

## Tausendsassa Scanning Laservibrometer

Schwingungen messen von der Produktentwicklung bis zur Qualitätssicherung



**Bild 1: Messaufbau mit einem 3D Scanning Vibrometer bei einer Modalanalyse alle Bilder © Polytec GmbH**

Die Analyse von Schwingungen an Bauteilen, Produkten oder Anlagen liefert nicht nur wertvolle Erkenntnisse für die Forschung und Entwicklung, sie bietet auch für die Qualitätssicherung in der Fertigung Potenzial für Verbesserungen. Die optische Laser-Schwingungsmessung erlaubt dabei als berührungsloses Messverfahren einen unverfälschten Blick auf die Schwingungen. Scanning Vibrometer ermöglichen sogar eine flächenhafte Analyse von Schwingungsamplituden beliebiger Oberflächen.

Das erlaubt eine gezielte, produktspezifische Kontrolle von Eigenschaften. Die Auswertung der so gewonnenen Schwingungsdaten wird in den unterschiedlichsten Bereichen, von der Medizintechnik über Industrieanwendungen bis hin zum Konsumgüterbereich genutzt, um Produkte zu verbessern, die Produktion effizienter und die Qualitätskontrolle einfacher zu gestalten.

### Schwingungen messen

Werden feste Stoffe mechanisch belastet oder elektrisch angeregt, verformen sie sich und fangen mehr oder weniger stark an zu schwingen. Diese Schwingungen sind abhängig von der Form, dem Material, der Anregung und vielen weiteren Faktoren. Um die Schwingungen berührungslos zu messen und zu analy-

sieren, kommen Laservibrometer zum Einsatz. Diese werden genutzt, um in der Entwicklung verschiedene Designvarianten zu bewerten und Produkte zu optimieren. Aber auch in der Produktion können Abweichungen im Schwingungsverhalten auf Fehler im Produkt hinweisen.

### Einsatzbereich der Laservibrometrie

Bei der vibroakustischen Güteprüfung tastet ein Laser-Doppler-Vibrometer Objekte berührungslos und präzise auf praktisch allen Oberflächen auf Schwingungen ab (Bild 1). Dabei werden Messdaten wie Frequenzgang sowie Resonanzfrequenz, Impulsantwort und Daten über Dämpfungseigenschaften gewonnen. Durch die optische Messung mit Laserlicht entsteht eine Karte der Amplitudenverteilung der Schwingungen, und zwar ohne das Messobjekt z. B. durch Berührungen oder Massebelastungen (wie bei Beschleunigungsaufnehmern) zu beeinflussen. Das Verfahren eignet sich für nahezu jede schwingungstechnische Fragestellung in Forschung, Entwicklung, Produktion und Zustandsüberwachung bzw. Qualitätssicherung und für Objekte unterschiedlicher Größe: von ganzen Autokarosserien, großen Luft- und Raumfahrtteilen über Motoren und Aktuatoren bis hin zu Mikrobausteinen wie MEMS oder biomedizinischen Proben und Komponenten im Mikrometerbereich. Je nach Aufgabenstellung und Sensorausführung können Schwingungen bis in

den GHz-Bereich detektiert werden, oder wie beim neuen VibroScan für Flächenscan werden Frequenzen volligital bis 32 MHz aufgenommen.

### Gewünschte Schwingungen optimieren

Nicht überall sind Schwingungen unerwünscht. Wir alle schätzen den Vibrationsalarm in Handys oder benutzen elektrische Zahnbürsten. In zahlreichen Anwendungen gilt es, das beste Produktdesign zu finden, damit Schwingungen optimal ihren Zweck erfüllen. Hier kommen Scanning-Vibrometer zum Einsatz, die eine flächenhafte Schwingungsanalyse erstellen. Anwendungen finden sich in der Industrie beispielsweise bei Schwingförderern oder auch bei Steuer- und Bedienpanelen. Auch hochwertige Verpackungsanlagen und industrielle Fügeverfahren, die mit Ultraschallschweißverfahren arbeiten, lassen sich mithilfe einer Schwingungsanalyse schneller entwickeln oder im Betrieb überprüfen und optimieren.

