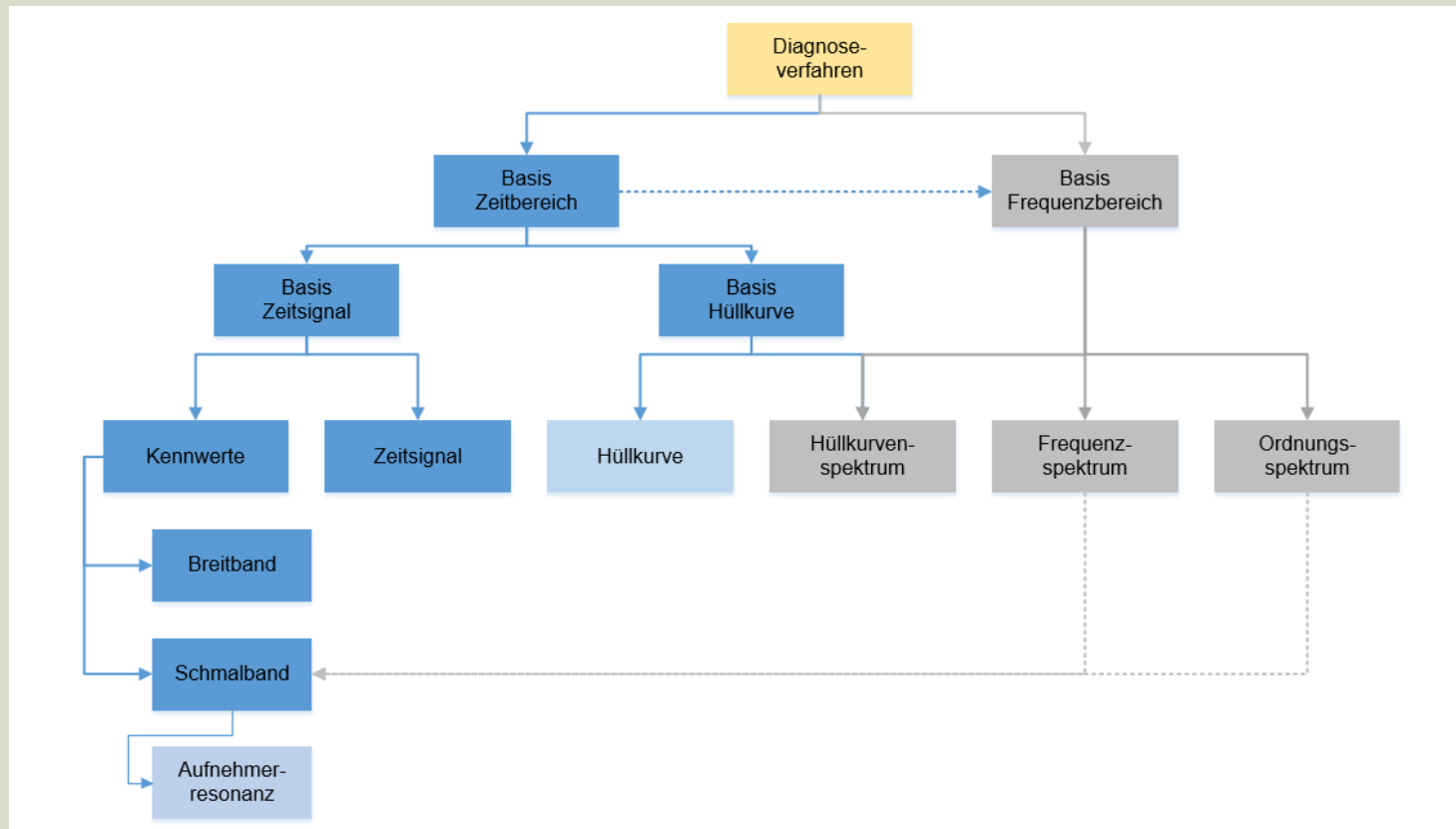
- **Rotierende Wälzlager** erzeugen messtechnisch abgreifbare, **hochfrequente Körperschall-schwingungen** infolge von **Abroll-, Reib- und Stoßvorgängen** an Lagerbauteilen
- Gemessene **Zeitsignale** und daraus abgeleitete **Amplituden- und Hüllkurvenspektren** bilden die **Grundlage** klassischer Diagnoseverfahren
- **Diskrete Lagerfehlerstellen** erzeugen Folgen impulsförmiger **Stoßanregungen** mit **lagerspezifischen Überrollfrequenzen**
- Über **Amplitudenänderungen** (und im späten Schadensstadium auch über Frequenzabweichungen) kann auf das **Schadensstadium** geschlossen und bei bekannter **Lagerkinematik** die **Fehlerstelle** im Lager **lokalisiert** werden





