

Der gute Ton

Virtuelle Produktentwicklung von Audiosystemen im Automobilbau



Virtuelle Optimierung der mechanischen und akustischen Integration von Lautsprechern

Mittels multiphysikalischer Simulation können Audiosysteme bereits in einer frühen Phase parallel zur Fahrzeugentwicklung sowohl mechanisch als auch akustisch optimal in das Fahrzeug integriert werden.

In der Produktentwicklung ist die Automobilindustrie mit stetig steigenden Anforderungen konfrontiert. Es sollen Entwicklungszeiten sowie Entwicklungs- und Produktkosten reduziert sowie Produkteigenschaften verbessert werden. Im Bereich von Audiosystemen verschärft sich dieses Spannungsdreieck, da das Thema Audio von den Trends der Unterhaltungselektronik-Industrie beeinflusst wird, und daher die Produktlebenszyklen für Automobilverhältnisse sehr kurz sind.

Nicht nur die Qualität der Lautsprecher

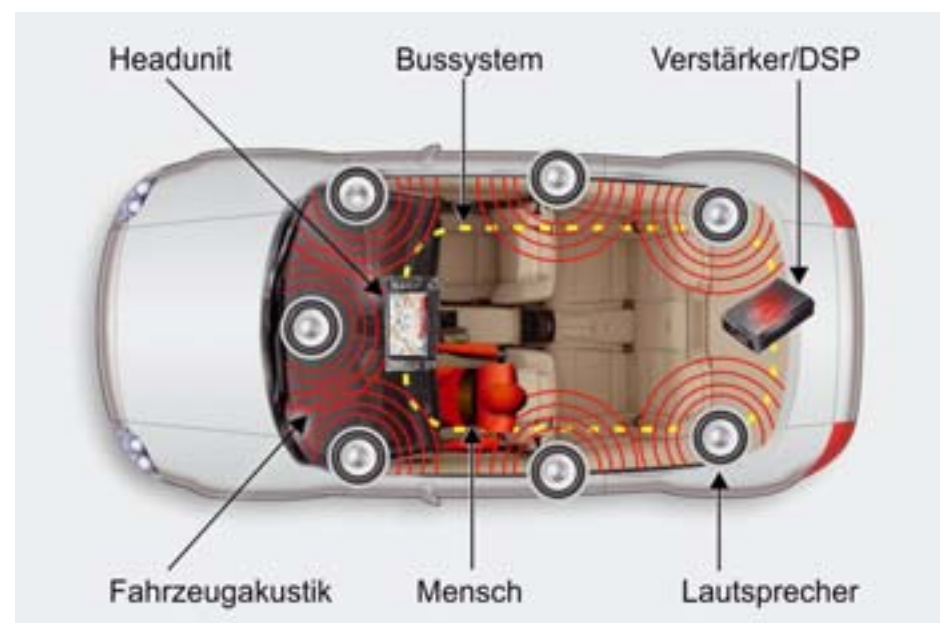
Die Lösung dieses Spannungsdreiecks erfolgt durch den konsequenten und möglichst frühen Einsatz rechnergestützter Entwicklung (CAE) basierend auf Simulation und Analyse von Produkteigenschaften auf Systemebene – es wird also das gesamte Audiosystem integriert in das Fahrzeug simuliert. Wesentlich für guten Klang ist nicht nur die Qualität der Lautsprecher, sondern insbesondere deren mechanische und akustische Integration in das Fahrzeug. Aufgrund der Bauraumanforderungen, die durch

den Trend Elektromobilität (Batterie-Integration) nochmals verschärft werden, stellt dies eine besondere Herausforderung für die Entwickler dar. Bisher wurde diese Integration vor allem mit realen Prototypen in einer späten Entwicklungsphase mit entsprechend hohem Zeit- und Kostenaufwand evaluiert und stellte somit ein Risiko für den Projektverlauf dar. Mittels CAE basierender Simulationstools kann bereits in der Konzeptphase die Lautsprecherintegration optimiert werden. Dadurch können einerseits Fehler vermieden werden, zum Beispiel Störschwingungen von Verkleidungs- und Strukturteilen, als auch völlig neue Wege in der Bauraumnutzung eingeschlagen werden, indem man beispielsweise Hohlräume der Fahrzeug-

