

Fahrzeugakustik – Komplexität, Zielkonflikte, Potentiale

Dipl.-Ing. W. Geib
BMW Technik GmbH; 80788 München

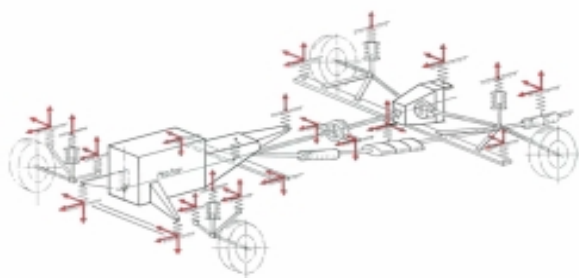
Beim Automobil hat es der Akustiker mit einem Objekt zu tun, bei dem die Anzahl möglicher Geräuscherreger so groß ist, wie die Anzahl aller bewegten Teile des Kraftfahrzeuges. Jeder Kolben, jede Welle, jedes Zahnrad verursacht Schwingungen, jede Schwingung kann sich durch Körperschall und/oder Luftschall fortpflanzen und Geräusche erzeugen, auch dort, wo man es am wenigsten vermutet.

Von den mehr als 10.000 Fahrzeugbauteilen sind immerhin 200 akustisch/schwingungstechnisch relevant und stehen in komplexen Wechselwirkungen zueinander. Sie bestimmen Innen- und Außengeräusch sowie den Schwingungskomfort, mit zum Teil erheblichen, physikalisch bedingten Zielkonflikten, insbesondere bezüglich Package, Fahrdynamik, aktive und passive Sicherheit, Festigkeit, Gewicht, Kosten usw. Hinzu kommt noch der Mensch als besonders komplexes Schwingungsgebilde mit unterschiedlichstem subjektiven Empfinden.

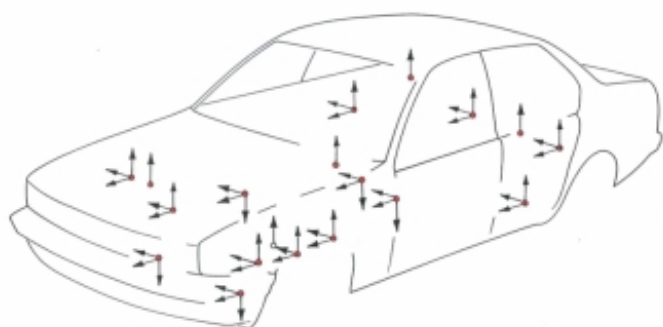
Die ganzheitliche Betrachtung als System ist daher bei der Fahrzeug-Entwicklung zwingend erforderlich. Infolgedessen sind weitere Fortschritte nur durch die Summe gezielter Maßnahmen möglich: Durch umfassende Analysen müssen sämtliche Schwingungs-/Geräusch-Mechanismen, Bauteile- und Systemeigenschaften, insbesondere alle Potentiale, erfaßt und genutzt werden. Alle Maßnahmen sind ausgewogen zu dosieren.

Beispiel Körperschall:

Primär erfolgt die Anregung der Karosserie durch Antriebs- und Fahrwerksbauteile:

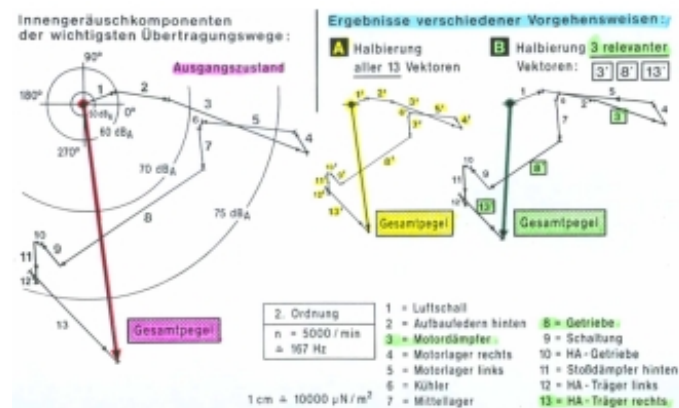


Die schwingende Karosserie-Oberfläche strahlt großflächig Luftschall ab.