## KLASSISCHE VERFAHREN DER WÄZLAGERDIAGNOSE /2

### Überblick zu relevanten Verfahren der Wälzlagerdiagnose





## KLASSISCHE VERFAHREN DER WÄZLAGERDIAGNOSE /3

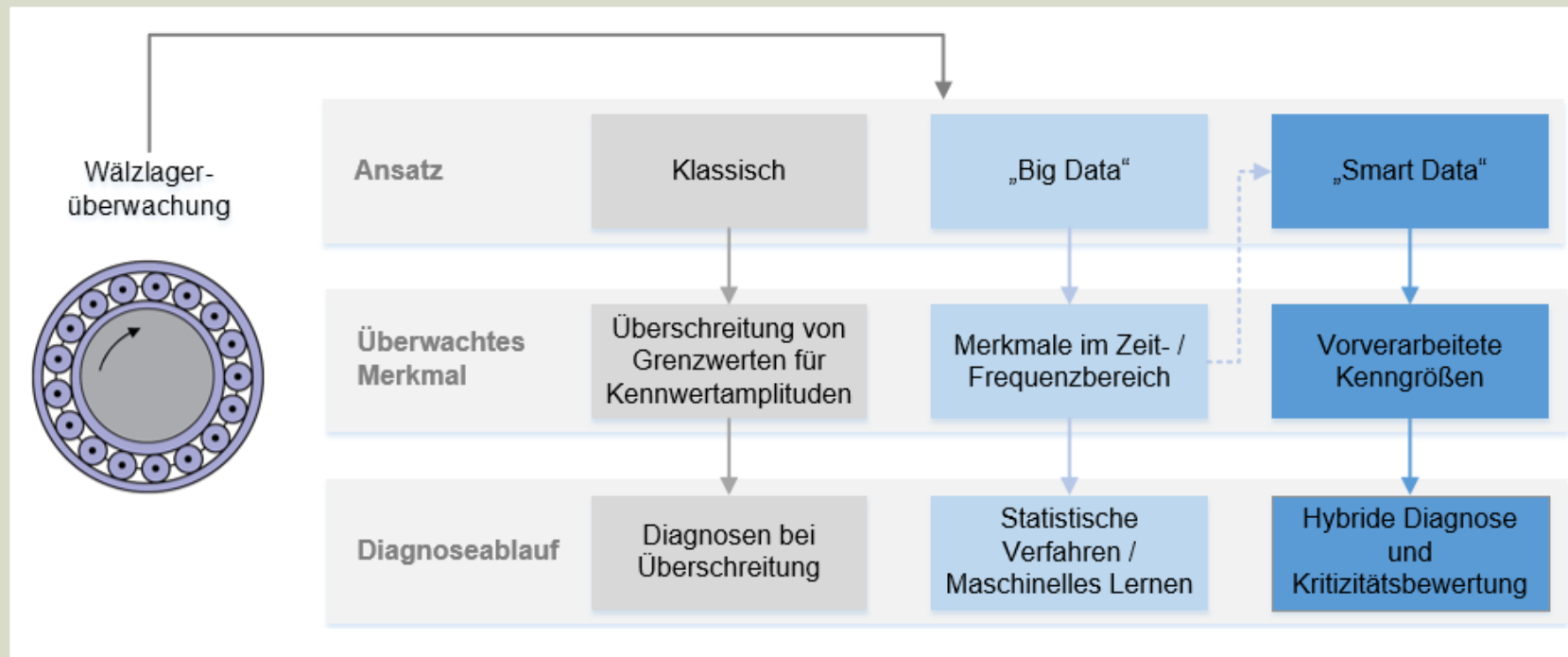
Zusammenhang zwischen **Diagnosemerkmale** und **Kritizität** in Anlehnung an **VDI 3832**

