

Condition Monitoring an Krananlagen

Antriebe unter Kontrolle

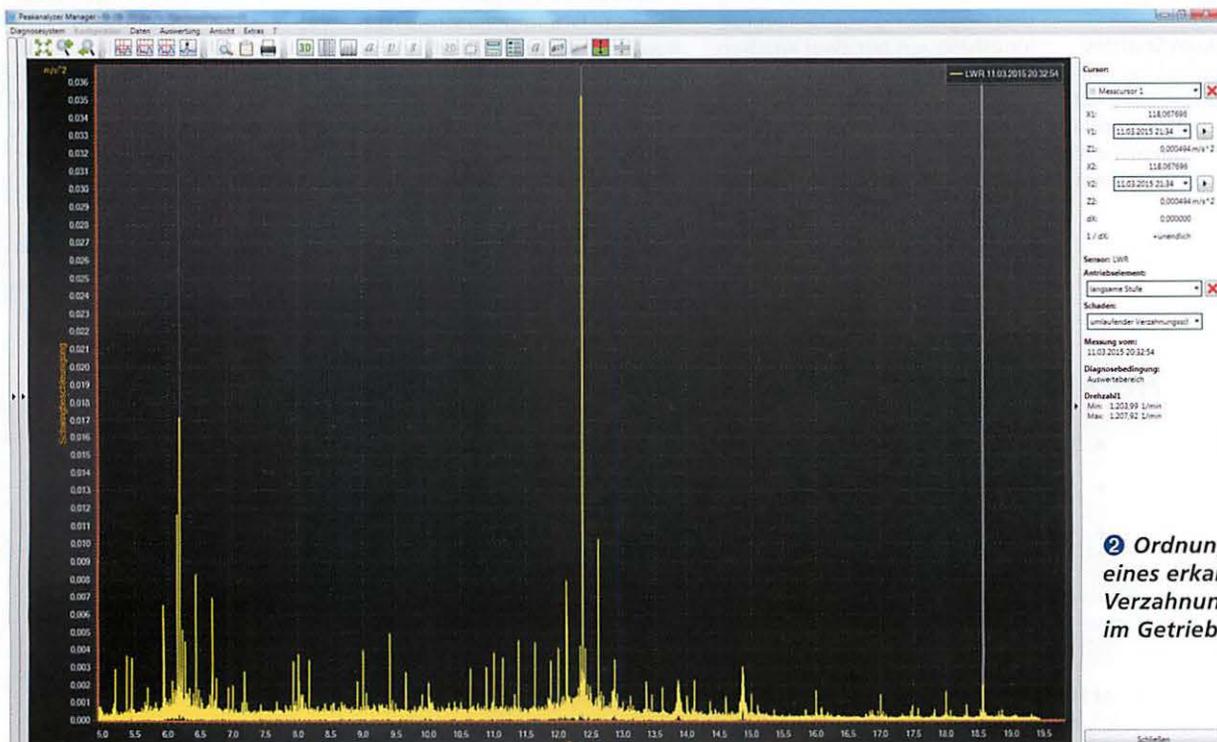
Antriebe von Krananlagen gehören zu den technischen Einrichtungen, von denen hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit erwartet werden. Diese Antriebe unterliegen Schädigungseinflüssen, die zu ungeplanten Stillständen und zu Störungen im Produktionsprozess führen können. Deshalb lohnt sich die vorausschauende Instandhaltung, bei der sich Instandsetzungszeitpunkt und Instandsetzungsumfang am tatsächlichen Schädigungszustand orientieren. Condition Monitoring, die permanente automatisierte Maschinendiagnose auf der Grundlage von Schwingungsanalysen, hilft dabei, Unregelmäßigkeiten an Fahrwerken (Bild 1), Hubwerken, Trommellagern und Oberflaschen so frühzeitig zu erkennen, dass ungeplante Stillstände vermeidbar sind. In der Branche gilt heute als gesichert, dass rd. 99 % aller Schäden an Wälzlagern und Getrieben rechtzeitig erkannt werden.

