

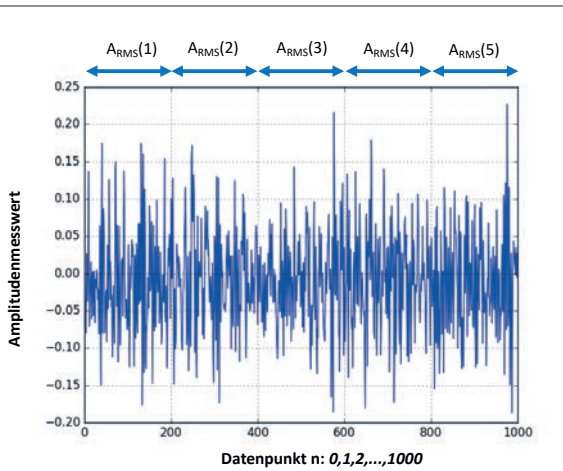
Im Tal der Tränen?

Kurze Standzeiten, minimaler Unterhalt: Predictive Maintenance soll helfen, dieses Ziel zu erreichen. Oft werden die hohen Erwartungen jedoch enttäuscht. Was ein Predictive-Maintenance-System leisten kann, hängt vor allem vom Informationsgehalt der gesammelten Daten ab.

Predictive Maintenance (PM) ist die Fähigkeit vorherzusagen, wann Wartungsarbeiten und Reparaturen wegen eines Defektes anstehen. Das Ziel heisst keine unvorhergesehenen Ausfälle mehr. Mit der Wartungsvorhersage (Predictive Maintenance) beziehungsweise der Defektvorhersage kann man Aussagen machen, um Reparaturen oder Wartungsaktivitäten zu planen. Das Potenzial ist verlockend, wenn man bedenkt, was es bedeutet, Ölwechsel, Filtertausch

oder Revisionen um Monate verzögern zu können, ohne einer Maschine zu schaden oder Reparaturen in einen Zeitraum mit geringer Auslastung zu verschieben. Dazu werden Maschinen mit Sensoren ausgestattet und deren Signale von einem Rechner analysiert, meist mittels einer Fourier Frequenz Analyse (FFT). Eine solche Analyse kann durch Experten vor Ort oder bei einem Dienstleister durchgeführt werden. Das Ganze kann im Zusammenspiel mit dem ERP-System, einer Wartungssoftware oder auch mit dedizierter Software geschehen und verwaltet werden. Ideal ist ein Tool, das den Web-Browser nutzt und somit kein spezifisches Programm oder Gerät benötigt.

cherweise die Beschleunigung, mittels piezo-elektrischer oder mikro-elektro-mechanischer (MEMS) Sensoren. Die resultierenden Spannungswerte werden in einer Datenakquiseeinheit digitalisiert. Die digitalen Daten können in einem Rechner nahe bei der Maschine, einem sogenannten Edge-Device, vorverarbeitet oder zu einem (Cloud)-Server geschickt werden. In vielen Fällen handelt es sich bei den Edge-Devices um – womöglich batteriebetriebene – Geräte, die ihre Daten über das Internet der Dinge übertragen. In solchen Fällen wird die Datenmenge massiv reduziert, um die Batterielebensdauer zu erhöhen. Diese Geräte senden nur zusammengefasste Werte, wie den Effektivwert (Root Mean Square, RMS) zum Server. Dies bedeutet, dass der Informationsgehalt nicht mehr mit dem des ursprünglichen Signals vergleichbar ist.

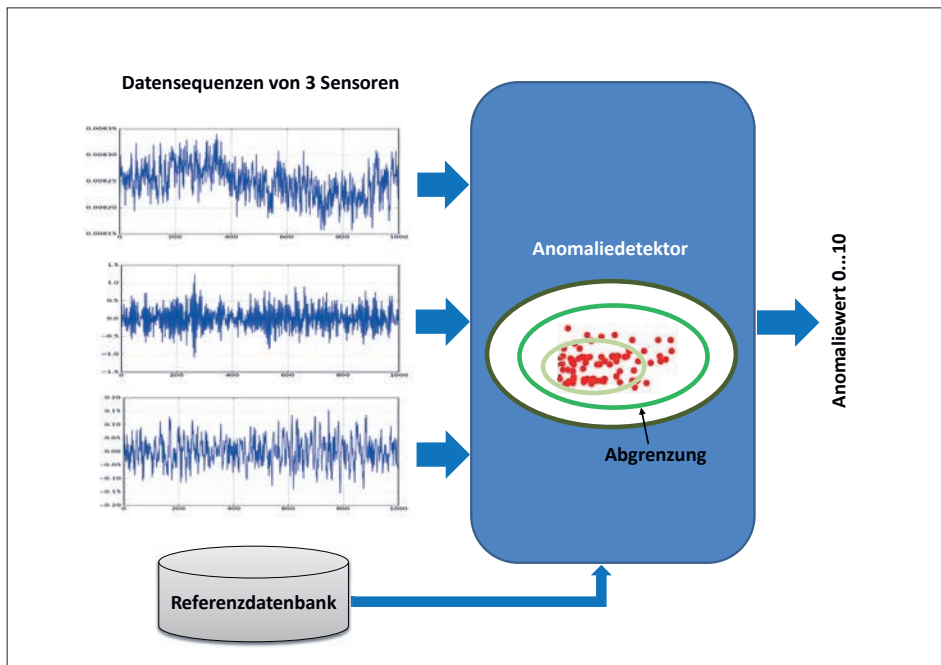


Datenreduktion: aus 1000 Datenmesswerten werden 5 RMS Messwerte.