Kritizität	1	2	3	4	5
<b>Laufbahnschädigung im Wälzlager</b>	Keine	Gerade sichtbare Pittings	Ausbreitend über mehrere Millimeter Größe	Weiter ausbreitend, über den Großteil des Überrollabstands	Stark ausgeprägt
<b>Trend Breitbandkennwerte</b>	Anstieg nur bei Mangelschmierung	Leichter Anstieg der Spitzenwerte, zunehmende Schwankungen	Deutlicher Anstieg der Spitzenwerte, leichter Anstieg der Effektivwerte	Langsamere Anstieg der Spitzenwerte, deutlicherer Anstieg der Effektivwerte	Leichtere Anstiege der Spitzen- und Effektivwerte mit deutlichen Schwankungen
<b>Amplitudenspektren</b>	Keine Musteränderung	Keine Musteränderung, geringe Pegelerhöhung über 1 kHz	Überrollfrequenzen leicht erkennbar und Pegelerhöhung über 1 kHz	Starke Pegelerhöhung über 1 kHz	Sehr hohe Pegel über 1 kHz, dominante Überrollfrequenzen
<b>Hüllkurvenspektren</b>	Keine Musteränderung	Erste Ordnung der Überrollfrequenzen schwach sichtbar	1. Ordnung der Überrollfrequenzen deutlich sichtbarer, Harmonische schwach ausgeprägt	Frequenzmuster stark ausgeprägt, Pegel der Harmonischen der Überrollfrequenz nähern sich dem Pegel der 1. Ordnung an	Frequenzmuster stark ausgeprägt, Linien der Überrollfrequenzen verwaschen
<b>a-Zeitsignal</b>	Ohne dominante Spitzen	Einzelne wenig dominante Spitzen	Sich periodisch wiederholende Spitzen	Periodisch auftretende dominante Spitzen	Periodisch auftretende dominante Spitzen
<b>Hüllkurvenzeitsignal</b>	Niedriges Grundrauschen, drehzahlunabhängig	Niedriges Grundrauschen	Niedriges Grundrauschen	Erhöhtes, drehzahlabhängiges Grundrauschen	Erhöhtes, drehzahlabhängiges Grundrauschen



