

i, RoboVib

Vollautomatisierte Körperschallmessung mit einem robotergesteuerten 3D-Scanning Laservibrometer

Mit der neuen RoboVib Structural Test Station lässt sich die schwingungstechnische Vermessung eines Fahrzeugs durch Laservibrometer vollständig automatisieren. Darüber hinaus kann die Messung simulationsgestützt vorbereitet und somit wertvolle Prüfstands- und Prototypenzeit gespart werden. Dieser Bericht beschreibt die Messung von Übertragungsfunktionen einer kompletten Fahrzeugkarosserie mithilfe der RoboVib Structural Test Station. Die so bestimmten Übertragungsfunktionen werden dazu herangezogen, das Eigenschwingungsverhalten der Karosserie mithilfe der experimentellen Modalanalyse (EMA) zu charakterisieren.

Flexibilität durch Roboter

Um ganze Kraftfahrzeuge oder Karosserien komplett mit einem 3D-Scanning-Vibrometer zu vermessen, mussten bislang die Scanköpfe mehrmals manuell umpositioniert werden. Alle Teilmessungen werden anschließend zu einem Gesamtbild der Karosserie zusammengefügt. Die Aufgabe der Umpositionierung übernimmt bei der RoboVib Structural Test Station nun ein Industrieroboter. Dessen Aufbau ist einem menschlichen Arm nachempfunden. Durch sechs Drehachsen können alle Freiheitsgrade des Raums eingenommen werden. Die Reichweite kann bei Bedarf durch Hinzunahme einer Linearachse, mit welcher der gesamte Roboterarm bewegt werden kann, weiter erhöht werden. Um den

Bewegungsspielraum des Roboters für die Vibrometermessung nutzbar zu machen, werden die drei Scanköpfe in einer festen Konstellation auf die Drehachse am Ende des Roboterarms montiert. Wichtig ist, die Position und Orientierung der Scanköpfe relativ zum Roboter zu kennen. Dies wird durch einen 3D-Abgleich in einer bestimmten Roboterposition erreicht, welcher nur einmal durchgeführt werden muss.

Vorbereitung und Ablauf der Messungen

Zunächst werden die Messpunkte definiert, die dazu entweder aus Berechnungsprogrammen importiert oder interaktiv festgelegt werden können. Bei der interaktiven Messpunktdefinition werden die 3D-Koordinaten durch den integrierten

Geometriescanner ermittelt. Das Ergebnis der Geometrievermessung ist in Bild 1 dargestellt. Vor dem Start der Messung werden die Roboterpositionen festgelegt, aus denen jeweils eine Teilmessung durchgeführt wird. Dies kann entweder direkt am Roboter mittels „Teach-in“ oder in einer Robotersimulationssoftware erfolgen.

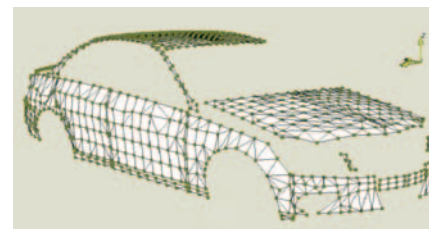


Bild 1: Interaktiv definierte und vermessene 3D-Geometrie mit 1094 Messpunkten

Fortsetzung von Seite 5

i, RoboVib

Vollautomatisierte Körperschallmessung mit einem robotergesteuerten 3D-Scanning Laservibrometer

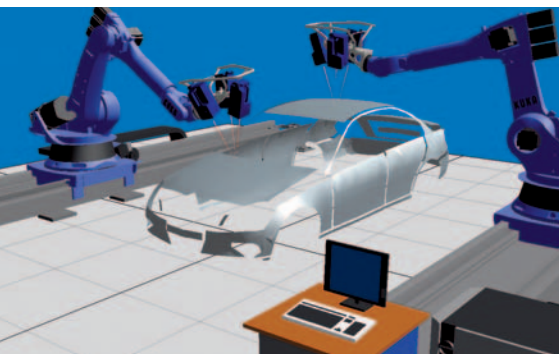


Bild 2: Vorbereitung der Messung in der Robotersimulationssoftware

Sind alle Messpositionen festgelegt, wird ermittelt, welcher Messpunkt aus welcher Position optimal erreicht wird. Eine Softwarekomponente berechnet und bewertet den Einfallswinkel der Laserstrahlen auf die Oberfläche und berücksichtigt mögliche Abschattungen. Bild 2 stellt eine Anlage mit zwei Robotern und zwei Messsystemen dar. Mit einer solchen Anlage können alle Außenflächen eines Fahrzeugs gemessen werden.

