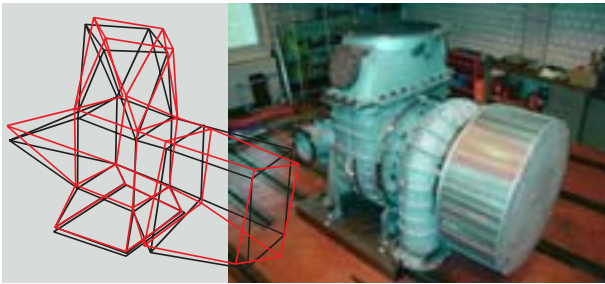


Beseitigung von Schwingungs- und Geräuschproblemen an existierenden Systemen

MICHAEL BEITELSCHMIDT |
SULZER INNOTECH

Der traditionelle Maschinenbau ist auch heute noch eine innovative Branche, stellt doch neben der Entwicklung völlig neuer Maschinenkonzepte die stetige Verbesserung bestehender Maschinen eine große Herausforderung dar. Das Ziel ist dabei häufig, eine bessere Produktivität zu erlangen, welche einerseits durch eine gesteigerte Automatisierung und andererseits durch eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit erreicht werden kann. Während der Automatisierungsgrad eher mechatronische und informationstechnische Fragen aufwirft, führt eine Steigerung der Geschwindigkeit an derartigen Systemen mitunter zu klassischen mechanischen Problemen. Daraus resultieren häufig unangenehme Schwingungen und Lärmentwicklungen.



1 Ergebnisse einer Modalanalyse, dargestellt mit den Resonanzfrequenzen und den zugehörigen Schwingungsformen am Beispiel eines Turboladers.

► Längst gelöste Schwierigkeiten treten erneut auf, wenn physikalische Barrieren durchbrochen werden. Die Folgen reichen von der Komfortbeeinträchtigung von Personen durch Lärmbelastungen über Qualitätsmängel am Produkt bis hin zur Gefährdung der Systemsicherheit aufgrund unkontrollierten Schwingungsverhaltens. Diese Phänomene sind heute prinzipiell simulierbar, bei der evolutionären Weiterentwicklung wird jedoch oft auf derartige Methoden verzichtet. Somit tritt die Situation ein, dass Maschinen oder Fahrzeuge ausgeliefert und in Betrieb genommen werden, die projektierte Leistung wegen unerwarteter mechanischer Probleme nicht erreichen und im

Extremfall z.B. Straßenbahnen aus Sicherheitsgründen vorübergehend nicht betrieben werden dürfen. Die Abteilung Mechanische Systeme von Sulzer Innotec ist auf die Beseitigung von Schwingungs- und Geräuschproblemen an existierenden Systemen spezialisiert, wobei in der Regel immer ein ähnlicher Zyklus durchlaufen wird. Nach der Problemanalyse folgt der Interpretationsprozess, der letztlich zu den daraus abgeleiteten Verbesserungsmaßnahmen führt.

