

Beobachtung hochfrequenter
Schwingungseigenschaften:
Wer prüft den Prüfstand?



Die Laser-Scanning-Vibrometrie hat sich als berührungsloses, schnelles, flächenhaftes Verfahren zur Messung von Schwingungen in vielen Anwendungsbereichen bewährt. Beispiele gibt es im Fahrzeug-, Flugzeug- und Maschinenbau, in der Mikrosystem- und Datentechnik sowie in der Qualitäts- und Produktionskontrolle z.B. bei Konsumelektronik oder weißer Ware. Auch beim Test und der Optimierung eines Hochfrequenz-Prüfstands für Materialien zur Lagerung von Motor-
komponenten in Elektrofahrzeugen waren Laser-Scanning-Vibrometer wichtige Helfer.

Für die Lagerung von Motoren in Elektroautos kann mikrozelliges Polyurethan (PU) eine interessante Alternative zu den heute bei Verbrennungsmotoren üblichen Gummigemischen sein. Es ist leicht und kann hochfrequente Heulgeräusche reduzieren, die subjektiv in Elektrofahrzeugen recht stark wahrgenommen werden.

Für die BASF war es deshalb naheliegend, Lagerprototypen aus diesem Elastomer aufzubauen und ihr hochfrequentes Verhalten in Bereichen bis zu mehreren Kilohertz zu untersuchen, um daraus Schlüsse auf ihre Eignung als Motorlager zu ziehen. Dazu wurde zunächst ein vergleichsweise einfacher Prüfstand konstruiert (Bild 1). Damit seine Eigenschwingungen die Messergebnisse nicht verfälschen, musste der Prüfstand im nächsten Schritt

selbst „geprüft“ werden. Seine Schwingungseigenschaften sollten ermittelt werden, um ihn weiter zu optimieren. Im Zuge dieser Schwingungsanalyse war es sinnvoll, auch gleich die Resonanzschwingungen erster Elastomerproben zu messen und darzustellen, um ihre Eignung als Werkstoff für Motorlager zu testen.

3D-SCANNING-VIBROMETER IM AUTOMATISIERTEN PRÜFSTAND

Diese Messungen am BASF-Prüfstand wurden im RoboVib® Test-Center der Polytec GmbH durchgeführt (Bild 2). Die moderne Anlage ist seit 2012 im Betrieb und besteht aus zwei robotergestützten PSV-500-3D Scanning Vibrometern. Diese ermöglichen eine vollflächige 3D-Schwingungsmessung ▶

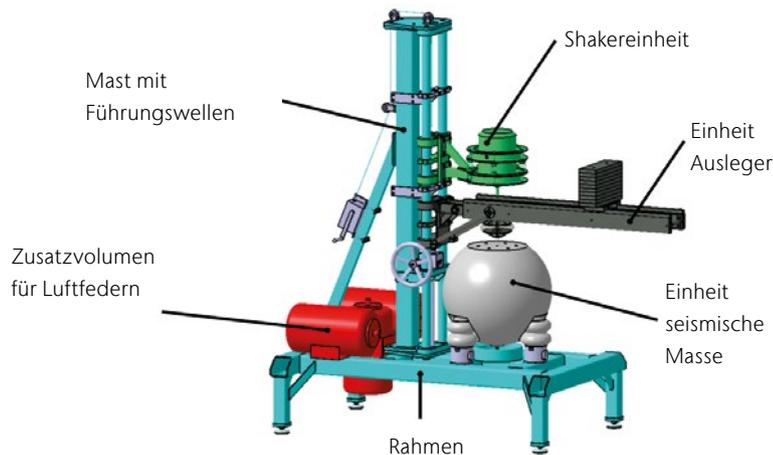


Bild 1: Prüfstand zur Untersuchung des hochfrequenten Übertragungsverhaltens von Bauteilen.

rund um einen beliebig geformten Prüfling. Das Verfahren basiert auf der Laser-Doppler-Vibrometrie. Bei dieser werden aus dem von einer schwingenden Oberfläche zurückgestreuten Laserlicht deren Schwingfrequenz und -amplitude berechnet. Bei einem Scanning-Vibrometer ist das Laser-Doppler-Vibrometer zusätzlich mit einer Scanner-Spiegel-Einheit und einer Videokamera in einem Messkopf kombiniert. Während der Messung scannt der Laserstrahl die Oberfläche des Messobjekts und liefert eine räumlich hochaufgelöste Reihe von Einzelpunktmessungen (Bild 3).