■ Rainer Wirth

Man stelle sich vor, dass die Laufbahn eines Wälzlageraußenrings einen Fehler, z. B. einen Pittingschaden, hat. Alle Wälzkörper passieren die Schadensstelle und überrollen sie. Und weil die



1 Durch Condition Monitoring überwacht Fahrwerk eines Krans in einem Stahlwerk



2 Ordnungsspektrum eines erkannten Verzerrungsschadens im Getriebe



dert sich das Schwingungsbild. Die Zahn-eingriffsschwingung wird mit der Dreh-schwingung des geschädigten Zahnrads amplitudenmoduliert. Im Spektrum des Signals entstehen Seitenbänder. Und anhand der Frequenz lässt sich genau identifizieren, welches Zahnrad betroffen ist.

Alle mechanischen Erreger in Antrieben – egal, ob diese auf den normalen Betrieb oder auf Unregelmäßigkeiten zurückzuführen sind – haben eine bestimmte Frequenz, die im Normalfall berechenbar und somit bekannt ist. Dass zwei verschiedene Phänomene dieselbe Frequenz haben und damit nicht unterschieden werden können, kommt zwar vor, ist aber eher selten der Fall. Und selbst dann kann oft noch durch den Vergleich der Schwingungsamplituden an verschiedenen Messorten eine grobe Eingrenzung vorgenommen werden.

Außerdem ist bekannt, dass nach sinusförmigen Schwingungen im Spektrum und nach stoßimpulsförmigen Schwingungen im Hüllkurvenspektrum gesucht werden muss. Folglich sind Unwucht, Ausrichtfehler und Unregelmäßigkeiten an Verzahnungen im Spektrum, dagegen beginnende Wälzlagerschäden, Lagersitzprobleme und Wellenschäden im Hüllkurvenspektrum zu finden. Das gilt zumindest für Antriebe, die wenigstens in der reinen Messzeit drehzahlkonstant betrieben werden können.

Bei Krananlagen laufen die Antriebe meist nur einige wenige Sekunden

Für drehzahlvariable oder drehzahlwellige Antriebe – das dürfte heute die Mehrzahl sein – ist alternativ die Ordnungsanalyse mithilfe eines Resamplings (Stichprobenwiederholung) das Mittel der Wahl. Dabei wird ein zeitsynchron gemessenes Schwingungssignal mit Hilfe eines ebenfalls zeitsynchron gemessenen Drehzahlsignals auf den überstrichenen Drehwinkel interpoliert. Das Ergebnis sind ein Ordnungsspektrum und ein Hüllkurvenordnungsspektrum, auf deren Abszisse die Ordnung, d. h. die Vielfachen einer zuvor festgelegten Referenzwellendrehzahl, aufgetragen ist. Bild 2 zeigt ein Ordnungsspektrum bei einem Verzahnungsschaden.

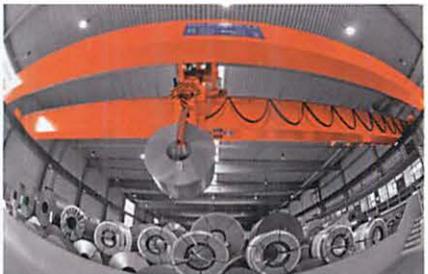
Bei Krananlagen kommt eine Besonderheit hinzu: Die Antriebe laufen meist nur ein paar Sekunden. Der Peakanalyser, das Online-Condition-Monitoring-System der Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH (GfM) in Berlin, nutzt die

Schadstelle ganz sicher eine Kante hat, erzeugt jeder einzelne Wälzkörper, der vorbeikommt, einen Stoß, der einem Hammerschlag auf den Wälzlageraußenring ähnelt. Mit welcher Frequenz das geschieht, d. h. wie oft pro Sekunde die Stöße erzeugt werden, lässt sich anhand der Wälzlagergeometrie einfach ausrechnen oder kann bei den Wälzlagherstellern erfragt werden.