struktur als Resonanzvolumen für Lautsprecher verwendet. CAE basierende Simulationen ermöglichen die Entwicklung des Audiosystems erstmals parallel zur Entwicklung der Fahrzeugstruktur. Dadurch können entscheidende wirtschaftliche Vorteile generiert und Produkteigenschaften kostengünstig optimiert werden.

Simulation von Audiosystemen auf Systemebene

Die Simulation auf Systemebene stellt eine besondere Herausforderung dar. Welche Subsysteme sind beteiligt, wie sieht die Interaktion dieser aus, und wo liegen die Grenzen des Gesamtsystems? Es gilt unterschiedliche Größenordnungen zu modellieren (von zehntel Millimetern für den Luftspalt im Motorsystem des Lautsprechers bis über mehrere Meter für den Fahrzeuginnenraum), verschiedene physikalische Bereiche zu koppeln und auch verschiedene Ingenieurdisziplinen zu verbinden. Das Gesamtsystem ist deutlich mehr als Lautsprecher und Verstärker: Head Unit, Bussystem, Verstärker, Lautsprecher und deren Integration im Fahrzeug, Akustik der Fahrzeugkabine, Wahrnehmung von Schall durch den Menschen. Mittels CAE werden die Bereiche Lautsprecher und Fahrzeugkabine modelliert. Dadurch wird der Bereich Elektronik mit dem Faktor Mensch verknüpft und die Simulation des Gesamtsystems ermöglicht.



Komplexität des Gesamtsystems

Simulation von Lautsprechern, Lautsprecherintegration und Fahrzeugkabine

Multiphysikalische CAE-Verfahren ermöglichen eine realistische Simulation von Lautsprechern. Dabei kommt ein Finite Elemente Modell zum Einsatz, das Motorsystem (Elektromagnetismus), Schwingensystem (Mechanik) sowie die umgebende Luft (Akustik) vollständig koppelt. Die Integration der Lautsprecher im Fahrzeug muss auch in der Simulation berücksichtigt werden. Zum Beispiel benötigen Lautsprecher für die Wiedergabe von tiefen Frequenzen ein Gehäuse als Resonanzvolumen. Durch Einschränkungen des Bauraumvolumen ergeben sich sehr komplex geformte Gehäuse, die das Schallabstrahlverhalten wesentlich beeinflussen und daher mittels CAE modelliert werden müssen. Das zuvor dargestellte multiphysikalische Modell eines Lautsprechers kann dazu erweitert werden. Zusätzlich zum Lautsprecher wird das Gehäuse modelliert und mit mechanischen und akustischen Eigenschaften versehen.

