



## In Fahrt bleiben

### Xtra 3D-Scanning- Vibrometrie an rollenden Reifen

Mit einem Xtra Scanning Vibrometer erfasste dynamische 3D-Betriebsschwingformen helfen, die Ursache des Reifenabrollgeräusches zu ermitteln. Bei einer Vielzahl von Fahrbedingungen sind die rollenden Reifen in erheblichem Maße an der Entstehung des Innengeräuschs beteiligt.

Ingenieure befassen sich aus drei wichtigen Gründen mit Reifenabrollgeräuschen:

- Fahrbahnlärm durch rotierende Reifen mindern das Fahrerlebnis durch erhöhtes, unangenehmes Innengeräusch und stören die Anwohner entlang der Straße.
- In vielen Ländern, die sich um die Lärmentwicklung im städtischen Raum sorgen, werden neue Vorschriften zur Beschränkung des Reifengeräuschs erwartet.
- Der angenehme Effekt sehr leiser Elektroautos, ohne die Geräuschquelle Verbrennungsmotor, soll nicht durch Reifenlärm überdeckt werden.

Bei der Erforschung von Reifengeräuschen und akustischen Optimierung gibt das konkrete Schwingverhalten an der rotierenden Reifenoberfläche Aufschluss.

Klassische Messungen, die mit einfachen Mikrofonen die Schallpegel innerhalb und außerhalb eines Autos quantifizieren, geben kaum weitere Erkenntnisse über die genaue physikalische Herkunft des Geräuschs. Beschleunigungsaufnehmer, können nicht auf der Lauffläche platziert werden und werden deshalb nur an wenigen stillstehenden Punkten angebracht. Sie liefern damit nicht die räumliche Auflösung, die für

eine genaue Charakterisierung erforderlich ist. Grundsätzlich sind klassische NVH-Methoden bei der Lösung dieses Problems nicht hilfreich.

### **BERÜHRUNGSLOSE 3D-SCANNING-VIBROMETRIE ALS MESSLÖSUNG**

Für Tests an rotierenden Reifen ist das PSV-3D-Scanning Vibrometer die ideale Wahl. Dank Xtra Lasertechnologie für verbesserte optische Empfindlichkeit misst es direkt am schwarzen Gummireifen – ganz ohne Oberflächenvorbehandlung für ein benötigtes Reflexionsvermögen. Die Reifen rotieren mit einer Geschwindigkeit, die 100 km/h Fahrtgeschwindigkeit entspricht.

Die Infrarot-Laserquelle der Xtra-Technologie erleichtert Messungen auf unkooperativen und rotierenden Oberflächen enorm. Der IR Sensor verfügt über einen sichtbaren Ausrichtungslaser und meistert die herausfordernden Messumstände, weil er selbst auf schwarzem Gummi noch genügend Licht von der Ober-

fläche einfängt. Zudem ermöglicht der erhöhte Messbereich der Xtra-Technologie das Messen bei hohen Geschwindigkeiten. Die höhere Ausgangsleistung und größere Wellenlänge verbessert die optische Empfindlichkeit und die maximal messbare Geschwindigkeit. Hinzu kommt, dass man kleine Schwingungsgrößen messen muss, die von sehr großen Signalen aus der Rotation überlagert sind. Technisch gesehen muss ein hoher Gleichanteil von einem winzigen Wechselanteil getrennt werden, der für die Schallemissionen verantwortlich ist.

Die Lösung ist bemerkenswert einfach: Man kombiniert die Xtra-Technologie mit einem speziell entwickelten Trackingfilter. Dies ermöglicht es, die Schwingformen von schnell rotierenden Reifen direkt ohne Oberflächenbehandlung zu messen. So werden auf unkomplizierte und einfache Weise wichtige Erkenntnisse über die Entstehung von Reifengeräuschen gewonnen.