Jeder Stoß bringt mehr oder weniger die gesamte umgebende Maschinenstruktur zum Schwingen. Diese Schwingungen werden im Material gut weitergeleitet und sind auch in einiger Entfernung zuverlässig messbar. Schwingungen lassen sich heute sehr fein analysieren. Das Hüllkurvenspektrum ist beispielsweise ein Werkzeug, das die im Signal enthaltenen Stoßfolgen und deren Frequenzen zuverlässig anzeigt. Der Vergleich der gemessenen mit den berechneten Schadensfrequenzen verrät dann, welches Bauteil in welchem Wälzlager geschädigt ist.

Bei Industriegetrieben gehört die Zahneingriffsschwingung zu den als normal akzeptierten Erscheinungen. Ist jedoch ein Zahn geschädigt, so verän-

ES Wir packen es an!



Individuelle Kundenwünsche mit Komponenten von

DEMAG

A TEREX BRAND

- Spezialkranbau, Brückenkrane, Hängekrane
- Kranumbauten, Kranausrüstungen
- Sonderlaufkatzen
- Stahlbau, Kranbahnen
- Sonderlösungen, Verzinkereiausrüstung
- Brems- und Getriebemotoren
- Kranüberprüfung, Wartung, Service, Reparatur, Beratung

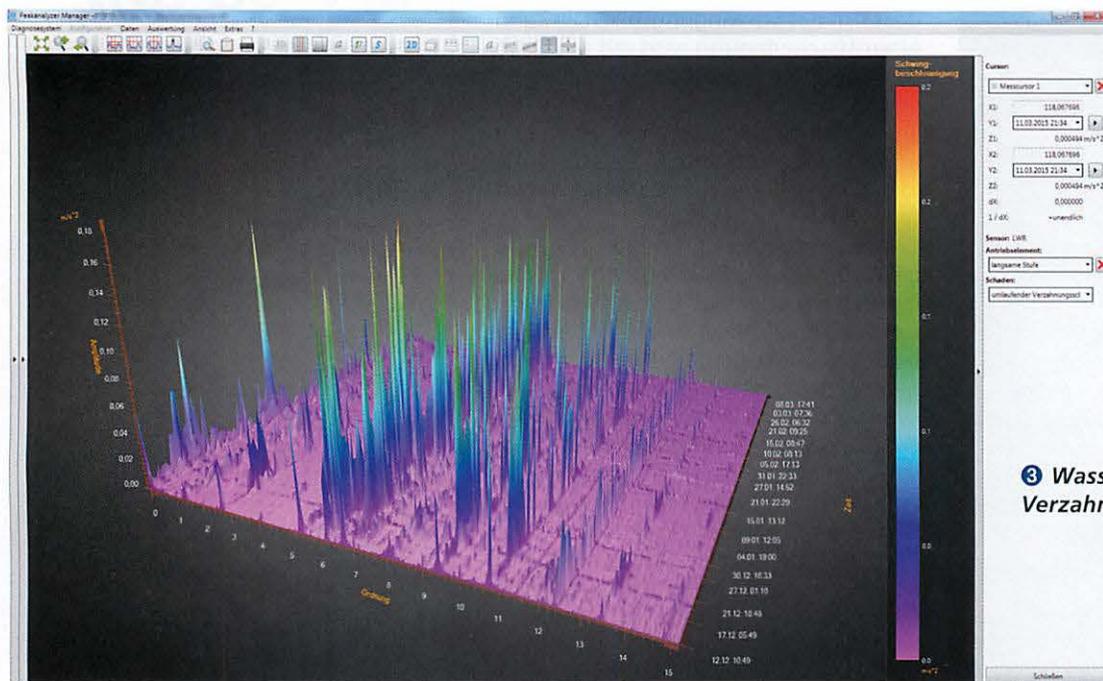
ES Erich Schäfer GmbH & Co. KG

Förder- und Antriebstechnik seit 1950

Käner Str. 11
D-57074 Siegen-Feuersbach

Tel. 02737 501-0
Fax 02737 501-100

www.e-schaefer-kg.de
info@e-schaefer-kg.de



3 Wasserfalldiagramm bei einem Verzerrungsschaden

relativ kurzen Fahrwege der Antriebe, um Schwingungssignale aufzuzeichnen, was bei laufendem Betrieb des Krans geschieht. Die aufgezeichneten Signale werden auf Plausibilität überprüft. Zu kurze Messungen werden verworfen und bei der nächsten sich bietenden Möglichkeit wiederholt. Im Normalfall ist es völlig ausreichend, wenn jeweils nach ein paar Tagen eine gültige, verwertbare Messung gespeichert werden kann.

