

# Applikationsnote VIB-C-04



## ANWENDUNGS- GEBIETE

- A Luft- und Raumfahrt
- B Audio & Akustik
- C Automobilentwicklung**
- D Datenspeicher
- G Vibrometrie Allgemein
- M Mikrostrukturen/systeme
- P Fertigungsprüfung
- S Wissenschaft/Medizin
- T Strukturuntersuchungen
- U Ultraschalltechnik

## Erfahrungen bei der Anwendung des Rotationsvibrometers an Verbrennungsmotoren

*Verbrennungsprozesse in Motoren induzieren Drehungleichförmigkeiten und Torsionsschwingungen im Antriebsstrang und erzeugen dadurch störende Vibrationen und Schallemissionen. Optimierungsbestrebungen in der Entwicklung von Kraftfahrzeugen befassen sich daher mit der Untersuchung der Rotationsbewegungen der unterschiedlichen Komponenten. Rotationsvibrometer erlauben durch ihr berührungsloses Messverfahren eine schnelle und einfache Untersuchung der torsionalen Schwingungen während des Betriebs.*

### Komponenten des Verbrennungsmotors

Ein Verbrennungsmotor enthält sehr viele rotierende Teile, beginnend bei der Kurbelwelle, der Nockenwelle, den Getriebe- und Ausgleichswellen bis zu Nebenaggregaten wie Anlasser, Generator, Lenkhilfepumpe usw. Im Folgenden werden beispielhaft Ergebnisse von Messungen an der Riemenscheibe der Kurbelwelle vorgestellt.

### Vergleich der Messverfahren

Eine traditionelle Messmethode für Drehschwingungen ist der Winkelmarkengeber, der über einen Adapter an der Riemenscheibe montiert werden muss. Neben dem damit verbundenen mechanischen Aufwand ist diese Technik zudem störanfällig und führt zu einer Änderung der Massen und des Massenträgheitsmoments, was die Messaussagen verfälscht. Das Polytec RLV-5500 Rotationsvibrometer erlaubt dagegen eine

berührungsfreie und einfache Messung. In der Regel müssen die zu messenden Oberflächen nicht präpariert werden, lediglich auf sehr stark lichtabsorbierenden (schwarzen) Materialien muss die Lichtstreuung durch Aufbringen eines reflektierenden Klebebands erhöht werden.

### Messung mit dem Rotationsvibrometer

Rotationsvibrometer können Schwingungen auf beliebigen Oberflächen bei Drehzahlen bis zu 20.000 U/min messen. Ihre Funktion beruht auf dem Laser-Doppler-Verfahren. Die Grundlagen der Rotationsvibrometrie sind Internet ausführlich beschrieben unter

[www.polytec.de/vib-university](http://www.polytec.de/vib-university).

Das Beispiel in Bild 1 zeigt die gleichzeitige Messung zweier Bewegungen der Riemenscheibe: die Drehschwingungen werden mit dem Rotationsvibrometer erfasst, die Axialschwingungen der Welle mit einem Polytec Einpunkt-Vibrometer.

Polytec GmbH  
Lasermesssysteme  
Applikationsnote  
VIB-C-04  
April 2008

Mit Hilfe der Messdaten wird eine Ordnungsanalyse durchgeführt. Die Ordnung ist dabei ein Vielfaches der Drehzahl. Dreht beispielsweise der Motor mit 3000 Umdrehungen pro Minute, entspricht das einer Umdrehungsfrequenz von 50 Hz. Die erste Ordnung liegt dann bei 50 Hz, die zweite Ordnung bei 100 Hz etc. Trägt man die Signalstärke der Drehschwingung in Abhängigkeit von Drehzahl und Frequenz auf (Spektrogrammdarstellung Bild 2), erkennt man, dass die Maxima vor allem bei einer Resonanzfrequenz von ca. 490 Hz auftreten. Das entsprechende Ordnungsspektrum (Bild 3) zeigt, dass im Drehzahlbereich zwischen 1000 U/min und 6000 U/min vor allem Resonanzen 6., 8. und 10. Ordnung angeregt werden.