## SMART DATA ANALYSEN BEIM REMOTE MONITORING /1

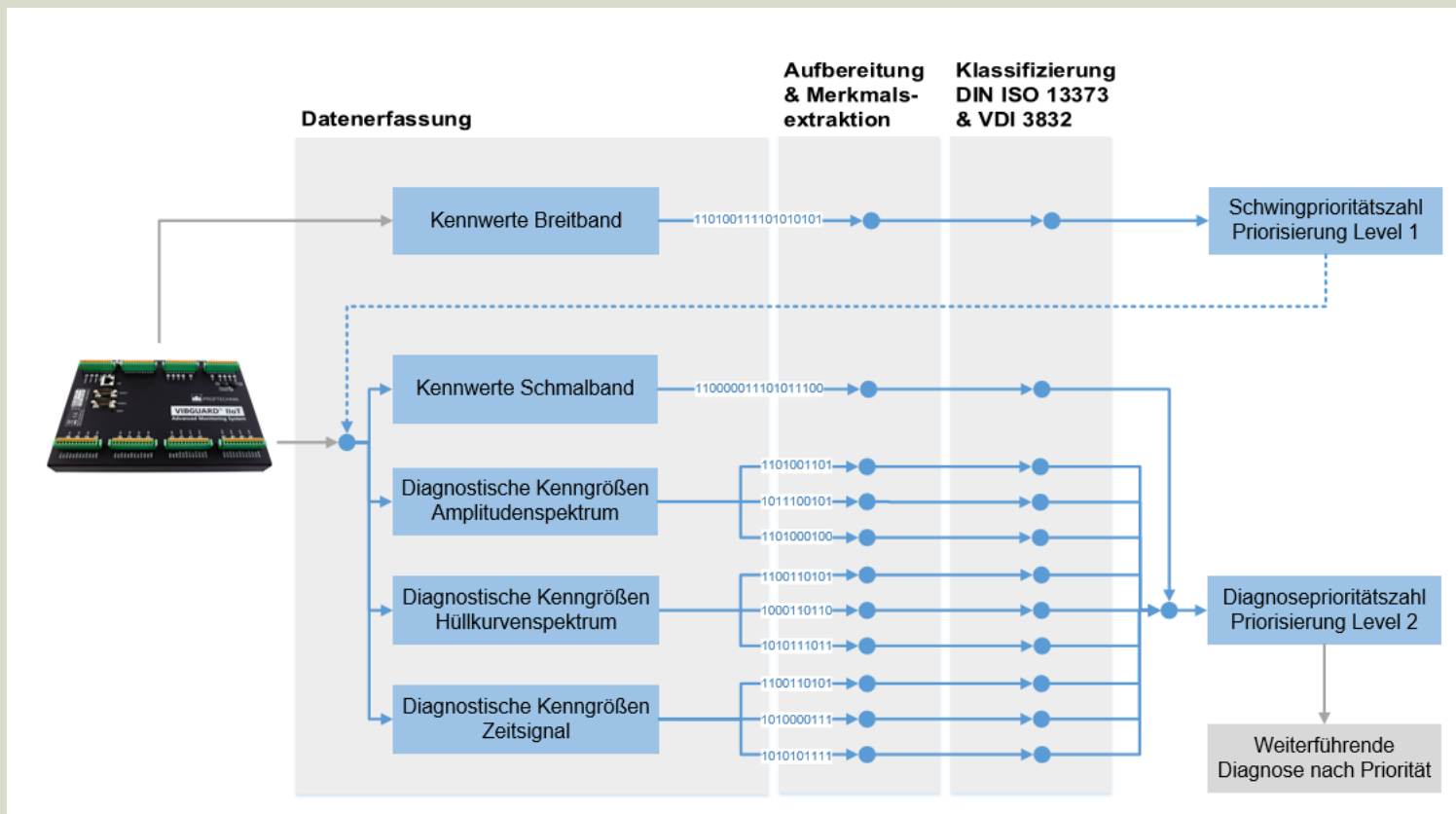
**Smart-Data** Anwendungen haben das Ziel, aus **großen Datenmengen sinnvolle Merkmale zu extrahieren**, die von Anwendern **verstanden** und auch als **Ausgangspunkt für weiterführende Analysen** verwendet werden können.





