



Der schwere leichte Weg in die Zukunft

Wie Schwingungsmesstechnik den Leichtbau-Trend im Automobilbereich unterstützt

Damit Fahrzeuge zukünftig weniger Sprit verbrauchen, setzen die Automobilhersteller auf Leichtbauwerkstoffe. Doch diese weisen ein völlig anderes Schwingverhalten auf. Finite-Elemente-Modelle existieren zwar – doch sind sie aufgrund fehlender Erfahrungen sehr ungenau. Hier hilft die Laser-Doppler-Vibrometrie, diese Modelle zu verifizieren.

2020: Bei Ingenieuren der Automobilindustrie gilt diese Jahreszahl als Meilenstein. Denn dann schreibt die EU eine Grenze von 95 Gramm CO₂ pro Kilometer für den Flottenverbrauch vor. Die Reaktionen der Industrie sind hier vielfältig: Der Flottenmix wird durch kleinere Fahrzeuge ergänzt oder man setzt auf die Entwicklung von Elektro- und Hybridfahrzeugen. Technisch gesehen muss ein Fahrzeug mindestens 10 Prozent Gewicht verlieren, um 5 Prozent Kraftstoff einzusparen. Konsequenter Leichtbau ist daher ein Muss für alle Hersteller. Dabei sind die Autobauer kreativ: Vom Einsatz hochfester Stähle über Aluminiumprofile bis hin zu kohlefaserverstärkten Kunststoffen – alles hilft, um Gewicht zu sparen. Im Bereich NVH (Noise, Vibration and Harshness) entstehen dadurch allerdings völlig neue Herausforderungen, die im Folgenden beleuchtet werden.

Die Ansprüche steigen: Akustik und Leichtbau

Eine gute Fahrzeugakustik ist bei deutschen Automobilherstellern auch im B-Segment ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Mit der Teil- oder Vollhybridisierung treten Nebenaggregate, aeroakustische Störungen und Reifengeräusche stärker heraus. Hohe Batteriegewichte zwingen zum Leichtbau, da sonst Reichweite

und Kundenakzeptanz auf der Strecke bleiben. Neue Verbindungstechniken zwischen konventionellen und Leichtbauwerkstoffen verändern die Strukturmechanik jedoch entscheidend.

Zurück auf die Schulbank

Speziell im letztgenannten Bereich hat ein intensiver Lernprozess begonnen. Simulationsmodelle versuchen dabei die Wirklichkeit abzubilden – sie stützen sich auf langjährige Erfahrungswerte. Werkstoffe und Fügeverfahren müssen im Konstruktionsprozess neu verstanden werden. Um die dynamischen Eigenschaften zu verifizieren, werden die gerechneten Modelle mit gemessenen Werten verglichen. Der Abgleich von Simulationsmodellen – Model-Update genannt – beruht auf der numerischen Optimierung von Modellparametern eines Finite-Element-Modells. Die Grundlage dafür sind die gemessenen Übertragungsfunktionen. Je mehr Freiheitsgrade des Modells mit Messwerten verglichen werden können, desto besser die spätere, lokale Beurteilung.

Die eingesetzte Schwingungsmesstechnik entscheidet darüber, wie genau der spätere Abgleich ist, das heißt wie genau das Modell das reale Verhalten vorhersagen kann. Da berührende Sensoren die Massen der in der

gel dünnwandigen Bauteile verändern, ändert sich auch das gemessene Schwingverhalten. Je mehr Sensoren, desto stärker ist dieser Effekt. Will man zusätzlich sogenannte lokale Schwingmoden erfassen, sind räumlich eng verteilte Messgitter erforderlich, was mit Standardsensoren die Masse erhöhen und damit die Ergebnisse ungenauer machen würde.

Licht in die Simulation

Diesen Interessenkonflikt können optische Schwingungsmesssysteme, wie Scanning Laser-Doppler Vibrometer (SLDV), auflösen. Denn Licht als Sensor beeinflusst die Masse und damit das Schwingverhalten nicht. Um das Messgitter zu definieren, werden die Finite-Elemente-Netze aus der Simulationsrechnung herangezogen. Während der Messung tasten drei Laser die Schwingungen der Fahrzeugprototypen softwaregesteuert ab. Grundlage ist die experimentelle Modalanalyse. Bei diesem Test wird das Messobjekt synthetisch breitbandig angeregt und die „Antwort“ der Struktur, also Resonanzen, gemessen. Die Ergebnisse dieser Tests mit SLDV geben unverfälscht das tatsächliche Schwingungsverhalten wieder.

