

## CONDITION MONITORING

SENSOR OVERKILL  
VS. KEEP IT SIMPLE

Viele Sensoren erzeugen viele Daten aber benötigen auch viele Ressourcen. Gerade im Condition Monitoring werden Sensoren an immer mehr Stellen eingesetzt. Unter Umständen wird dadurch mehr Komplexität erzeugt als notwendig. Ein Ansatz, der auf gut handhabbare Informationen baut, kann bei weniger Ressourcenverbrauch ähnlich gute Ergebnisse liefern.

**F**ahren Sie ein konventionelles Auto mit Verbrennungsmotor? Und ist Ihnen in diesem Zusammenhang schon einmal aufgefallen, dass – neben einer Heerschar an Sensoren – oftmals das einzig verbliebene Instrument zur Beurteilung des aktuellen Maschinenzustandes bzw. des Motors die Temperaturanzeige des Kühlwassers ist? Oder erinnern Sie sich noch an früher, wo manche Fahrzeuge mit Zusatzinstrumenten zur Anzeige der Öltemperatur und/oder des Öldrucks ausgestattet waren (Abbildung 1)? Aber warum war das so? Ganz einfach, man hat sich bei der Überwachung der Funktionsfähigkeit des Motors – neben einer regelmäßigen Kontrolle der Füllstände von Betriebsflüssigkeiten sowie durchgeführter Inspektionen – auf das Wesentliche konzentriert.

**Christian Meindl**, Business Development & Technical Sales Manager,  
MP Filtri Germany GmbH, St. Ingbert



**01** Kombiinstrument zur Anzeige von Öldruck und Kühlwassertemperatur in einem Auto der Marke MG

## DER ENDANWENDER STEHT IM MITTELPUNKT

Übertragen auf das industrielle Umfeld, wirft obiges Beispiel nicht nur die Frage nach dem „Warum“ einer Zustandsüberwachung von Anlagen und Maschinen auf, sondern vor allem nach dem „Wie“ sowie dem „Grad der Komplexität“.

Es ist unbestritten, dass jede Anlage einem natürlichen Verschleiß unterliegt und dass prozesskritische Maschinen allein schon unter dem Aspekt einer Gesamtbetriebskostenbetrachtung (Total Cost of Ownership TCO), einer permanenten – durch an der Maschine installierte Sensoren – oder zumindest regelmäßigen Zustandsüberwachung bedürfen. Es geht hierbei nicht nur um die Vermeidung ungeplanter Stillstände oder einer verbesserten Planung von Instandhaltungsmaßnahmen, sondern vielfach auch um die Gewährleistung einer geforderten Anlageneffizienz sowie Betriebssicherheit. Die Ausgestaltung einer zielorientierten Zustandsüberwachungsstrategie und die damit einhergehende Auswahl der richtigen Messmittel- und Methoden, sind vor diesem Hintergrund elementar. Hierbei darf die Zielgruppe bzw. der Anwender – und damit der zugrunde gelegte Grad an Komplexität – nicht außer Acht gelassen werden. Letzterer wird vor allem durch folgende Aspekte maßgeblich beeinflusst:

- Komplexität bei der Ergebnisinterpretation gemessener Zustandsparameter und Größen
- Eindeutigkeit ausgegebener Handlungsempfehlungen und abzuleitender Maßnahmen





■ Technische Komplexität bei der Implementierung eines Zustandsüberwachungsansatzes. Bedeutet: Anzahl und Auswahl der Messverfahren sowie deren Applikation an (Sensoren [online], portable Messgeräte [on-site]) und fernab (Laboranalysen [offline]) der Maschine.

## IM Dschungel der Zustandsüberwachungslösungen

Ich denke Sie ahnen es bereits, das Thema ist komplex und es gibt nicht DIE eine Universallösung, Strategie oder Messmethode.

In einem ersten Schritt steht die Auswahl der richtigen Strategie. Heißt, muss eine Maschine wirklich permanent 24/7 überwacht werden oder reicht eine turnusmäßige Inspektion – respektive vorbeugende Instandhaltung? Ohne es vorwegzunehmen, vielleicht liegt ja die heilsbringende Lösung in der Kombination beider Ansätze.