# SMART DATA ANALYSEN BEIM REMOTE MONITORING /1

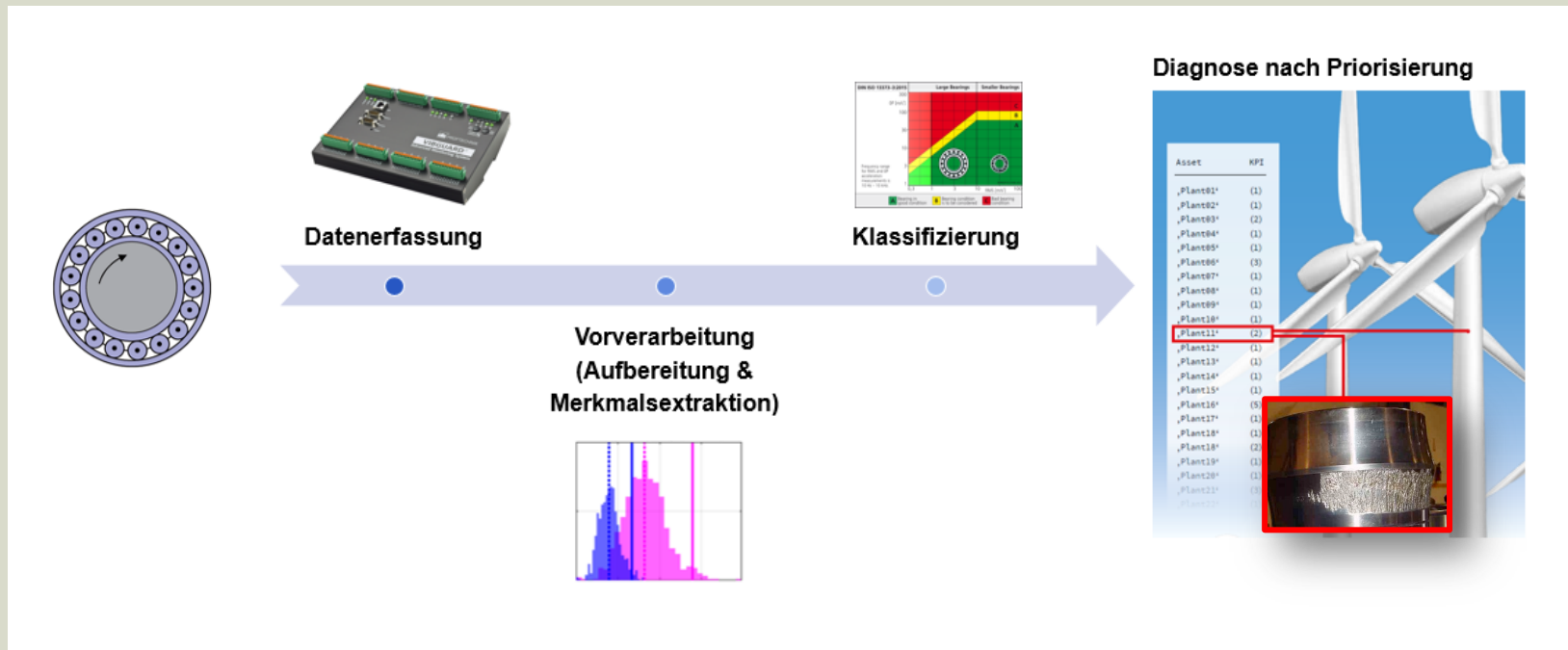
## Schema zum datengetriebenen Remote Monitoring Prozess





## SMART DATA ANALYSEN BEIM REMOTE MONITORING /2

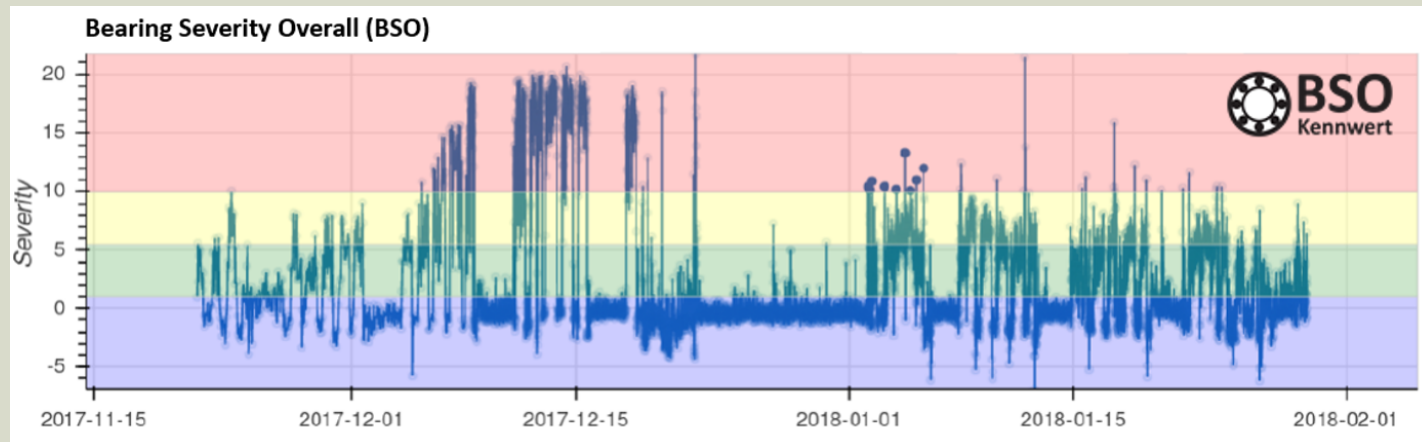
Durch die **Priorisierung auffälliger Merkmale** auf Basis **einschlägiger Normen und Richtlinien** (v.a. DIN ISO 13373-3, VDI 3832) können insbesondere **größere Flotten ressourceneffektiv überwacht** werden, da tiefere Diagnoseschritte erst bei Auffälligkeit priorisiert erfolgen.