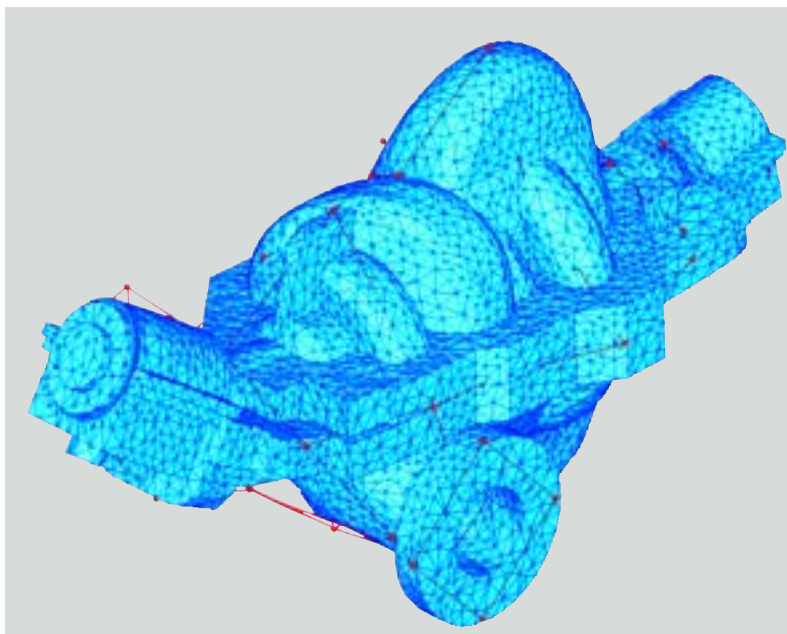
Messtechnische Erfassung

Mechanische Schwierigkeiten werden von den Lieferanten oder Bedienern der Maschinen häufig auf eine «unwissenschaftliche» Art wahrgenommen und beschrieben. «Lärm», «Vibrationen» oder «Qualitätsmängel im Produkt» sind typische Aussagen, die ein zu Hilfe gerufener Schwingungsingenieur am Telefon oder vor Ort in der Anlage mitgeteilt bekommt. Zuerst müssen derartige Aussagen in messbare Größen übersetzt werden. Dazu steht Sulzer Innotec,

neben dem Know-how seiner erfahrenen Schwingungsspezialisten, moderne Messtechnik zur Verfügung. Heute ist es möglich, von einer Anlage an vielen Stellen gleichzeitig verschiedene physikalische Größen wie Drücke, Bewegungen, Kräfte, Dehnungen und Schall sowie direkt der Maschinensteuerung entnommene Betriebsparameter synchron aufzuzeichnen. Dabei entstehen große Datenmengen, vor allem wenn sich langsam verändernde Vorgänge wie Hochläufe aufgezeichnet werden sollen.

Die Modalanalyse

Mit der heutigen Computertechnologie und zugehöriger Messtechnik ist es möglich, schnell umfassende Datenmengen aufzuzeichnen. Die Interpretation setzt allerdings eine Fachperson voraus, die sich von Rechnern bei der Arbeit unterstützen lassen kann. Ein Beispiel für die computerunterstützte Auswertung ist die Modalanalyse. Mit dieser Technik lassen sich die Resonanzfrequenzen und die zugehörigen Schwingungsformen eines technischen Systems ermitteln. Die Ergebnisse sind sehr anschaulich, weil abstrakte Messresultate optisch aufbereitet werden können (Bild 1). Die Modalanalyse hat eine weitere wichtige Funktion, die bereits im Designprozess genutzt werden kann: Mit ihrer Hilfe ist es möglich, vorhandene Finite-Elemente-Modelle des Bauteils oder der Maschine zu verifizieren und anzupassen. Diese Technik wurde erfolgreich bei AIOC-Injektionspumpen und MSD-Pumpen von Sulzer Pumps angewendet (Bild 2). Mit den verifizierten Modellen können verlässlichere Aussagen über die



2 Verbessertes Finite-Elemente-Modell einer Pumpe durch Vergleich mit experimenteller Modalanalyse.

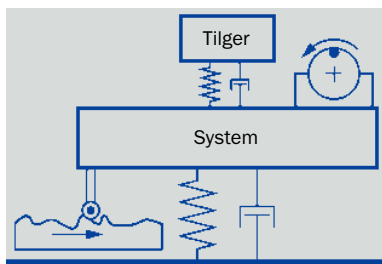
Betriebssicherheit der Pumpen getroffen werden.

Die Modalanalyse setzt voraus, dass eine Maschine oder Anlage im Stillstand untersucht wird. Das ist häufig nicht möglich, weil Betreiber einer Anlage aus Kostengründen nicht gewillt sind, ihre Produktion zu stoppen, sodass nur die Messung der Betriebs-schwingungen in Frage kommt. Diese Messung zeigt darüber hinaus Schwingungsphänomene, die durch den Betrieb verursacht werden und sich nicht in der Modalanalyse im Stillstand nachweisen lassen. Derartige Messungen lassen sich heute mit Computerunterstützung darstellen. Eine Animation des gemessenen Systems, bei der die aufgezeichneten Bewegungen dargestellt werden, hat sich als geeignetes Hilfsmittel zur Interpretation komplexer Schwingungsformen erwiesen. Mit diesem Verständnis lassen sich Abhilfemaßnahmen besser planen und umsetzen.