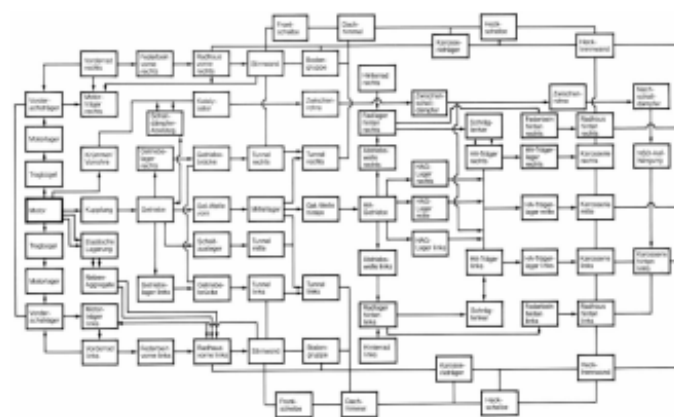
Bei der Addition kohärenter Geräusch-Anteile müssen Betrag und Phase berücksichtigt werden. Die Resultierende bildet den Innengeräusch-Gesamtpegel.

Zur Geräusch- Reduzierung wird beispielhaft gezeigt, wie mit deutlich unterschiedlichem Aufwand das gleiche Endergebnis erzielt werden kann:



Im Beispiel **A** werden alle 13 Bauteile so überarbeitet, daß sich ihr Beitrag halbiert, im Beispiel **B** effizienter Weise nur die 3 relevanten, Gesamtpegel-bestimmenden Komponenten - womit die Vorteile der eingangs beschriebenen, systematischen Vorgehensweise bestätigt sind!

In Form eines „Schallfluß-Blockschaltbildes“ werden für



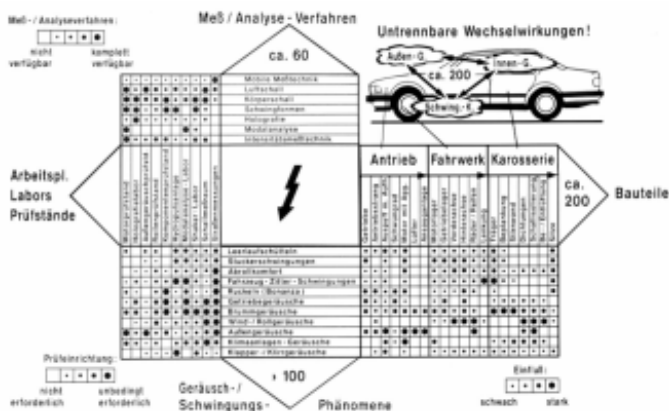
weitere Betrachtungen die körperschall-relevanten Bauteile zusammengefaßt:

Dargestellt sind geräuscherzeugende, -übertragende und -abstrahlende Elemente sowie deren Vernetzung, sowohl untereinander, als auch mit der Karosserie. Alle wichtigen Verknüpfungen und Übertragungsketten sind anschaulich zu verfolgen.

Wichtige *Grundregeln zur Geräuschminderung* können daraus abgeleitet werden:

- Bei dominierenden Anteilen, direkt beim Entstehungs-Mechanismus/direkt an der Quelle beginnen, nur so bleibt auch die Ausbreitung in Grenzen!
- Erst dann, wenn alle Maßnahmen an der Quelle effizient ausgeschöpft sind, müssen auch die übrigen Glieder der Wirkungskette behandelt werden, aber jeweils gerade nur so viel, bis kein Beitrag mehr zum Gesamt-Geräusch erfolgt!
- Wichtig ist also die konsequente Vorgehensweise, streng nach der Physik, also nicht antriebs-, fahrwerks- bzw. karosserieorientiert, sondern umfassend mit „*Priorität Gesamtfahrzeug.*“

Die systematische Darstellung aller Anforderungen in Form einer **Matrix**



vermittelt einen qualitativen und quantitativen Eindruck möglicher Abhängigkeiten und Wechselwirkungen.