Die Rückwirkungsfreiheit und die Steuerbarkeit des Laserstrahls spielen gerade bei der wirtschaftlichen Anwendung der Technologie



Roboter erstellen mit Laser-Doppler-Vibrometern die Modalanalyse einer Karosserie

eine große Rolle, da sie die Automatisierung des Messprozesses erlauben. Mit roboterstützten Systemen wird die Messzeit mehr als halbiert und vor allem die Nachtschicht mit genutzt.

Gerade bei Verbundmaterialien sind die Abweichungen zum Modell hoch, aufgrund neuer Fügeverfahren, des Dämpfungsverhaltens und der richtungsabhängigen Steifigkeit. Deshalb ist hier auch der Nutzen eines Model-Updating-Prozesses besonders groß.

Optimierung der Akustik

Der akustische Komfort eines konventionellen Serienfahrzeugs ist heute schon sehr hoch. Der absolute Schallpegel bestimmt ihn jedoch nicht alleine. Auch die wahrgenommenen Amplituden- und Frequenzanteile spielen eine wichtige Rolle. Das Wegfallen des Verbrenungsgeräuschs und damit der „Maskierung von Störgeräuschen“ beim Elektroantrieb stellt tatsächlich eine große Herausforderung an die Hersteller dar. Neue tonale Komponenten im hochfrequenten Bereich der Hochleistungselektronik kommen hinzu und müssen vom Akustiker angegangen werden. Hier helfen berührungslose Messverfahren Störquellen zu lokalisieren. Die akustische Kamera beispielsweise hilft bei der Ortung der Quelle

im Luftschall. Die Laservibrometrie quantifiziert störende Schwingungen als Körperschall und legt die Anregungs- und Koppelmechanismen offen. Die Visualisierung der Scanning-Vibrometrie gibt dem Ingenieur einen schnellen Einblick in das Schwingverhalten von Aggregaten, die als Quelle der Störung in Frage kommen.

Auch der klassische Werkstoff Stahl wird weiter entwickelt. Fester, beanspruchungsgerechter geformt und gefügt, hilft er das Gewicht der Karosserie zu reduzieren. Zur Freude der Fahrdynamiker und oft zum Kopfzerbrechen der NVH-Ingenieure. Dünn und leicht wird die Karosserie zum akustischen Resonator. Erst Dämpfung- und Dämmungsmaßnahmen stellen den guten Fahrkomfort wieder her. Um die Gewichtsziele nicht zu gefährden sollte man bei der Dimensionierung der Dämmmaterialien, dem sogenannten Akustikpaket, geplant vorgehen. Hier helfen wieder die Daten, die durch Scanning-Vibrometer erfasst wurden. Lokale Schwingformen (Blechfeldschwingungen) sind für den Eintrag akustischer Frequenzen in den Innenraum verantwortlich. Die Scanning-Vibrometrie liefert Schwingungsdaten in einer sehr hohen räumlichen Auflösung, so dass diese lokalen Schwingformen deutlich zu erkennen sind.

Dies ist die Voraussetzung, dass der Akustiker nur dort Dämmmaterial und damit Gewicht eingebringt, wo ein akustischer Gewinn zu erwarten ist.

Fazit und Ausblick

Die kommenden CO₂-Grenzwerte erfordern mehr Leichtbau. Leichtbau erfordert einen Lernprozess in der Modellierung und neuen Methoden in der Validierung der Simulationsmodelle. Gerade berührungslose und damit rückwirkungsfreie Messverfahren eignen sich für die neuen Herausforderungen an leichten, dünnwandigen Teilen. Automatisierung wird auch vor dem Testprozess nicht Halt machen, wenn nicht nur das Fahrzeug sondern auch seine Entwicklung so effizient wie möglich sein soll.

Autor

Jörg Sauer, Produktmanagement Vibrometri



Sensor+Test
Halle 11 · Stand 420

KONTAKT

Polytec GmbH, Waldbronn
Tel.: +49 7243 604 0 · www.polytec.de