Über GfM

Die GfM Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH ist ein Spezialist für die Diagnose von wälzgelagerten Industriegetrieben. Neben der Schwingungsdiagnose und der Drehmomentanalyse als Dienstleistung werden Messgeräte für die Offline-Maschinendiagnose sowie Online-Condition-Monitoring-Systeme entwickelt und vertrieben. Darüber hinaus werden entsprechende Seminare angeboten. Da die GfM keine Bindung zu Ersatzteillieferanten, Instandsetzungs- oder Versicherungsunternehmen für die Antriebstechnik hat, sind die Diagnoseberichte und Gutachten als neutral zu betrachten.

Die Maschinendiagnose sollte so weit wie möglich automatisiert sein

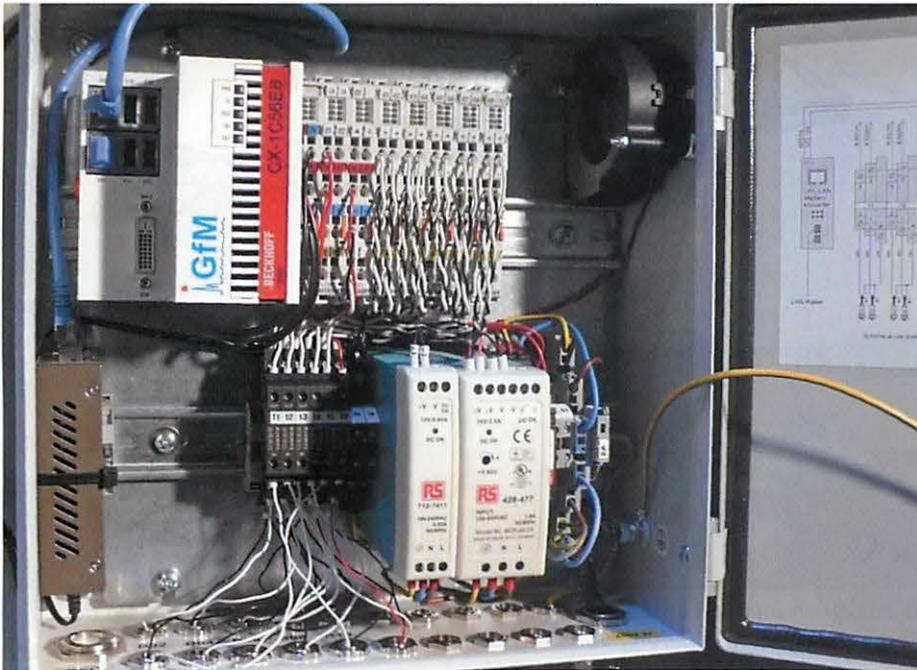
Deutlich komplexer als die Bildung von Spektren für die Maschinendiagnostik ist deren Bewertung. Bei Temperaturen, Drücken, Kräften oder Drehmomenten ist es üblich, Grenzwerte zu definieren, die sich aus Materialeigenschaften oder geometrischen Parametern berechnen lassen und leicht nachprüfbar sind. Im Rahmen der Maschinendiagnose Grenzwerte für Schwingungsamplituden festzulegen, ist viel komplizierter oder gar unmöglich. Es ist illusorisch, einen allgemeingültigen Zusammenhang zwischen der Höhe eines Peaks im Spektrum oder Hüllkurvenspektrum und einer mechanisch bestimmbarer Schadensgröße herzustellen. So etwas gelingt nur in Einzelfällen an Antrieben, für die es belastbare Erfahrungswerte gibt.