Erwartungen werden oft nicht erfüllt

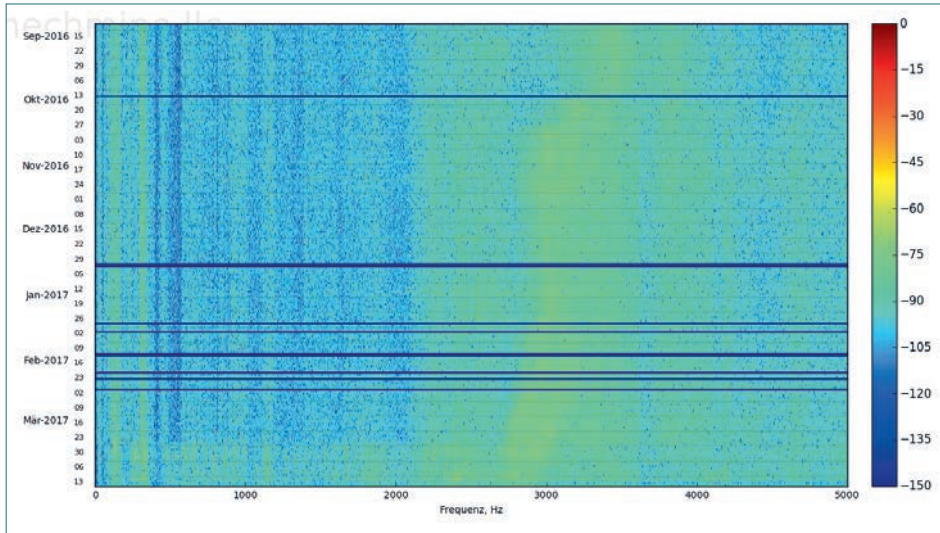
Es gibt jedoch Anzeichen dafür, dass die Predictive Maintenance bisher nicht immer die Erwartungen erfüllen kann. Zu oft wird nicht das bestmögliche Verfahren gewählt und häufig wird ein erheblicher Teil der Informationen in den Daten verschwendet. Das Angebot von Sensoren ist enorm und wächst stetig. Die typischerweise bei der Predictive Maintenance genutzten Messgrößen sind Temperatur, Druck, Leistung, Strom, Spannung, Beschleunigung, Geschwindigkeit oder Weg. Bei rotierenden Maschinen misst man die Vibration, übli-

Dies ist in Abbildung 1 dargestellt: Hier wird ein Vibrationssignal mit 1000 Messwerten (Rohdaten) auf fünf RMS-Werte reduziert. Ob man aus-RMS Werten auf einen Defekt schliessen oder diesen sogar vorhersagen kann, darf hinterfragt werden. Das Potenzial der Früherkennung eines entstehenden Lagerdefekts kann man aber auch selber kompromittieren: Gute handelsübliche Piezo-Sensoren haben eine Dynamik von 120 dB. Diese werden dann mit einem 16-Bit Wandler digitalisiert – aus Kostengründen oder Unwissenheit. Hier verschenkt man über 20 dB Dynamik, was die Früherkennung beeinträchtigen kann. Beim Einsatz von einfachen MEMS-basierten Vibrationsmesslösungen kann man das Potenzial der Predictive Maintenance auch nur bedingt ausschöpfen. Zum einen ist die Bandbreite solcher MEMS oftmals auf 1-2 kHz beschränkt. Zum anderen ist deren Dynamik auf unter 16-Bit beschränkt. Die Möglichkeiten eines PM-Systems hängen vom Informationsgehalt der gesammelten Daten ab, und diesen sollte man nicht schon zu Beginn einschränken.

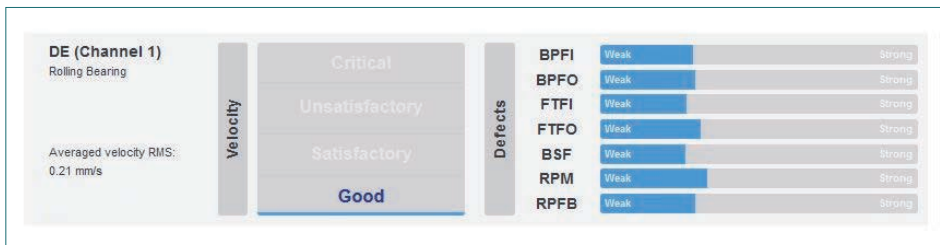


Vereinfachte Darstellung eines Anomaliedetektors mit Daten von drei Sensoren am Eingang.