Für die Messung wird das Fahrzeug mit einem elektromagnetischen Shaker an einem Punkt angeregt. Die über den Shaker eingeleitete Kraft wird mittels Kraftzelle gemessen und als Referenzsignal für alle Messungen verwendet. Für MIMO-Tests können auch mehrere Shaker gleichzeitig eingesetzt werden. Die gesamte Installation ist in Bild 3 dargestellt. Der Messvorgang läuft vollautomatisch ab (Bild 4). Dabei triggert die Robotersteuerung jeweils die nächste Teilmessung, sobald eine Messposition erreicht ist. Die Software triggert andererseits die Robotersteuerung zur Weiterfahrt, sobald eine Teilmessung beendet ist. Im vorliegenden Beispiel umfasst die Messung ca. 1100 Messpunkte, bei einer Messzeit von jeweils 5 s. Dabei werden 43 Roboterpositionen verwendet. Die gesamte Messdauer beträgt ca. 1,5 Stunden, davon werden für die Messkopfpositionierung insgesamt nur weniger als 5 min benötigt.

Bild 3: Messaufbau mit Scanköpfen auf Roboter, Fahrzeug und Messrechner

Genaue Ergebnisse und nahtlose Auswertung

Nachdem alle Teilmessungen abgeschlossen sind, werden die Datensätze der Einzelmessungen zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst und können gemeinsam analysiert werden. In Bild 5 ist eine der gemessenen Schwingformen dargestellt. In der Darstellung wird sowohl die Ruhelage (schwarze Linien) als auch die momentane Auslenkung (weiße Linien mit Flächen) gezeigt. Anschaulicher als durch ein Einzelbild können die gemessenen Schwingformen in der Software als Animationen dargestellt werden.

Ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Qualität der Messdaten ist die Kohärenz zwischen Anregungs- und Antwortsignalen. In Bild 6 ist beispielhaft für einen Messpunkt und eine Messrichtung der Frequenzgang und die zugehörige Kohärenzfunktion dargestellt. Die Kohärenzfunktion beträgt bei fast allen Frequenzen nahezu 1. Dies lässt auf eine sehr gute Korrelation zwischen Anregungssignal und Antwortsignal schließen. Durch die robotergestützte Positionierung der Scanköpfe kann jeder Messpunkt aus einem optimalen Abstand und unter optimalem Winkel gemessen werden.

Verbesserte FE-Test-Korrelation

Eine wichtige Anwendung der Messergebnisse ist der Abgleich von FE-Simulationsmodellen mit dem aus den Messungen abgeleiteten experimentellen Modaldaten. Zu diesem Zweck werden die Messdaten in gängige Softwarepakete zur experimentellen Modalanalyse (EMA) importiert. Die EMA extrahiert aus den gemessenen Übertragungsfunktionen die Modalparameter – die Eigenschwingformen (Moden) mit den zugehörigen Eigenfrequenzen und modalen Dämpfungen. Diese Ergebnisse können mit den aus der Simulation berechneten Eigenschwingformen und Eigenfrequenzen verglichen werden. Des Weiteren erhält man Werte für die modalen Dämpfungen. Die Simulationsmodelle können nun so angepasst werden, dass sie dieselben Eigenschwingformen und Eigenfrequenzen wie die Messung erzeugen. Der Abgleich mit den Simulationsmodellen erfolgt heute oft noch weitgehend durch interaktive Beurteilung und visuelle Vergleiche. Messgitter und FEM-Gitter werden in der Regel unabhängig voneinander erstellt. Durch Verwendung der robotergestützten 3D-Scanning Vibrometrie können nun auch FEM-Gitter automatisiert für die Vorbereitung der Messung herangezogen werden.



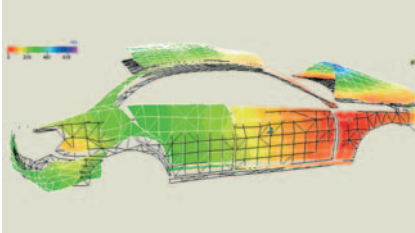


Bild 5: Gemessene Schwingform bei 41 Hz

Die Messergebnisse liegen dann an denselben Koordinaten vor wie die Simulationsergebnisse. Damit lässt sich der Test nahtlos in den CAE-Prozess integrieren. Der Abgleich der Simulationsmodelle wird genauer und sicherer. Die Randbedingungen sind für den Berechnungsingenieur und den NHV-Testingenieur klar definiert und bekannt.