Die sequenziell gemessenen Schwingungsdaten werden anschließend zu einem gemeinsamen flächenhaften Datenmodell zusammengesetzt und lassen sich je nach

Applikation entsprechend auswerten. Es können sowohl die Lage und Breite als auch die Schwingformen von Resonanzen im Spektrum bestimmt werden. Durch die sehr hohe räumliche Auflösung und die Rückwirkungsfreiheit ist mit diesen Daten ein sehr detaillierter Abgleich mit Simulationen möglich.

SCHWINGVERHALTEN VON PRÜFSTAND UND PROBE

Idealerweise sollte die mechanische Prüfeinrichtung für die Elastomere keine merklichen Eigenresonanzen im Frequenzbereich von 100 Hz bis 2 kHz oder idealerweise sogar 4 kHz aufweisen, da sonst die Auswertung der Resonanzen der Elastomer-Probe gestört wird. Um dies zu untersuchen, wurde der Prüfaufbau in einem ersten

Schritt mit einer externen Vibrationsquelle (Shaker) angeregt und die Resonanzfrequenzen und -schwingformen der Prüfstruktur aufgenommen. Für die Messung wurden ca. 60 Roboterpositionen und – je nach Aufbau – 1.400 bis 1.800 Messpunkte definiert. Die Laser-Scanning-Vibrometer ersetzen damit 1.400 bis 1.800 3D-Beschleunigungsaufnehmer, die man sonst am Prüfstand hätte anbringen und anschließen müssen, was nicht nur einen unrealistischen Aufwand darstellt, sondern auch die mechanischen Schwingungen beeinflussen würde (Bild 3).

Weiterhin wurde der Prüfstand im Betrieb gemessen, d.h. die Probe wurde mit der internen Vibrations-einheit der Prüfeinrichtung ange-regt und dabei ihre Schwingfor-



*Bild 2: RoboVib®-Prüfstand
bei Polytec in Waldbronn*

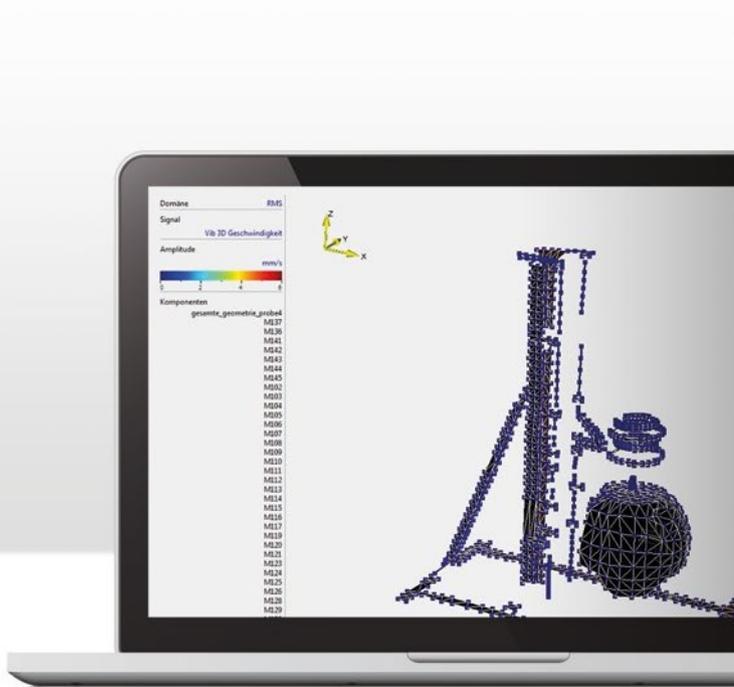


Bild 3: Messobjekt und verwendetes Messgitter. Alle blauen Punkte entsprechen einem Messpunkt des RoboVib® Systems.