So ist ersichtlich,

- welche Bauteile bei Akustik-/Schwingungs-Problemen als Ursache bzw. welche Bauteile für Abhilfemaßnahmen in Frage kommen, oder
- welche Probleme/Wechselwirkungen auftreten können, wenn ein Bauteil geändert wird,
- welche Prüfstände/Verfahren für die Untersuchung der Probleme/Phänomene am besten geeignet sind,
- welche Ansprechpartner betroffen sind (Namen können direkt in die Matrix aufgenommen werden).

Weiterhin ist zu erkennen,

daß jedes Geräusch-/Schwingungsproblem von mehreren Bauteilen gleichzeitig abhängig ist, oder daß die Änderung nur eines Bauteils mehrere Probleme gleichzeitig beeinflusst.

Zugleich geht daraus hervor, daß keine Organisations Einheit allein ein Geräusch- und Schwingungsproblem effizient lösen kann!

Diese Matrix soll nicht abschrecken, sondern soll die Problematik bewußt und transparent machen, insbesondere soll sie das enorme Optimierungspotential aufzeigen, das in der Realität gerade durch die Vielfalt, die Vernetzungen, die Abhängigkeiten und die Wechselwirkungen gegeben ist.

Bei entsprechender Berücksichtigung ist gewährleistet, daß einerseits keine Aufgabe vergessen und andererseits Doppel- und Mehrfacharbeit vermieden wird.

Die physikalisch bedingten, unvermeidlichen Schnittstellen sind ersichtlich. Für daraus resultierende Schnittstellen-Probleme können Vereinbarungen bzw. Festlegungen getroffen werden.

Wie aus der Matrix hervorgeht, bilden sich drei Aufgabenschwerpunkte heraus:

1. Bauteile
2. Geräusch- und Schwingungs-Phänomene
3. Meß- und Versuchstechnik mit Berechnung.

Es ist empfehlenswert, diese Gliederung und Verzahnung bei der Festlegung von Zuständigkeiten und Verantwortung zugrunde zu legen:

Die „Akustik/Schwingungstechnik Gesamtfahrzeug (2.)“ übernimmt die Querschnittsfunktion, veranlaßt zum richtigen Zeitpunkt die richtigen Untersuchungen – und zwar Versuch sowie die immer wichtiger werdende Berechnung (3.), erarbeitet aus den Ergebnissen geeignete Lösungsalternativen und wirkt mit bei der Umsetzung, d.h. bei der Realisierung von Bauteilmaßnahmen (1.).

Fazit:

Zukünftige Automobile werden die heute bereits erreichte Komplexität bei weitem übertreffen. Die ganzheitliche Betrachtung des Fahrzeuges als System steht daher bei der Entwicklung im Vordergrund.

Die Akustik/Schwingungstechnik, als Querschnittsfunktion verbindlich in den Entwicklungsprozeß eingebunden, muß bereits in der Konzeptphase eines neuen Fahrzeuges wesentlichen Einfluß auf das Lastenheft nehmen.

Es müssen modernste Methoden und Einrichtungen zur Verfügung stehen. Berechnungsverfahren, Simulation, Meß- und Prüftechnik müssen sich optimal ergänzen, wenn herausragende technische Lösungen auch noch in kürzester Zeit verwirklicht werden sollen.

Alle Voraussetzungen sind zwingend notwendig, fördern die „Freude am Entwickeln“, das Erreichen eines harmonischen Fahrzeug-Charakters und liefern wertvolle Beiträge für die Gesamtziel-Erfüllung „Freude am Fahren!“