### **VERSUCHSAUFBAU**

Im nachgebauten Rollenprüfstand im Labormaßstab demonstriert das PSV-3D Xtra seine Messmöglichkeiten eindrucksvoll. Die rudimentäre Prüfvorrichtung bestand aus einem kleinen Reifen mit einem Durchmesser von 25 cm, der auf der Antriebswelle eines Elektromotors rollt (Abbildung 1). ►



Abbildung 1: Der Laboraufbau: rechts drei Vibrometer-Messköpfe am Rahmen montiert, links ein beispielhafter Rollenprüfstand mit Reifen, angetrieben von einem Elektromotor. Der Spiegel in dem schwarzen Rahmen ganz links dient dazu, die Rückseite des Reifens ohne Neupositionierung der Köpfe zu messen.

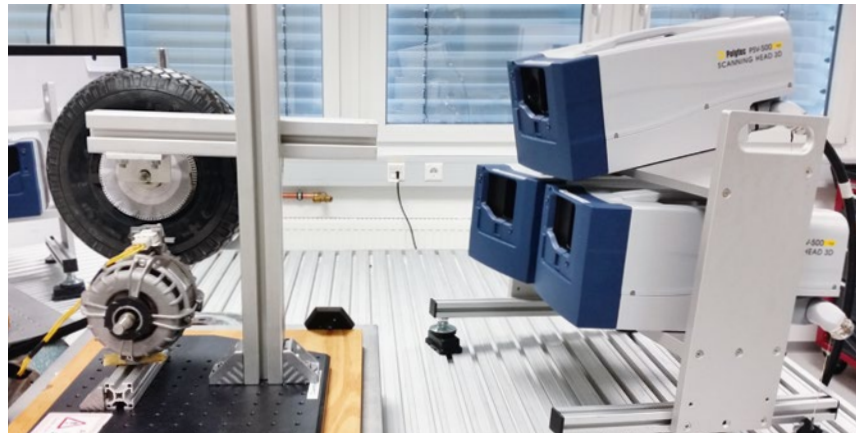
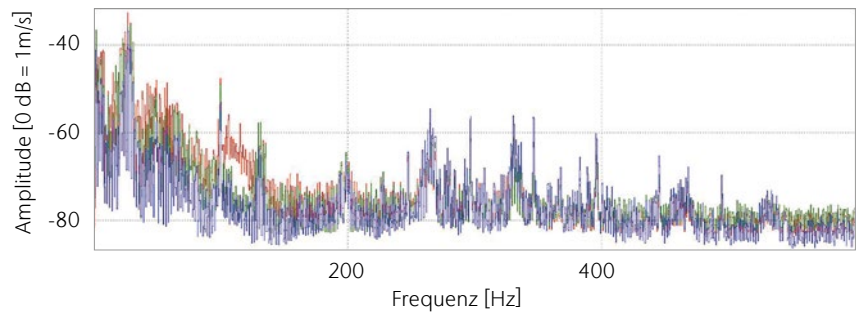


Abbildung 2: Über alle Punkte gemittelttes Frequenzspektrum. Orthogonale Schwingungen  $x, y, z$ , werden als separate Farben dargestellt.



Die drei Messköpfe des PSV-3D Xtra wurden in einem gemeinsamen Rahmen montiert und auf dem Labortisch in der Nähe des Prüfstands platziert.

Dieser gemeinsame Rahmen vereinfachte die Neupositionierung der Köpfe, um verschiedene Teile des Reifens abzudecken. Spiegel ermöglichen unterschiedliche Perspektiven, ohne den kompletten Rahmen und Messaufbau zu bewegen.

Spätere Messungen auf einem kommerziellen Rollenprüfstand bestätigten die Messergebnisse

des vereinfachten Laboraufbaus. In Abbildung 2 ist das gemittelte Spektrum über alle Punkte entlang der drei Richtungen in drei verschiedenen Farben dargestellt. In Abbildung 3 zeigt eine erweiterte Skala die Details des Spektrums von 200 Hz bis 400 Hz. Im Spektrum ist eine kammartige Struktur zu erkennen. Diese Charakteristik ist auch bei realen Rollenprüfstandstests mit den Xtra Scanning Vibrometern zu beobachten. Die Peaks in dieser Kammstruktur treten bei einem Vielfachen der Rotationsgeschwindigkeit des Reifens auf. Bei Reifen mit einem Laufflächenprofil lässt sich dies durch den regelmäßigen

Kontakt der Laufflächen (und der Lufteinschlüsse in den Zwischenräumen) mit der Fahrbahnoberfläche erklären.