Viele PM Anbieter setzen Methoden des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz (KI) ein, die meisten einen Anomaliedetektor (AD), beispielsweise weil man nur Daten vom guten Maschinenzustand hat. Die Funktionsweise eines solchen Detektors ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Messwerte der drei Datenquellen am Eingang werden in einen anderen Raum projiziert. Man stelle sich eine Wolke in einem mehrdimensiona-



Zuerst erhöht sich der Pegel ab 3 kHz und wandert dann langsam nach links.



Dashboard eines Kugellagers, links die Schwinggeschwindigkeit RMS nach ISO klassifiziert, rechts der Lagerzustandsindikator basierend auf nicht reduzierten Vibrationsdaten.

len Raum vor, und die Position eines jeden Wassertropfchens wird durch die Werte der Datenquellen bestimmt. Die Wassertropfen sind hier vereinfacht durch rote Punkte dargestellt. Mittels Referenzdaten wird die sogenannte Normalität berechnet, das heisst, die Punkte der Referenzdaten beschreiben die Positionen im Raum des guten Maschinenzustands, und die grünen Umrandungen eine Hülle der Wolke. Wenn nun ein neuer Messwert ankommt, wird ein hoher Anomaliewert ausgegeben, wenn der neue Punkt weit vom Zentrum zu liegen kommt, sonst ein tieferer. Die grünen Abgrenzungen stellen verschiedene Bereiche von Anomaliewerten dar, je nach Schwere des Ausreissers. Dieses Verfahren hat mehr Potenzial als die triviale Messwertüberwachung mit Schwellenwerten, wird aber nicht immer genutzt.

Rohdaten bringen die besten Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt ein Spektrogramm eines Lagers einer Maschine mit erhöhten Pegelwerten in den Frequenzen über 1 kHz. Mit fortschreitendem Verlauf des Defekts steigen die Pegel in den tieferen Frequenzen. Dieses Lager wurde im September 2017 vorbeugend gewechselt und hatte einen erkennbaren Schaden. Abbildung 4 zeigt das Resultat der Analyse von Daten einer Kugellagerprüfbank. Hier wurden Industrielager überlastet und deren Defektentwicklung dokumentiert.

Das Resultat rechts ist nur mittels hochauflöser Vibrationsdaten möglich, weil man mit RMS-Werten nicht zwischen Lager Innenring-, Aussenring-, Kugel- oder Käfigdefekt unterscheiden kann. Ein erhöhter RMS-Messwert würde wohl als Defekt interpretiert, auch wenn an den spezifischen Lagerdefektfrequenzen keine grosse Amplitude zu finden ist. Das führt zu Fehlalarmen. Dagegen kann durch Zuhilfenahme einer FFT der Vibrationsdaten ein Falschalarm unterdrückt werden. Zusammengefasst: Durch die Verwendung von Rohdaten lässt sich die Güte von Vorhersagen und damit die Predictive Maintenance massiv verbessern, sodass sie den Erwartungen gerecht werden kann. ●

Rudolf Tanner

► www.mechmine.ch

Der Autor des Artikels, Rudolf Tanner, ist Geschäftsführer der Mechmine GmbH. Die Predictive-Maintenance-Lösung von Mechmine erlaubt die vollautomatische Überwachung und, im Expertenmodus, die Datenanalyse. Die Retrofit-Lösung von Mechmine bietet maximale Sicherheit und ist auch für kleinere Anlagen erschwinglich.

Energie trifft Leistung.

Wenn es dauerhaft auf höchste Verlässlichkeit ankommt.

Der Dauerbrenner: die LTC-Batterie



- 3,6-Volt-Batterie
- hoher Energieinhalt
- Betriebsdauer bis zu 25 Jahre

Der Nachbrenner: die PulsePlus-Batterie



- hoher Energieinhalt
- hohe Pulsleistung
- ideal für GSM-Module
- fast keine Selbstentladung

Das Reserve-Kraftwerk: die TLM-Batterie



- 4-Volt-Batterie
- sehr hohe Pulsleistung
- ideal für den Notfall
- auch unter extremen Bedingungen

Was können wir für Sie tun?



Batterielösungen für:

Mauterfassung, Alarmanlagen, Smart Metering, Ortung, Meerestechnik, LKW-Maut, Verteidigung, Automotive etc.

www.tadiranbatteries.de

ineltro

Ihr Ansprechpartner:

Ineltro AG
Riedthofstrasse 100
8105 Regensdorf
Tel. 043 343 73 00
Fax 043 343 73 09
contact@ineltro.ch
www.ineltro.ch