## BESONDERHEITEN BEI LANGSAMLÄUFERN

- **Abnehmende Drehzahl** bedeutet meist **geringere Messsignalintensität**
- Bei **ausreichend langer Messzeit** liefern auch **breitbandig** gemessene **Kennwerte** der Beschleunigung signifikante Information
- **BSO (Bearing Severity Overall)**: ein von PRÜFTECHNIK aus der DIN ISO 13373-3 entwickelter Lagerkennwerte zur Wälzlagerüberwachung



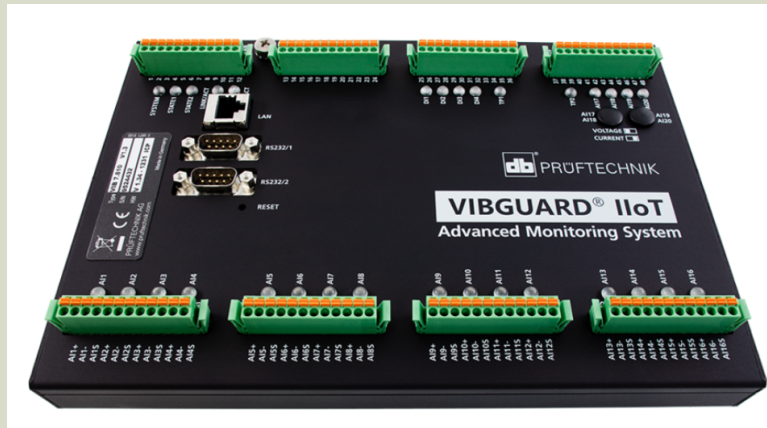
Beispiel eines BSO-Trends (mit einem Lagerschaden 12/2017)



## CONDITION MONITORING SYSTEME ALS EDGE DEVICES

### Systemanforderungen für datengetriebene Verfahren zur Wälzlagerdiagnose

- **Zeitsynchrone Abtastung** über zahlreiche Kanäle
- Spezifische **Vorverarbeitung** der Rohdaten
- Intelligente Verfahren zum **Datenmanagements** und **Datenreduktion**
- Unterstützung IoT-relevanter Protokolle: **MQTT**