Mit diesem Messaufbau lassen sich die Resonanzen eines Reifens bei verschiedenen Geschwindigkeiten und bei unterschiedlichen Beladungszuständen beobachten.

### EINFACHERE ERFASSUNG VON SCHWINGFORMEN

Scanköpfe mit Xtra Lasertechnologie können durch die höhere Maximalgeschwindigkeit pro Scanvorgang wesentlich größere

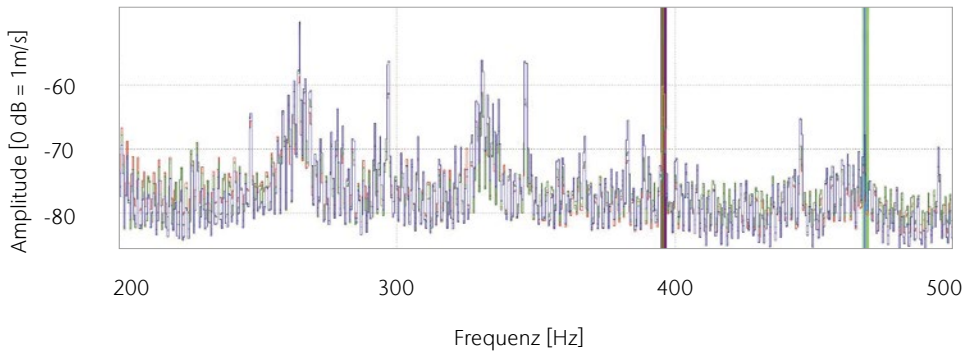


Abbildung 3: Detailliertes Spektrum aus Abbildung 2 mit einer Zentrierung um 300 Hz

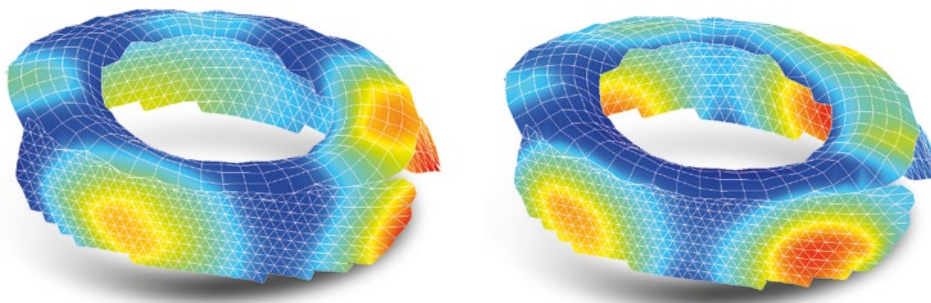


Abbildung 4: Typische Schwingformen bei 396 Hz und 468 Hz mit mehreren Maxima

Bereiche der Rollfläche und Seitenfläche messen als HeNe-Messköpfe. Wenn der erste Oberflächenscan abgeschlossen ist, werden die Köpfe neu positioniert, um einen zweiten Abschnitt der Rollfläche zu erfassen. Die zweite Position ist relativ zur ersten Position bekannt, da Referenzpunkte genutzt werden, die von einem eingebauten Abstandssensor erfasst wurden. Auf diese Weise können die Ergebnisse der einzelnen Oberflächenscans zusammengefügt werden, woraus sich eine gemeinsame Schwingform ergibt, die auch gemeinsam animiert werden kann. Die Zusatzoption Xtra erreicht ein hervor-

ragendes Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) am schnell rotierenden Reifen.

Die PSV-3D mit Xtra-Lasertechnologie erfasst zuverlässig die spektralen Muster und Schwingformen schnell beweglicher Rollflächen mit unkooperativem Oberflächen und dienen der Verfeinerung von FE-Modellen zur akustischen Optimierung von Reifengeräuschen. ■

#### Kontakt

Dr. Jochen Schell  
Leiter Applikationsteam  
Polytec GmbH

[info@polytec.de](mailto:info@polytec.de)

[www.polytec.com/automotive](http://www.polytec.com/automotive)