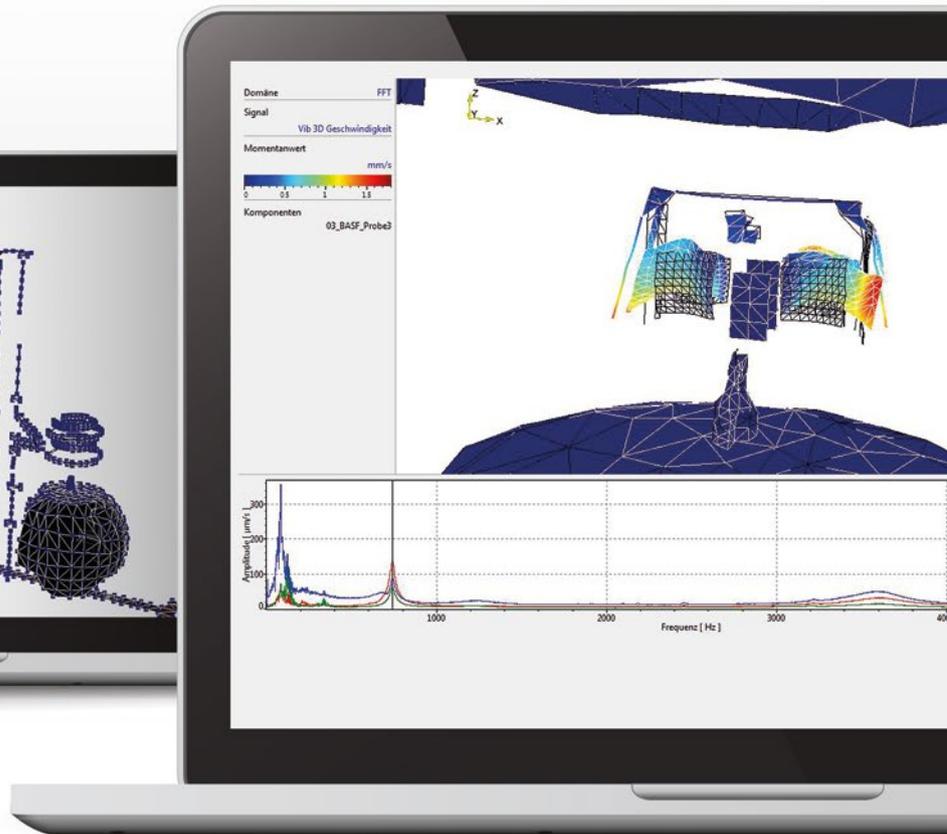


Bild 4: Resonanzschwingform der Probe bei 742 Hz.

men ermittelt und aufgezeichnet (Bild 4). Dabei zeigte sich im Folgenden, dass die hier gefundenen Eigenresonanzen des Prüfstandes im internen Betrieb, also bei Anregung des Prüflings mit dem internen Shaker, keine Rolle spielen, da die Amplituden dieser Resonanzen vernachlässigbar gegenüber den Amplituden am Prüfling sind. Bild 5 zeigt exemplarisch die Amplitudenverteilung einer Proben-

resonanz bei 1.306 Hz. Es ist deutlich zu erkennen, dass nur unmittelbar an der Probe merkliche Amplituden auftreten, der Prüfstandaufbau selbst ist praktisch nicht beteiligt.

Anschließend wurden die Lage der Resonanzfrequenzen, die Breite der Resonanzen und die Resonanzschwingformen verschiedener PU-Elastomer-Proben gemessen.

Die Eigenschwingungen in der Probe selbst waren mit dem Laser vibrometer trotz der Zelligkeit des Materials gut zu beobachten. Der bei den Messungen festgestellte Einfluss des Prüfaufbaus auf die Qualität der Messung war auch hier sehr gering. Das Ergebnis passte sehr gut zu den bei der Vorauslegung des Prüfstands berechneten Werten.