Ist eine Strategie gefunden, geht es um die Zusammenstellung geeigneter Werkzeuge für deren Umsetzung. Die Auswahl ist hierbei nicht nur groß, sondern kann je nach Anwendung auch stark variieren. Abbildung 2 fasst daher noch einmal die gängigsten Zustandsüberwachungsmethoden im industriellen Umfeld zusammen. Bei diesen wird gedanklich zwischen prädiktiven und proaktiven Methoden unterschieden – also ganz analog zu den vorhersehenden (Predictive Maintenance) und vorausschauenden Instandhaltungsstrategien (Proactive Maintenance). Während prädiktive Messmethoden sich neben einer Bestandsaufnahme des Maschinenzustandes vornehmlich zur Abschätzung von Reststandzeiten (Remaining Useful Lifetime RUL) oder Trends anbieten, eignen sich proaktive Messmethoden neben einer Trendbetrachtung vornehmlich zur Schadensprävention durch die Überwachung festgelegter Grenzwerte (z. B. eine spezifizierte Ölrreinheitsklasse) oder plötzlich auftretender Anomalien

### Werkzeuge für die permanente Anlagenzustandsüberwachung (Online Condition Monitoring)



Körperschall-  
analyse



Fluid-  
Monitoring



Prozess-  
Monitoring



Endoskopie



Laboranalyse



Thermo-  
graphie

### Werkzeuge für die periodische Anlagenzustandsüberwachung (Offline / On-Site Condition Monitoring)

## 02 Gängige Zustandsüberwachungsmethoden im industriellen Umfeld

(z. B. Detektion von Ausrichtfehlern an Wellenkupplungen oder Unwuchten an Ventilatoren).

## KONZENTRATION AUFS WESENTLICHE

Werfen wir aber nun einen Blick auf das Feld der fluidorientierten Zustandsüberwachung. Diese findet im industriellen Umfeld



### Das Pareto-Prinzip - die 80:20-Regel in der Instandhaltung

Die kritischen Wenigen (80:20)  
Ressourcen auf diese Ursache fokussieren



### 03 Ausfallursachen und ihre Bedeutung für das Ausfallgeschehen

vorwiegend in den Bereichen der Schmierung (z. B. Motoren, Getriebe, Turbinen, Pumpen, Verdichter) und Hydraulik (z. B. Pressen, Mobilmaschinen, Kräne) Anwendung. Führt man sich vor Augen, dass ein Großteil der verschleißbedingten Ausfälle fluidtechnischer Anlagen auf mangelnde oder falsche Schmierung sowie kontaminierte Fluide zurückzuführen ist, unterstreicht dieses die Wichtigkeit einer permanenten oder zumindest periodischen Überwachung eingesetzter Fluide. In Summe sind es die folgenden Faktoren, welche einen negativen Einfluss auf den Zustand von Fluiden haben:

- Partikuläre Feststoffverschmutzung (Staub, Verschleiß, Rückstände)
- Flüssige Kontaminationen (Wasser, Kühlfüssigkeit, Ölvermischungen)
- Gasförmige Kontamination (Luft, Prozessgase)
- Ölalterung/ Varnish
- Betriebsdruck, Temperatur, Volumenstrom
- Öltyp / Ölqualität
- Additivierung
- Elektrostatik
- Umwelteinflüsse

Bricht man diese noch weiter herunter, so zeigt sich die partikuläre Feststoffverschmutzung als Hauptursache für ungeplante Maschinenausfälle in fluidtechnischen Anwendungen – gefolgt von übermäßigem Wassereintrag sowie Fluidalterungszuständen und der Verwendung ungeeigneter Fluide (siehe hierzu auch Abbildung 3). Zusammengefasst geht es bei der Bestimmung von Fluid-

zuständen in der Hauptsache um die Detektion und Quantifizierung von festen und flüssigen Kontaminationen (siehe obige Faktoren). Darüber hinaus kommen eine Vielzahl weiterer Messmethoden zur Anwendung, die ein umfassendes Bild über das Fluid sowie seinen Alterungs- bzw. Gebrauchszustand vermitteln. Während Kontaminationen noch zuverlässig und reproduzierbar mit an der Anlage installierten Sensoren zu bestimmen sind, empfiehlt sich für die Ermittlung von Fluidalterungszuständen eine umfassende Analyse im Labor. Dieses verdeutlicht, dass direkt an der Maschine installierte Sensoren nur ein eingeschränktes Bild über den Gesamtzustand einer Anlage bzw. des verwendeten Fluids liefern können. Erst ein kombinierter und weitreichender Ansatz mit flankierenden Fluidanalysen im Labor, offenbart dem Anlagenbetreiber ein vollständiges Bild über den Zustand seiner Anlage. Sie gehen schließlich auch nicht zum Arzt und lassen im Rahmen einer Vorsorgeuntersuchung nur Ihren Blutdruck messen. Sie untermauern das Ergebnis in der Regel mit einem Blutbild und anderen laborgestützten Untersuchungen.