### Vibrationstransport

Eine weitere Anwendung ist der „Vibrationstransport“ von Flüssigkeitströpfchen, beispielsweise in der medizinischen Analytik. Doch auch bei Konsumgütern ist die Schwingungsanalyse eine sichere Methode, um hochwertige Produkte zu entwickeln: Die Schwingung einer Lautsprechermembran, die für den Klang einer Lautsprecherbox sorgt, lässt sich analysieren und verbessern. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl an weniger offensichtlichen Anwendungen wie beispielsweise Lüfter, Computergehäuse, Medizinprodukte und auch bei Fertigungsanlagen spielen Körperschall und damit Vibrationen eine große Rolle (Bild 2).

### Unerwünschte Schwingungen minimieren

Abweichungen bei Schwingungen eines Objektes von den Sollvorgaben erlauben Rückschlüsse auf die Lauf- ruhe von Antrieben, Fertigungs- abweichungen in der Produktion, beginnenden Lager-Verschleiß und viele andere Fehler. Hier kann



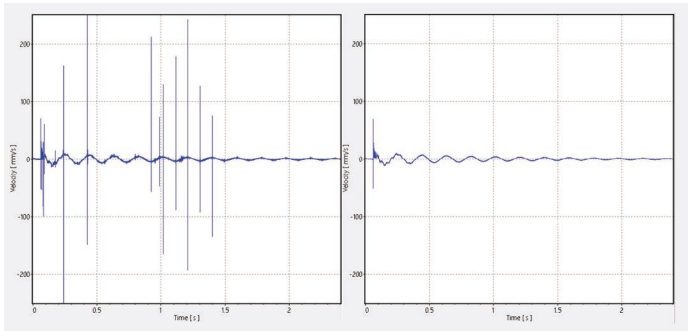
**Bild 2: Null-Fehler-Produktion von Wälzlagern mit einem Industrie-Laservibrometer IVS-500.**



Autoren:

Dipl.-Ing. Frank Schmälzle  
Strategisches Produktmarketing  
Polytec GmbH  
info@polytec.de  
www.polytec.de

Dipl. Chem. Andreas Zeiff  
Redaktionsbüro Stutensee  
www.rbsonline.de



**Bild 3: Rauschreduktion mit und ohne Qtec**

Vibrometrie inline zur Qualitätssicherung eingesetzt werden. Voraussetzung ist, dass der Sensor schnell und präzise Schwingungen detektieren und auswerten kann und das Messsystem sich möglichst einfach in eine Produktionsanlage integrieren lässt. Die Vibrometer von Polytec unterstützen dafür verschiedene Schnittstellen wie COM/DCOM, bieten eine interne Makrosprache und stellen eine API zur Programmierung zur Verfügung. Die Messdaten werden dabei in der Regel über TCP/IP Ethernet übertragen. Für eine reibungslose Integration bietet Polytec außerdem umfangreiche Tools und Beispiele.

### Abweichungen messen, aber wo?

Werden Schwingungsmessungen zur Qualitätskontrolle eingesetzt, stellen sich die Fragen: Wo findet man präzise Messpunkte für eine zuverlässige Qualitätssicherung, um Abweichungen zu identifizieren und Ausschuss zu minimieren? Bei welcher Oberfläche kann man anhand von Abweichungen welche

Schlüsse ziehen? Laser-Doppler-Vibrometer bieten hier schon bei der Entwicklung der vorgesehenen Testmethode gute Hinweise: So können schon in der Entwicklung die besten Messpunkte und Flächen gefunden werden, um die spezifischen Eigenschaften oder mögliche Fehler durch ihr Schwingungsverhalten anzuzeigen. Dadurch kann man an einem aussagkräftigen Amplitudenhöchstpunkt messen, das spart Zeitaufwand bei der Inbetriebnahme und sichert aussagekräftige Qualitätsdaten zu den Produkten.