Auf der anderen Seite muss der erforderliche Zeitaufwand für die Betreuung jedes einzelnen Systems gering sein, sonst lohnt sich der Einsatz von Condition Monitoring nicht. Es ist kaum vorstellbar, dass ein Instandhaltungsleiter einen Stab von spezialisierten Maschinendiagnostikern beschäftigen kann. Damit Condition-Monitoring-Systeme (CMS) flächendeckend eingesetzt werden können, muss die Maschinendiagnose folglich so weit wie möglich automatisiert sein.

Für die frequenzselektive Maschinendiagnostik sind heute verschiedene Ansätze zur Automatisierung üblich. Sehr verbreitet ist die Überwachung von

Spektren auf Amplitudengrenzwerte. Werden diese manuell definiert, haben sie zwangsläufig subjektiven Charakter. Grenzwerte werden mitunter aber auch automatisch durch Lernalgorithmen auf der Basis von Referenzdaten generiert, wenn entsprechende Muster vorliegen.

Die GfM hat mit einem völlig anderen Ansatz hervorragende Erfahrungen gesammelt. Alle gebildeten Spektren – soweit möglich, werden vorzugsweise Ordnungsspektren genutzt – werden einer modifizierten Signifikanzanalyse unterzogen, bei der auffällige Spektrallinien vollautomatisch extrahiert werden. Anschließend wird für diese auffälligen Spektrallinien lediglich überprüft, ob deren Frequenzen mit kinematischen Schadensmustern übereinstimmen. Die Signifikanzanalyse ist aus der mathematischen Statistik bekannt und wurde ursprünglich für die Bewertung großer statistischer Massen eingesetzt. Dieses Verfahren ist weitgehend unabhängig von der Belastung des Antriebs und funktioniert folglich unter Volllast ebenso wie im Teillastbetrieb. Die Ergebnisse sind so zuverlässig, dass auf manuelle Analysen zunächst verzichtet werden kann. Lediglich die finale Instandhaltungsentscheidung – Weiterbetrieb oder Reparatur – sollte ein Fachmann fällen, gegebenenfalls, aber nicht zwingend, nach der Gegenprüfung durch einen Diagnostiker. Dazu stehen verschiedene Werkzeuge, wie Wasserfalldiagramm (Bild 3) oder Spektrogramm, zur Verfügung. Diese weitreichende Automatisierung führt zu einem mini-



4 Peakanalyser während der Installation

(Bilder: GfM)

malen Betreuungsaufwand der Systeme und somit zu niedrigen laufenden Kosten.

Die Condition-Monitoring-Systeme lassen sich heute einfach und durch „normales“ Instandhaltungspersonal ohne besondere Qualifikation installieren. Schwingungssensoren werden am Maschinengehäuse – falls möglich – mit Sackloch und Schraubverbindung oder sonst per Klebeverbindung befestigt.

Das Verdrahten ist reine Elektrikerarbeit (Bild 4). Für die Konfigurierung eines CMS sind assistierende Eingabemasken üblich. So können die kinematischen Zusammenhänge komplexer Antriebe leicht im CMS abgebildet werden – eine Grundvoraussetzung, damit das CMS weiß, wonach es suchen muss. Diese Eingaben können mit Grundkenntnissen der Antriebstechnik vorgenommen werden. Spezielle Diagnosekenntnisse sind