### GUT DETEKTIERT IST NUR HALB GEWONNEN

Wer sich mit einer fluidorientierten Zustandsüberwachung beschäftigt, sollte nicht nur den Blick über den methodischen Tellerrand wagen (z. B. durch den flankierenden Einsatz weiterer Messmethoden), sondern sich vor allem mit den abzuleitenden Handlungsmaßnahmen auseinandersetzen. So darf das Bestimmen von Maschinenzuständen nicht zum Selbstzweck verkommen, sondern bildet die Grundlage zur Steuerung von Instandhaltungsprozessen und dient der Initiierung standzeitverlängernder Maßnahmen.

Wir erinnern uns: Da ein Großteil der Anlagenausfälle fluidtechnischer Systeme auf die partikuläre Feststoffverschmutzung zurückzuführen ist, ist das Themengebiet der Fluidzustandsüberwachung untrennbar mit dem der Fluidpflege – respektive der Fluidfiltration verknüpft. Fluidzustandsüberwachung und Fluidpflege bilden an dieser Stelle einen symbiotischen Regelkreis, welcher sich in mobilen Fluidfiltrationseinheiten mit integrierter Kontaminationsbestimmung und automatischer Betriebssteuerung versinnbildlicht.

### HIN ZUM INTELLIGENTEN ANSATZ

Ohne seine Bedeutung zu schmälern, ist Fluid Condition Monitoring häufig nur ein Baustein von vielen innerhalb eines Maschinenzustandsüberwachungskonzeptes, welches sich eng an der Prozessrelevanz der zu überwachenden Anlage bzw. Maschine und der daraus abzuleitenden Instandhaltungsstrategie orientiert. Man kann eine Fluid Condition Monitoring Lösung daher in vielen Fällen nicht isoliert betrachten. Vielmehr gilt es sie zielge-

#### Online-Sensoren & On-Site-Geräte

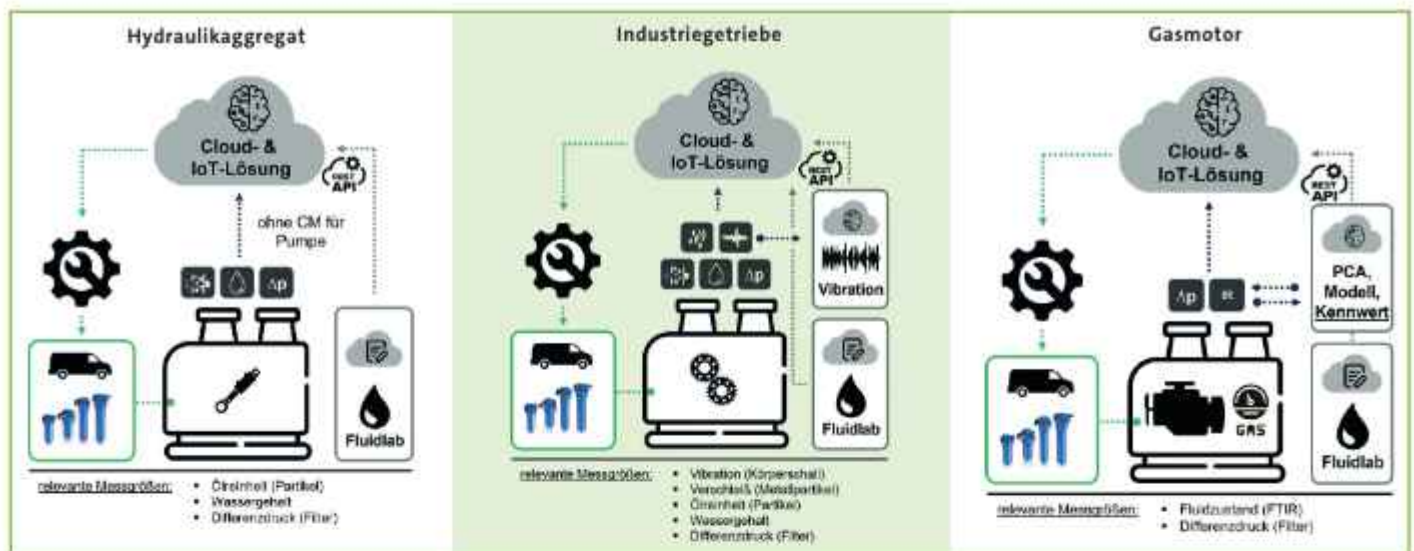
- ☑ Einflüsse von außen, wie z.B. Fremdkontamination, werden eliminiert
- ☑ Dynamische Änderungen im System können gemessen und analysiert werden
- ☑ Überwachung kritischer Parameter in "Echtzeit"
- ☑ Ideales Trendinstrument
- ☒ Hinsichtlich untersuchbarer Parameter/ Messgrößen beschränkt
- ☒ Ursachenanalysen nur bedingt und eingeschränkt möglich