Maßnahmen zur Abhilfe

Nach der Erfassung und dem Verstehen der Schwingungsproblematik müssen Abhilfemaßnahmen entworfen, umgesetzt und häufig noch messtechnisch bestätigt werden. Viele Schwingungsprobleme

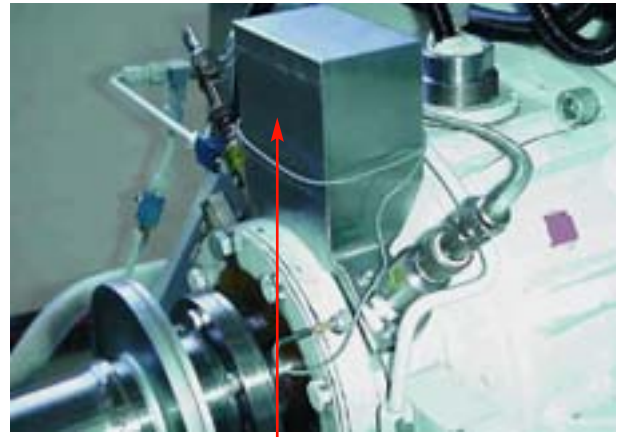
4 Prinzipskizze eines Tilgers: passives Schwingungssystem, das auf eine zu bekämpfende Schwingungsfrequenz abgestimmt wird.



an Maschinen kann man passiv durch geeignetes Verstimmen des Systems beseitigen. Dabei werden Resonanzfrequenzen, die in der Nähe von Anregungsfrequenzen liegen, durch Modifikationen so weit verschoben, dass sie nicht mehr angeregt werden (Bild 3). Der dargestellte Stutzen zeigte eine Resonanzfrequenz, welche durch eine Zahneingriffsfrequenz im Getriebe zu unzulässig hohen Schwingungen angeregt wurde. Durch Anbringen einer Zusatzmasse wurde die Resonanzfrequenz aus dem kritischen Bereich verschoben und das System erfolgreich beruhigt.

Eine andere Möglichkeit der Verstimmung zeigt das Beispiel eines Generators, welcher gegenüber dem Motor – angeregt durch dessen Drehzahl – unzulässig große Schwingungen ausführen konnte. Die Verbindungsglocke zwischen Motor und Generator bestand zunächst aus Aluminium. Der Übergang auf Sphäroguss erhöhte die Steifigkeit so weit, dass die kritischen Resonanzschwingungen nicht mehr auftraten.

Helfen derartige passive Maßnahmen nicht, kann man so genannte Tilger einsetzen, um Schwingungen zu vermeiden. Ein Tilger ist ein passives Schwingungssystem, das auf eine zu bekämpfende Frequenz abgestimmt wird. Tritt die Anregung auf, beginnt der Tilger zu schwingen und dämmt damit das Entstehen der Schwingung im Hauptsystem (Bild 4). Tilger sind seit einigen Jahren vor allem im Bauwesen an Brücken, Schornsteinen, Hochspannungsleitungen und Hochhäusern im Einsatz. Die Abteilung Mechanische Systeme konnte bereits mehrfach Tilger in Maschinen



3 Beispiel einer erfolgreichen passiven Verstimmung: Getriebeprüfstand mit angebrachter Zusatzmasse (RUAG).

und Fahrzeugen erfolgreich einsetzen, die alle kundenspezifisch entwickelt wurden (Bild 5). ◀

5 Heutzutage fahren auf dem Schweizer Schienennetz viele Post-Containerwagen mit von Sulzer Innotec entwickelten Tilgern.



KONTAKT

Sulzer Innotec
Dr. Hans-Jörg Martens
Postfach 414
8401 Winterthur
Schweiz
Telefon +41 (0)52 262 8261
Telefax +41 (0)52 262 0313
hansjoerg.martens@sulzer.com