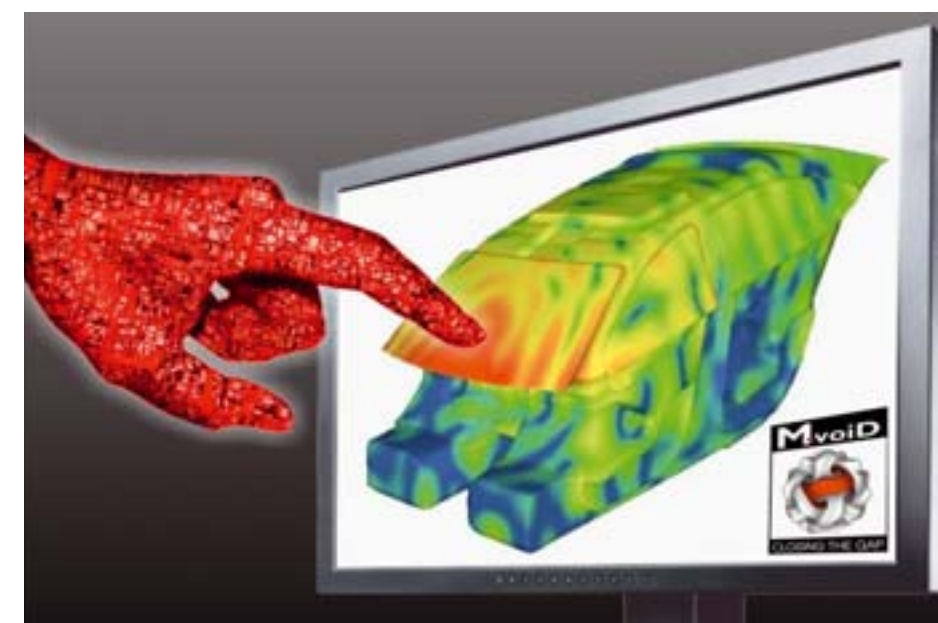
Nachdem der Lautsprecher virtuell im Fahrzeug eingebaut ist, erfolgt die Ermittlung der Schallabstrahlung in der Fahrzeugkabine, die einen wesentlichen Einfluss auf die Wahrnehmung von Schall hat. Das multiphysikalische Simulationsmodell kann dazu nochmals erweitert werden, indem der Fahrzeuginnenraum mit mechanischen und akustischen Eigenschaften versehen wird. Aufgrund des sehr komplexen Materialmix der Oberflächen, die als eine Mischung aus porösen Absorbentien und Plattenabsorbentien agieren, wird für die Ermitt-

lung der mechanischen und akustischen Eigenschaften ein hybrider Ansatz verfolgt. Das Simulationsmodell wird im Projektverlauf iterativ auf Basis von Messungen optimiert, sodass schließlich ein realistisches Systemmodell zur Simulation des 3D-Schallfeldes im Fahrzeuginnenraum zur Verfügung steht.

Virtuelles Mock-up

Dieses Systemmodell stellt ein virtuelles Mock-up für die Konzeptentwicklung der nächsten Fahrzeuggeneration dar. Es können nun verschiedene Systemarchitekturen und Systeminhalte sowie Position und Orientierung von Lautsprechern bereits in einer frühen Entwicklungsphase getestet und optimiert werden. Durch den Einsatz virtueller Technologien ergeben sich wesentliche wirtschaftliche Vorteile – bessere und kostenoptimierte Produkte werden in kürzerer Zeit entwickelt. Konzept-X hat dafür das Verfahren M-void (Multidisciplinary virtually optimized industrial Design) entwickelt. Es basiert auf einer am Markt etablierten Simulationsumgebung, um einen schnellen Datenaustausch und maximale Kompatibilität mit den Entwicklungsprozessen der Projektpartner zu gewährleisten. Dadurch können in der Konzeptphase nicht nur ästhetische Aspekte des Industrial Design berücksichtigt, sondern auch funktionelle Eigenschaften ergebnisrelevant virtuell optimiert werden.

Konzept-X;
Telefon: 0721 7540 7620;
E-Mail: info@konzept-x.com



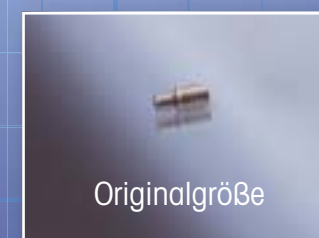
Virtuelles Mock-Up für die Konzeptentwicklung

NEU ~~Ø~~ 3mm

Lee Mini Rückschlagventile



die
neuen 3 mm
Rückschlagventile
CCFM



Originalgröße

Innovation in Miniatur



LEE Hydraulische
Miniaturkomponenten GmbH

Am Limespark 2 · 65843 Sulzbach
Postfach 1180 · 65796 Bad Soden

Telefon 06196/77369-0
E-Mail info@lee.de · www.lee.de