

# Einführung in die Schwingungsmessung

Einfach ausgedrückt bedeuten Schwingungen bei motorbetriebenen Geräten lediglich die Hin- und Herbewegung oder Oszillation von Maschinen und Komponenten wie z. B. Antriebsmotoren, angetriebene Geräte (Pumpen, Kompressoren usw.) sowie Lager, Wellen, Getriebe, Riemen und andere Bestandteile mechanischer Systeme.

Schwingungen in Komponenten oder ganzen Systemen von Industrieanlagen können sowohl ein Anzeichen als auch die Ursache von Problemen sein. Sie können aber auch im Zusammenhang mit dem Maschinenbetrieb vollkommen normal und damit kein Grund zur Sorge sein. Doch woran erkennt der Instandhaltungstechniker den Unterschied zwischen zulässigen, normalen Schwingungen und der Art von Schwingungen, die einen unmittelbaren Eingriff durch Fehlersuche, Reparatur oder den Austausch der problematischen Komponenten erfordern?

Der Instandhaltungstechniker benötigt grundlegendes Wissen über Schwingungen und ihre Ursachen und er muss die in seinem Einsatzbereich arbeitenden Anlagen und deren Komponenten gut kennen. Mit dem neuen Schwingungsmessgerät Fluke kann der Techniker schnell und zuverlässig die Ursache und den Schweregrad der Schwingungen ermitteln und Reparaturempfehlungen abrufen. Damit schafft Fluke 810 eine höhere Flexibilität bei der zustandsbasierten Instandhaltung und für Inspektionen im Rahmen eines Instandhaltungsprogramms. In vielen Fällen macht diese neue Funktionalität des Messgeräts die umfangreiche Überwachung und Aufzeichnung, wie sie in der Regel für typische Programme zur Langzeitüberwachung von Schwingungen erforderlich sind, sogar überflüssig machen.

Schwingungen sind nicht immer ein Problem. Bei manchen Vorgängen sind Schwingungen notwendig. Maschinen wie Schwingschleifer und Vibrationsmischer verwenden Schwingungen zur Entfernung von Material und zur Bearbeitung von Oberflächen. Schwingförderer bewegen Material mittels Schwingungen. In der Bauindustrie werden Rüttler verwendet, um Beton und kompakte Füllungsmaterialien in Formen einzubringen. Beim Straßenbau werden Vibrationswalzen eingesetzt, um Asphalt zu verdichten.

## White Paper

### Schwingungsmesstechnik

In anderen Fällen hängen Schwingungen mit der Konstruktion der Maschine zusammen. So ist z. B. beim Betrieb von Kolbenpumpen und -kompressoren, Verbrennungsmotoren und Zahnradantrieben ein gewisses Maß an Schwingung kaum zu vermeiden. Bei einer gut konstruierten und instand gehaltenen Maschine sollten solche Schwingungen kein Anlass zur Sorge sein.

#### Wann wird Schwingung zu einem Problem?

Die meisten industriellen Geräte sind so konzipiert, dass sie mit minimaler Reibung arbeiten und durch Massenausgleich und Auswuchtung Schwingungen VERMEIDEN anstatt sie zu verursachen. Bei solchen Maschinen kann Schwingung ein Anzeichen für Probleme oder einen Verschleiß der Anlage sein. Wenn die zugrunde liegenden Ursachen nicht beseitigt werden, können die unerwünschten Schwingungen selbst zusätzlichen Schaden verursachen.

Dieser Artikel befasst sich nicht mit Maschinen, bei denen Schwingungen zum normalen Betrieb gehören, sondern mit denen, bei denen keine Schwingungen erwünscht sind: Elektromotoren, Drehkolbenpumpen und Kompressoren sowie Ventilatoren und Gebläse. Bei diesen Geräten ist ein möglichst reibungsloser Betrieb wünschenswert und ein Betrieb völlig ohne Schwingungen ideal.

#### Häufigste Ursachen für Schwingungen bei Maschinen

Schwingungen können die Folge einer Vielzahl von Bedingungen sein, die entweder einzeln oder



in Kombination auftreten. Denken Sie daran, dass Schwingungsprobleme nicht nur durch die eigentliche Anlage sondern auch durch Zusatzgeräte ausgelöst werden können.

Einige Hauptursachen für Schwingungen

**Unwucht** – Eine Unwucht tritt bei rotierenden Körpern auf, deren Masse nicht rotations-symmetrisch verteilt ist. Eine Unwucht eines drehenden Teils löst Schwingungen aus, wenn die ungleichmäßig verteilte Masse sich um eine Rotationsachse - z. B. die Antriebswelle einer Maschine dreht und so eine störende Zentrifugalkraft verursacht. Unwuchten werden durch Gegengewichte ausgewuchtet, damit keine unerwünschten Schwingungen auftreten. Unwucht kann durch Fabrikationsfehler (Maschinenfehler, fehlerhafter Guss) oder durch Probleme bei der Instandhaltung, wie Verschleiß, verformte oder verschmutzte Ventilatorblätter oder fehlende Ausgleichsgewichte entstehen. Mit zunehmender Maschinendrehzahl steigen die Kräfte durch die Auswirkungen der Unwucht quadratisch an. Unwucht kann die Lebensdauer der Lager erheblich verkürzen sowie übermäßige Maschinenschwingungen verursachen.