### Signal-Rauschabstand verbessern

Messoberflächen sind in der Praxis meist optisch rau. Das Licht wird also nicht nur reflektiert, sondern auch gestreut. Es enthält dunkle und helle Bereiche, sogenannte Speckles. Dieser Effekt führt zu Schwankungen der Lichtintensität am Photodetektor und bei optischen Messungen zu breitbandigem Rauschen und unerwünschten Signalaussetzern. Oft sind daher mehrere Messungen oder eine hohe Anzahl an

Mittelungen für ein gutes Ergebnis notwendig. Polytec löst dieses Problem mit der Qtec-Technologie, die auf mehrere Photodetektoren setzt und so das Signal-Rauschverhältnis drastisch verbessert. Dazu verwenden Qtec-Vibrometer ein innovatives Mehrkanal-Interferometer mit Empfangsdiversität. Es bündelt die besten Messwerte aus verschiedenen Perspektiven und rekombiniert sie für ein konsistentes Messergebnis. Jeder Detektor ist ein Beobachter des Messpunkts mit eigener Perspektive und sieht ein eigenes zufälliges Speckle-Muster (Bild 3). Die Kombination der Signale von den räumlich verteilten Detektoren ergibt dann automatisch bei jeder einzelnen Messung einen statistisch stabilen Signalpegel, unabhängig von der Messoberfläche. Mit dieser neuen Methode kann man bis zu zehnmal schneller messen, da eine Messung ausreicht und keine weiteren Mittelungen mehr erforderlich sind.

### Neue Messmöglichkeiten

Um große wie kleinste Teile in kürzester Zeit zu messen, bietet RoboVib kombiniert mit VibroScan Qtec Xtra 3D eine vollautomatische experimentelle Modalanalyse. Dabei wird das Scanning-Vibrometer an einem Roboterarm montiert und über das Objekt, bspw. eine Fahrzeugkarosserie, bewegt. Das reduziert die Prüfzeit selbst bei komplexen 3D-Bauteilen von Tagen oder gar Wochen auf nur wenige Stunden durch umfassende 360°-Messungen. Für kleinere Teile automatisiert RotoVib seit 2024 die experimentelle Ganzkörper-Modalanalyse. Hier dreht sich das Messobjekt auf einem Drehteller um die eigene Achse. Durch die automatische Neupositionierung wird der Prüfling automatisiert von allen Seiten gemessen. Aufgrund der mühelosen Einrichtung sparen Anwender auch hier wertvolle Messzeit (Bild 4).

### Messen durch eine Wasserschicht

Soll für bestimmte Anwendungen durch eine Wasserschicht gemessen werden, muss die Wellenlänge des Lasers auf das Medium Wasser abgestimmt sein. Polytec bietet dafür beim neuesten Produkt VibroScan Qtec Neo einen HeNe-Laser im Messkopf, dessen Wellenlänge nicht

vom Wasser absorbiert wird. Damit können nun beispielsweise für eine Kalibrierung Schallfeldanalysen von Hydrophonen (Unterwassermikrofonen) oder Komponenten von medizinischen Ultraschallanwendungen unter Wasser genau so einfach durchgeführt werden wie im Medium Luft. Auch hier verkürzt die Qtec-Technologie durch Dropout Minimierung die Messzeit drastisch.

### Mobile Messgeräte

Messungen vor Ort, beispielsweise durch einen Dienstleister, benötigen zudem kompakte Messgeräte, die einfach transportiert und installiert werden können. Die modernen VibroScan-Systeme für Flächenmessung sind im Schnitt rund 50 % kleiner als die 1D-Vorgängermodelle. Besonders bei Flugreisen kann so das Messgerät auch als Gepäckstück mitreisen (Bild 5).



**Bild 5: Komplettes VibroScan Qtec Xtra in einem Koffer**

### KI-Funktionalität

Auch KI-Funktionalität findet durch die zugehörige PSV-Software (Polytec Scanning Vibrometer) Eingang in die Vibrationsmessung. Das erhöht die Benutzerfreundlichkeit und reduziert die Einrichtungszeit für die Messung beispielsweise durch automatische Objekterkennung und 3D-Abgleich. Auch der Schulungsaufwand für den Benutzer wird so deutlich reduziert.

### Wer schreibt:

Als Lasertechnologie-Pionier bietet Polytec bereits seit 1967 optische Messtechnik-Lösungen für Forschung und Industrie und ist heute Weltmarktführer im Bereich der berührungslosen Schwingungsmesstechnik mit Laservibrometern. ◀



**Bild 4: RotoVib mit VibroScan Qtec Xtra 3D für kleine bis mittelgroße Teile zur experimentellen Modalanalyse**