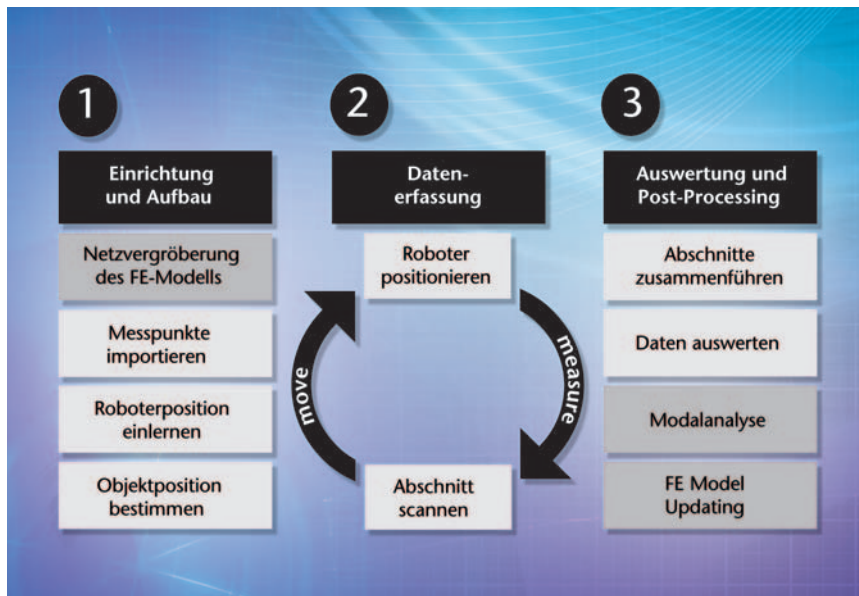


Bild 4: Ablauf der robotergestützten Schwingungsmessung (hellgrau: RoboVib Software; dunkelgrau: externe Software)

Interessiert an mehr Informationen?

Unser RoboVib-Video zeigt Ihnen die RoboVib Structural Test Station Schritt für Schritt und demonstriert Ihnen, wie auch komplexe Geometrien bequem und schnell gemessen werden und die Ergebnisse in die Entwicklungsumgebung integriert werden können. Betrachten oder downloaden Sie das RoboVib-Video auf www.polytec.de/robovib

Auf dieser Webseite finden Sie auch weitere Informationen zur RoboVib Structural Test Station, oder Sie lassen sich durch unsere Produktspezialisten beraten: LM@polytec.de

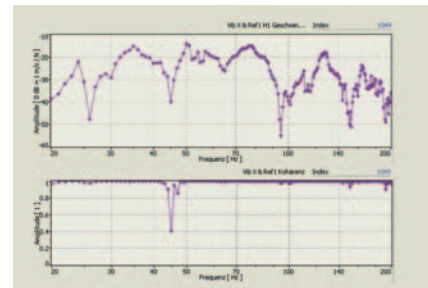


Bild 6: Frequenzgang (H1) zwischen Anregung und Antwort (oben) sowie Kohärenzfunktion an einem Messpunkt

Zusammenfassung

Paradigmenwechsel im NVH-Test

Die Körperschallmessung mittels Laservibrometrie eignet sich hervorragend zur Optimierung des Geräusch- und Schwingungsverhaltens in der Fahrzeugentwicklung. Frühere Studien belegen das erhebliche Potenzial dieser Technik, die Messpunktdichte zu erhöhen, ohne die Struktur in ihrem Schwingungsverhalten zu beeinflussen, und gleichzeitig Testzeit einzusparen. Die erhöhte Messpunktdichte verbessert einerseits die Aussagekraft der Ergebnisse der experimentellen Modalanalyse, andererseits können für Akustik-Simulationen,

beispielsweise Schallabstrahlungsrechnungen, höhere Frequenzbereiche erschlossen werden. Mit der scannenden Vibrometrie wird erstmals die Beschränkung durch die Zahl der vorhandenen Sensoren und Kanäle überwunden. Die Zahl und Dichte der Messpunkte kann jetzt an den physikalischen Notwendigkeiten orientiert werden.

Zwei etablierte Verfahren kombiniert zur Effizienzsteigerung

Durch die Kombination von Laservibrometern mit einem Industrieroboter sind – wie hier gezeigt – weitere erhebliche Effizienzsteigerungen möglich, insbesondere durch die systematische Vorbereitung in der Simulation, die effizientere Positionierung der

Scanköpfe und die Verbesserung der Signale durch günstigere Einfallswinkel. Die Testzeit verringert sich – je nach Anwendungsfall – von ehemals Wochen auf Tage oder Stunden. Damit erhöht sich auch der Durchsatz eines Modalanalyselabors. Die Prototypen werden nur für kürzere Zeit benötigt, erforderliche Maßnahmen lassen sich schneller definieren und durchführen. Einmal vorhandene Messprogramme können bei Bedarf immer wieder herangezogen werden. Somit kann jeder Optimierungsschritt in bisher unerreichbarer Auflösung dokumentiert und analysiert werden.