**Falsche Ausrichtung von Wellen** –

Schwingungen können als Folge von falsch ausgerichteten Wellen entstehen. Winkelversatz entsteht, wenn die Achsen (z. B.) eines Motors und einer Pumpe nicht parallel sind. Sind die Achsen parallel, aber nicht exakt ausgerichtet, spricht man von Parallelversatz. Eine falsche Ausrichtung kann während der Montage oder im Lauf der Zeit aufgrund von wärmebedingter Ausdehnung, sich verschiebenden Teilen oder nicht ordnungsgemäßem Wiederzusammenbau nach der Instandhaltung entstehen. Die sich dadurch ergebenden Schwingungen können radial, axial (parallel zur Achse der Maschine) oder beides sein.

**Verschleiß** – Teile wie Kugel- oder Rollenlager, Antriebsriemen oder Getriebe können mit zunehmendem Verschleiß eine Ursache für Schwingung sein. Wenn beispielsweise ein Rollenlager brüchig wird, verursachen die Lagerrollen jedes Mal Schwingungen, wenn sie sich über den beschädigten Bereich bewegen. Ein stark beschädigter oder verschlissener Getriebezahn, eine gelängte Antriebskette oder ein verschlissener Antriebsriemen können ebenfalls Schwingungen verursachen.

**Lockerung** – Schwingungen, die ansonsten möglicherweise unbemerkt bleiben, können festgestellt werden und Schäden verursachen, wenn das Lager des schwingenden Teils nicht mehr einwandfrei fixiert oder zu locker befestigt ist. Lockerungen können ihre Ursache durch Schwingungen haben, können aber umgekehrt auch erst

die Schwingungen verursachen. Unabhängig von ihrer Ursache kann eine Lockerung dazu führen, dass Schwingungen Schäden, wie z. B. weiteren Lagerverschleiß sowie Verschleiß und Materialermüdung bei Befestigungen und anderen Teilen, verursachen.

## Auswirkungen von Schwingungen

Schwingungen können schwerwiegende Auswirkungen haben. Schwingungen einer Maschine, die unerkannt bleiben oder ignoriert werden, können den Verschleiß beschleunigen (d. h. geringere Lebensdauer der Lager) und die Anlage beschädigen. Maschinen, bei denen Schwingungen vorhanden sind, können Lärm und Sicherheitsrisiken verursachen sowie zu einer Verschlechterung der Arbeitsbedingungen im Werk führen. Schwingungen können einen übermäßig hohen Stromverbrauch von Maschinen zur Folge haben und die Produktqualität beeinträchtigen.

Im schlimmsten Fall kann die Anlage durch Schwingungen so stark beschädigt werden, dass sie ausfällt und die Produktion stillsteht.

Es gibt jedoch auch einen positiven Aspekt bei Schwingungen von Maschinen. Korrekt gemessene und analysierte Schwingungen können bei einem Programm zur vorbeugenden Instandhaltung als Indikator für den Zustand der Maschine dienen, anhand dessen der Instandhaltungstechniker feststellen kann, wenn Korrekturmaßnahmen notwendig sind.

## Eigenschaften von Schwingungen

Um zu verstehen, wie Schwingungen sich äußern, stellen Sie sich eine einfache drehende Maschine wie etwa einen Elektromotor vor. Der Motor und die Welle drehen sich um die Achse der Welle, die an jedem Ende von einem Lager gestützt werden.

Ein Hauptgesichtspunkt bei der Schwingungsanalyse ist die Schwingungsrichtung. In unserem Elektromotor können Schwingungen in radialer Richtung der Wellenachse oder in axialer Richtung (in Längsrichtung der Wellenachse) auftreten.

Eine Unwucht im Motor z. B. verursacht höchstwahrscheinlich eine radiale Schwingung, da sich der Motor dreht und so eine Zentrifugalkraft verursacht, während sich die Welle um 360 Grad dreht. Eine falsche Ausrichtung der Welle kann durch eine falsche Ausrichtung an einer Wellenkupplungsvorrichtung axiale Schwingungen verursachen.

Ein weiterer Schlüsselfaktor bei Schwingungen ist die **Amplitude**. Sie ist ein Maß für die Stärke der Schwingung, aus der sich der Schweregrad eines Fehlers ableiten lässt. Je höher die Unwucht des Motors, desto größer ist die Amplitude

der Schwingung. Andere Faktoren, wie etwa die Drehzahl, können sich ebenfalls auf die Schwingungsamplitude auswirken. Mit steigender Drehzahl erhöht sich die Kraft durch die Unwucht quadratisch mit der Drehzahl.