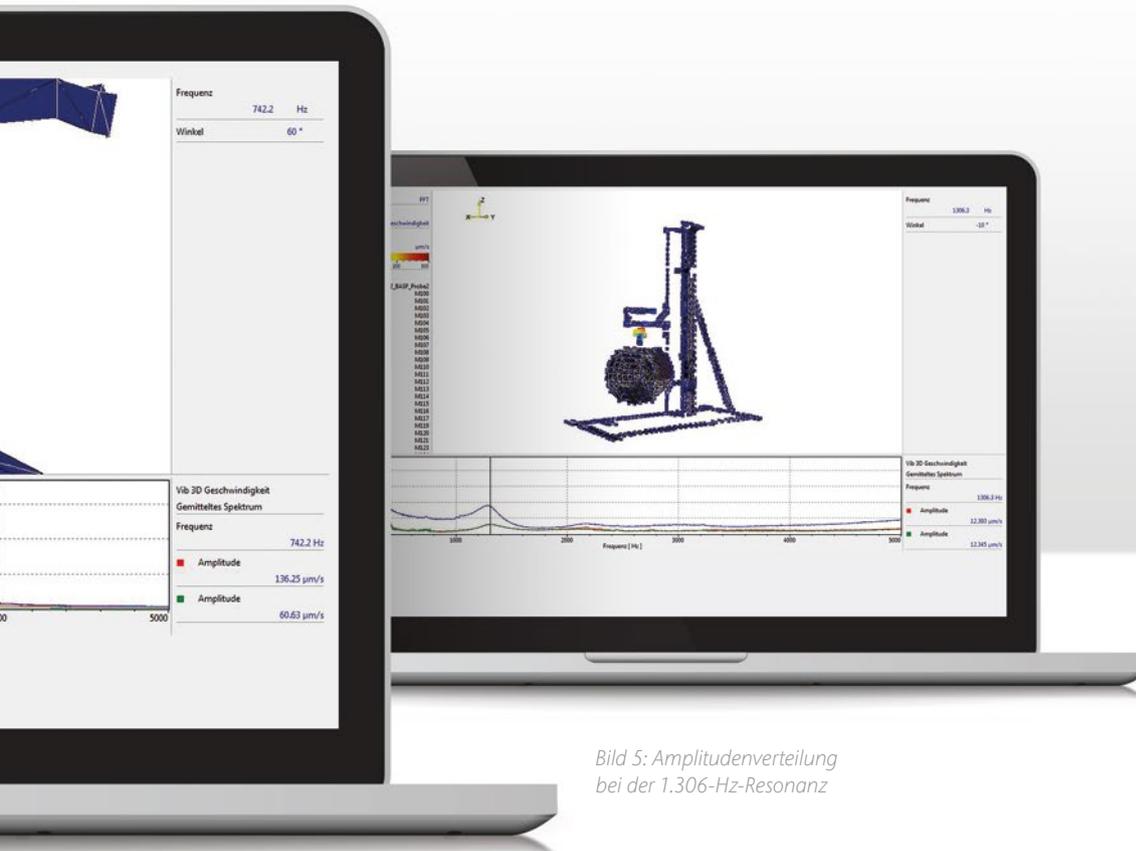


Bild 5: Amplitudenverteilung bei der 1.306-Hz-Resonanz

Seit der erfolgreichen Schwingungsanalyse bei Polytec konnten bereits erste Versuche auch bei anders aufgebauten Proben stattfinden. Aktuell wird die Anlage dahingehend optimiert, dass sie auch kardanisch weiche Prüflinge bei hohen Vorlasten in einem möglichst hohen Frequenzbereich ohne Knicken prüfen kann. Wenn diese Arbeiten abgeschlossen sind, wäre eine nochmalige Untersuchung mit den

Laser-Scanning-Vibrometern interessant, um für typische Prüflinge geeignete Kombinationen an Frequenzbereichen und Vorlasten zu bestimmen. Wahrscheinlich kommt der Hochfrequenz-Prüfstand deshalb selbst noch einmal auf den Prüfstand. ■

Kontakt

Holger Bickelmann
Grad. Engineer, New NVH
BASF Polyurethanes

holger.bickelmann@basf.com
www.basf.com

zusammengefasst durch
Ellen-Christine Reiff, M.A.
Redaktionsbüro Stutensee