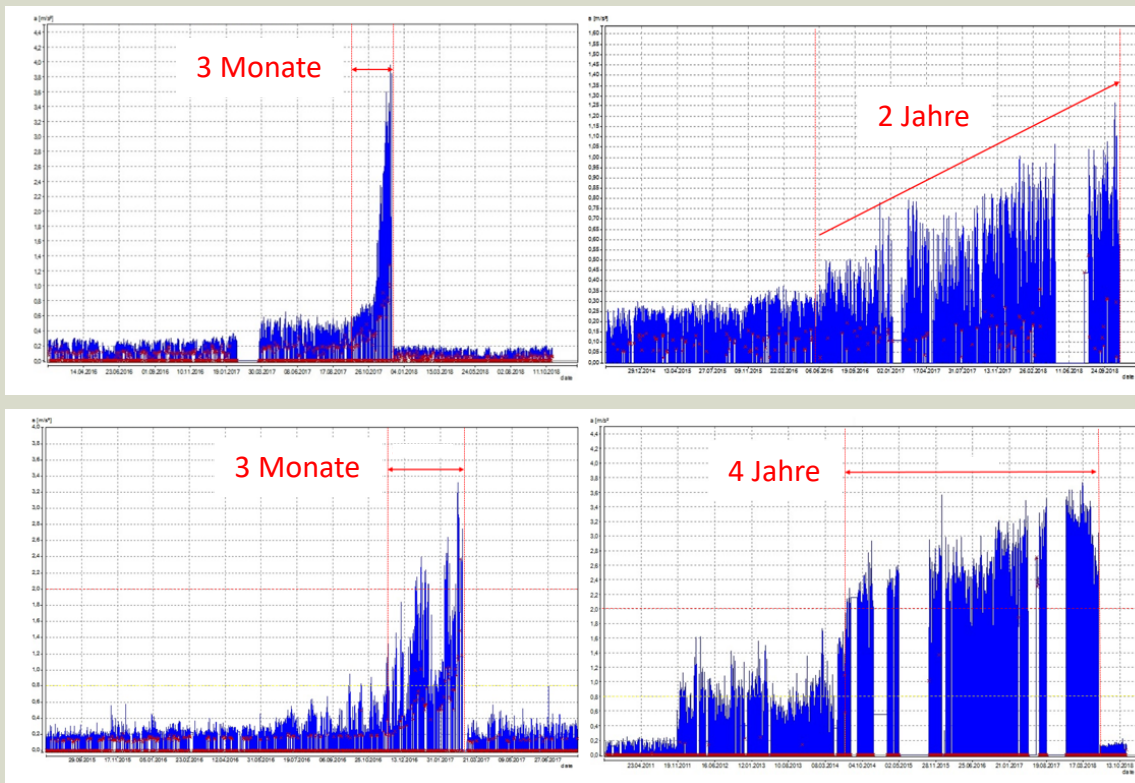


VIBGUARD IloT der Prüftechnik Condition Monitoring GmbH als Edge Device und Datenlieferant



## HINWEIS ZU PROGNOSEMÖGLICHKEITEN

**Erfahrungswert: selbst bei vergleichbaren Arten an Wälzlagerschäden bilden sich Diagnosemerkmale oft sehr unterschiedlich schnell und intensiv aus!**



Exemplarische Trends  
ordnungsselektiver  
Beschleunigungskennwerte  
an vergleichbaren  
Triebstrangkomponenten,  
Getriebelager HSS (oben)  
und Generatorlager (unten)





## ZUSAMMENFASSUNG

- **Hybrides Condition Monitoring: datengetriebene Analyseschritte** ergänzen **wissensbasiertes** Condition Monitoring optimal, indem **kritische Lager anhand spezifischer Merkmale identifiziert** und **priorisiert** werden (datengetriebener Ansatz), auf die sich der Diagnostiker im Rahmen tieferer Diagnosen konzentrieren kann (wissensbasierter Ansatz)
- **Prognosemöglichkeiten:** da die **effektive Lebensdauer** der Wälzlager von zahlreichen Einflussgrößen abhängt, stellen sich **schwingungsbasierte Diagnosemerkmale** sehr **unterschiedlich** dar, was ein **K.O.-Kriterium für Prognosen** ist (obwohl es sich um **vergleichbare Triebstrangkomponenten** handelt, entstehen signifikante und vergleichbare Schäden nach **Monaten** oder erst nach **Jahren**)
- **Systematisches Flottenmanagement:** nur über systematische Analysen der Daten **vergleichbarer Komponenten in vergleichbaren Betriebszuständen** können **Abweichungen vom typenspezifischen Lagerverhalten** erkannt und grobe Prognosen gestellt werden



**ENDE**

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!