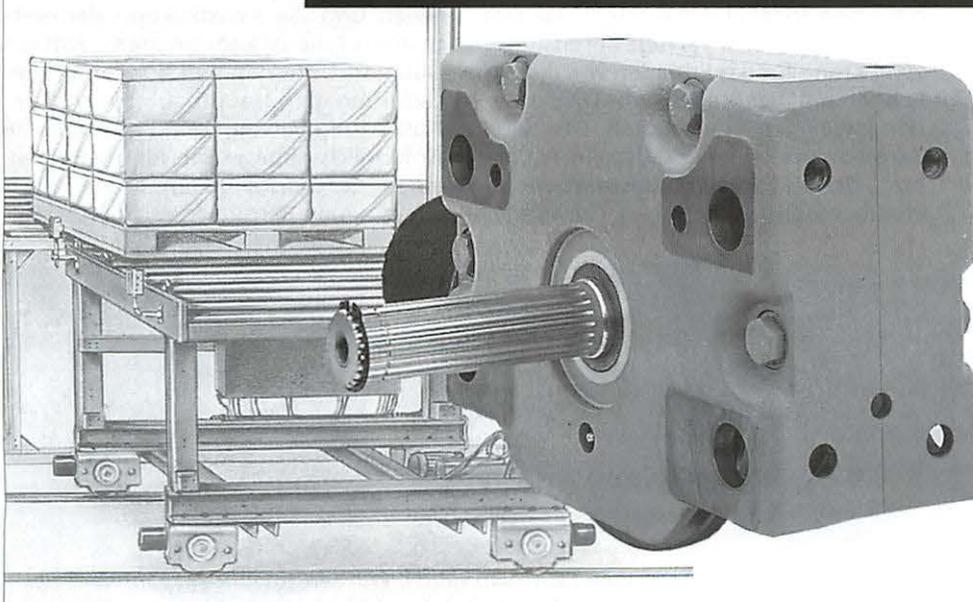
nicht erforderlich. Nur für die Instandhaltungsentscheidung, d. h. wenn ein Antriebsselement im CMS eindeutig und wiederholt als auffällig deklariert wird und nun entschieden werden muss, ob und wann eine Instandsetzung durchzuführen ist, sollte ein kompetenter Instandhalter zu Rate gezogen werden, der vor allem auch spezifische Sachkenntnis zur diagnostizierten Maschine hat. Doch dafür muss der Betreiber kein eigenes Diagnosepersonal vorhalten. Eine eventuell gewünschte händische Beurteilung des Schädigungszustands können externe Experten – im einfachsten Fall Servicemitarbeiter des CMS-Lieferanten – vornehmen.

Werden alle Möglichkeiten genutzt, die modernes Condition Monitoring heute bietet, ist schnell erkennbar, dass sich die Kosten dafür allein aus vermiedenen Stillstandskosten und Folgeschäden rechtfertigen lassen. Damit bietet Condition Monitoring neben technischer Sicherheit auch Schutz vor unerwarteten finanziellen Risiken. □

Dr. Rainer Wirth
ist Geschäftsführer der
GfM Gesellschaft für
Maschinendiagnose
mbH in Berlin



Der andere Radblock. Passend für alle Aufsteckgetriebe.



Überall, wo Güter auf Schienen transportiert werden, sind GEORG-Radblöcke im Einsatz. Sie finden Anwendung u.a. in der Lager- und Fördertechnik sowie im Maschinenbau.

Das Gehäuse bietet allseitige Befestigungsmöglichkeiten und ist selbstverständlich „zusammengeschraubt“. Nachschmierbare Pendelrollenlager bieten Funktionssicherheit auch bei extremen Bedingungen.

Fordern Sie uns für Ihre Förderprobleme. Wir informieren Sie gern.



KARL GEORG

Stahlherstellungs- und Verarbeitungs GmbH
Karl-Georg-Straße 3
D-57612 Ingelbach-Bahnhof
Tel. (0 26 88) 95 16-0 • Fax 95 16-49
www.karl-georg.de • info@karl-georg.de