## Signalqualität

Das Rotationsvibrometer bietet die Möglichkeit, durch einen Tracking-Filter das Eingangssignal aufzubereiten und so das hochfrequente Träger-signal zu verbessern. Insbesondere ist es geeignet, kurze Dropouts, die bei Rotationsmessungen wegen der Speckle-Effekte des reflektierten Lichts auftreten können, zu überbrücken. Meist kann mit der Standardeinstellung "slow" gearbeitet werden. Bei der Verfolgung hochdynamischer Signale bietet die "fast"-Einstellung noch Reserven bis zu 100 000 °/s. Die jeweils günstigste Einstellung muss von Fall zu Fall erprobt werden. Bild 4 zeigt in der rechten Bildhälfte, wie durch die Filterstellung „fast“ ein ruhigerer Signalverlauf erreicht wird, indem die im linken Beispiel (Filterstellung „slow“) auftretenden Diskontinuitäten und Störungen ausgefiltert werden.

## Zusammenfassung

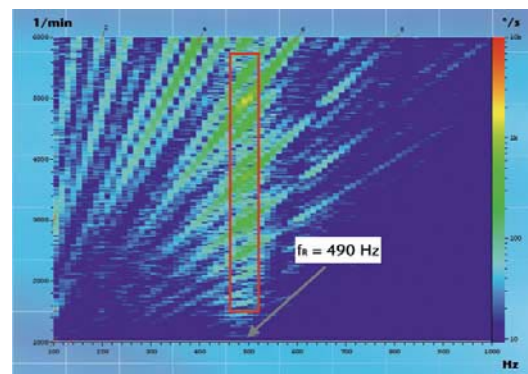
Das Rotationsvibrometer zeichnet sich durch eine sehr einfache Anwendung, hohe optische Empfindlichkeit und einen hohen Dynamikbereich aus. Für die Messungen sind keine Adapter oder Flansche notwendig und es findet keine Beeinflussung der Untersuchungsobjekte statt. Das Rotationsvibrometer verhindert Stillstandzeiten, die bei kontaktierenden Verfahren auftreten. Im Automobilsektor unterstützt es vor allem die Entwicklung von Drehschwingungsdämpfern und die Lösung von Drehschwingungsproblemen verschiedenster Art.

Weitere Informationen über das Rotationsvibrometer und über Automotive-Anwendungen finden Sie auf unseren Internetseiten, oder lassen Sie sich durch unsere Produktspezialisten beraten.

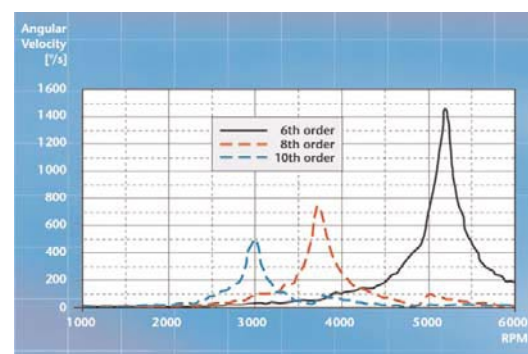
[www.polytec.de/rotvib](http://www.polytec.de/rotvib)  
[www.polytec.de/automotive](http://www.polytec.de/automotive)



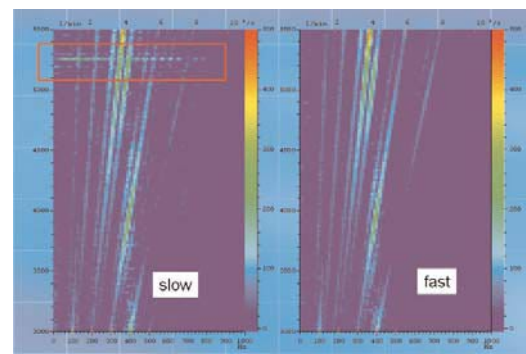
**Bild 1: Drehschwingungs- und Out-of-Plane-Schwingungsmessungen an einer Riemenscheibe**



**Bild 2: Spektrogrammdarstellung der Messungen an der Kurbelwelle**



**Bild 3: Ordnungsspektrum der Rotationsschwingungen**



**Bild 4: Anwendung des Tracking-Filters**

**Polytec GmbH**  
 Polytec-Platz 1-7  
 76337 Waldbronn  
 Tel. + 49 (0) 7243 604-0  
 Fax + 49 (0) 7243 69944  
[info@polytec.de](mailto:info@polytec.de)

**Polytec GmbH**  
 Vertriebs- und  
 Beratungsbüro Berlin  
 Schwarzschildstraße 1  
 12489 Berlin  
 Tel. + 49 (0) 30 6392-5140  
 Fax + 49 (0) 30 6392-5141