Die **Frequenz** gibt an, mit welcher Geschwindigkeit sich der vermessene Teil der Maschine durch die Schwingung hin- und herbewegt. Die Schwingungsform sowie die Schwingungsfrequenz sind charakteristisch für die Schwingungsursache. Die Frequenz wird gewöhnlich in Schwingungen pro Minute oder Hz angegeben. Ein Hz entspricht einer Schwingung pro Sekunde oder 60 Schwingungen pro Minute.

Obwohl wir den Motor als „einfaches“ Beispiel bezeichnet haben, kann sogar bei dieser Maschine eine komplexe Schwingung auftreten. Während des Betriebs kann sie mit verschiedenen Amplituden und Frequenzen in mehrere Richtungen schwingen (radial und axial). Unsymmetrische Schwingungen, axiale Schwingungen, Schwingungen, die durch eine Abnutzung der Kugellager verursacht werden, und andere Schwingungen können zusammen ein komplexes **Schwingungsspektrum** bilden.

## Fazit

Schwingungen sind bei praktisch allen Industriemaschinen vorhanden. Wenn Schwingungen über den Pegel hinaus ansteigen, der vom Hersteller spezifiziert wurde oder der aus der Inbetriebnahme oder aus der Historie der Maschine bekannt ist, kann das ein Anzeichen für normalen Verschleiß sein. Es kann aber auch ein Hinweis darauf sein, dass eine umfassende Prüfung der Ursachen oder eine sofortige Instandhaltungsmaßnahme notwendig ist.

Zu wissen, warum Schwingungen auftreten und wie sie sich äußern, ist ein erster wichtiger Schritt zur Vermeidung von Problemen, die in der Produktionsumgebung durch Schwingungen verursacht werden.

Das neue Schwingungsmessgerät Fluke 810 unterstützt den Instandhaltungstechniker bei der schnellen Schwingungsmessung und Fehlerbeurteilung. Es ist zur Diagnose der häufigsten mechanischen Probleme durch Unwucht, Lockerung, falsche Ausrichtung sowie Lagerdefekte in vielen unterschiedlichen mechanischen Anlagen konzipiert und programmiert. Hierzu gehören Motoren, Ventilatoren, Gebläse, Riemen- und Kettenantriebe, Getriebe, Kupplungen, Pumpen, Kompressoren, Blockpumpen und Spindeln.

Fluke 810 erkennt durch den triaxialen Aufnehmer Schwingungen schnell auf drei Bewegungsebenen und liefert dann eine Klartextdiagnose mit empfohlenen Lösungsmöglichkeiten.

Das Diagnoseverfahren von Fluke 810 analysiert den Betrieb der Maschine und erkennt die Fehler durch einen Vergleich der Schwingungsdaten mit einem umfangreichen Bestand an Informationen, die im Laufe von mehreren Jahren vor Ort entwickelt wurden, und deren Daten im Messgerät hinterlegt sind.

In der Regel sind Schwingungsmessgeräte und Software für die langfristige Überwachung des Zustands einer Maschine konzipiert; allerdings sind sie auch mit einer besonderen Schulung und Investition verbunden, die in vielen Unternehmen nicht realisiert werden können. Fluke 810 wurde speziell für Instandhaltungsprofis entwickelt, die bei mechanischen Problemen so schnell wie möglich die Hauptursache für den problematischen Zustand der Anlage erkennen müssen und die Probleme unverzüglich lösen müssen.

**Fluke.** *Damit Ihre Welt intakt bleibt.®*

**Fluke Deutschland GmbH**  
In den Engematten 14  
79286 Glottertal  
Telefon: (069) 2 22 22 02 00  
Telefax: (069) 2 22 22 02 01  
E-Mail: info@de.fluke.nl  
Web: www.fluke.de

**Beratung zu Produkteigenschaften und Spezifikationen:**  
Tel.: (07684) 8 00 95 45  
**Beratung zu Anwendungen, Software und Normen:**  
Tel.: 0900 1 35 85 33  
(€ 0,99 pro Minute aus dem deutschen Festnetz, zzgl. MwSt., Mobilfunkgebühren können abweichen)  
E-Mail: hotline@fluke.com

**Fluke Vertriebsgesellschaft m.b.H.**  
Liebermannstraße F01  
A-2345 Brunn am Gebirge  
Telefon: (01) 928 95 00  
Telefax: (01) 928 95 01  
E-Mail: info@as.fluke.nl  
Web: www.fluke.at

**Fluke (Switzerland) GmbH**  
Industrial Division  
Hardstrasse 20  
CH-8303 Bassersdorf  
Telefon: 044 580 75 00  
Telefax: 044 580 75 01  
E-Mail: info@ch.fluke.nl  
Web: www.fluke.ch

© Copyright 2010 Fluke Corporation. Alle Rechte vorbehalten. Preisangaben sind empfohlene Verkaufspreise in (ohne MwSt). Gedruckt in den Niederlanden 1/2010. Pub-ID 11609-ger  
Änderungen vorbehalten.

Dieses Dokument darf nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Fluke Corporation geändert werden.