#### Offline-Analysen (Labor)

- ☑ Umfassende Zustandsbeurteilung des Fluids und der Maschine möglich
- ☑ Durchführung von Ursachenanalysen
- ☒ Schwierigkeiten in der Ergebnisinterpretation bei sich dynamisch verändernden Maschinenzuständen
- ☒ Mögliche Fehlanalysen (z.B. bei der Öltreinheitsbestimmung) durch unsachgemäße Handhabung (Probenentnahmeort, Gefäß)
- ☒ Zustandsüberwachungslücken durch Probenentnahmeintervalle

Vergleich Online-Fluidsensoren und Laboranalysen





#### 04 Beispiele IoT-gestützter Zustandsüberwachungskonzepte

richtet in ein bestehendes Konzept zu integrieren oder ein eigenständiges um sie herum aufzubauen – und vielleicht ist der einzelne Fluidsensor an der einen oder anderen Stelle schon die komplette Lösung. Nichtsdestotrotz gilt es im Rahmen der Lösungsfindung folgende Bausteine miteinander zu verknüpfen bzw. zu berücksichtigen:

- Messsysteme und Methoden
- Dateninfrastruktur und Zugänglichkeit sowie Aufbereitung und Darstellung von Messdaten
- Zugrunde gelegte Instandhaltungsstrategien und abgeleitete Handlungsempfehlungen sowie damit verbundene Werkzeuge zur Verlängerung der Anlagenstandzeit

Vor allem hinsichtlich der Messmethodik ergänzen sich permanent an der Maschine installierte Sensoren und professionell durchgeführte Fluidanalysen nahezu ideal – wie Tabelle 1 verdeutlicht.

Die buchstäbliche Klammer bilden in diesem Kontext zunehmend IoT-Systeme und Portale (Gateways, Datenlogger, Hubs, Cloudplattformen), die autark zur IT-Infrastruktur des Kunden, die (Mess)ergebnisse verwendeter Datenquellen speichern, aggregieren, aufbereiten, bereitstellen und als Handlungsempfehlungen ausgeben sowie in zielgerichtete Maßnahmen überführen (z. B. Auslösen eines Service-Einsatzes zur Durchführung eines Filterwechsels oder temporäres Anschließen einer standzeitverlängernden Nebenstromfiltrations- oder Entwässerungseinrichtung an eine Anlage).

#### SENSOR OVERKILL ODER DOCH LIEBER „KEEP IT SIMPLE“?

Aber kommen wir abschließend zur alles entscheidenden Frage: Müssen Dinge immer unnötig kompliziert sein bzw. muss jedes kleine Bauteil einer Maschine sensorisch überwacht werden, oder manifestiert sich der Zauber einer guten Zustandsüberwachungslösung doch in ihrer Einfachheit?

Der vorangegangene Abschnitt mag auf den ersten Blick einen hohen Grad an Komplexität vermitteln – dem ist bei näherer Betrachtung aber nur bedingt so. Der „Keep it Simple Gedanke“ einer Zustandsüberwachungslösung spiegelt sich nicht in der Komplexität seiner verwendeten Technik wider, sondern bezieht sich vielmehr auf die Dezentralisierung von Intelligenz fernab der Maschine, so dass sich bei den direkt an der Maschine gemessenen Größen auf die Wesentlichen konzentriert werden kann. Die eigentliche „Herausforderung“ ist es also, die relevanten Messgrößen an und fernab der Maschine zu identifizieren



„Die Herausforderung ist nicht, möglichst komplexe Technik zu verwenden, sondern die entscheidenden Messgrößen zu identifizieren und dem Anwender handlungsorientiert zugänglich zu machen.“

Christian Meindl,  
Business Development & Technical Sales Manager,  
MP Filtri Germany

und diese in Kombination mit einer dezentralen Intelligenz dem Anwender verständlich und handlungsorientiert zugänglich zu machen. Dabei kann ein derartiger Ansatz beliebig komplex oder bestechend einfach ausfallen – was durch die in Abbildung 4 bis 6 gezeigten Beispiele verdeutlicht wird. Unbestritten bleibt bei all dem, dass die Benutzerschnittstelle einfach, aussagekräftig, handlungs- und anwendungsorientiert sowie global zugänglich zu gestalten ist.

In diesem Sinne ... „Keep it simple“!

Bilder: Grafiken: Peter Meindl, Bild 01 Caerbon Automotive Instruments Ltd., Bild 03 VSI

[www.mpfiltri.de](http://www.mpfiltri.de)