

## Gegenüberstellung verschiedener Wiedergabesysteme in einer Fahrzeugumgebung



Die Firma HEAD acoustics bietet eine Reihe binauraler Wiedergabesysteme für die Wiedergabe von Fahrzeuginnengeräuschen an.

Die Angebotspalette reicht dabei von hochqualitativer Kopfhörerwiedergabe über digitale Entzerrer mit elektrodynamischen oder elektrostatischen Kopfhörern bis hin zu technisch ausgefeilten Systemen zur simultanen, interaktiven Wiedergabe von Luftschall und Vibrationen in entsprechenden Fahr-simulatoren.

Die zu Grunde liegende Motivation ist, dass die subjektive Geräuschbeurteilung als eine mehrdimensionale Aufgabe betrachtet werden muss:

- Geräusche im Fahrzeuginnenraum stehen fast immer in Interaktion mit Vibrationen, die direkten Einfluss auf die Geräuschbewertung haben.
- Psychologische und kognitive Aspekte müssen bei der subjektiven Geräuschbeurteilung berücksichtigt werden.
- Die Geräuschbeurteilung wird durch die individuelle Sensibilität der beurteilenden Person beeinflusst und unterliegt deren generellen Einstellung bezogen auf das Geräuscheignis.



Diese Erfahrungen zeigen, dass die Geräuschbeurteilung von Fahrzeuginnengeräuschen in hohem Maße kontextsensitiv ist.

Um solchen Kontexteffekten in Hörversuchen gerecht zu werden, bietet HEAD acoustics die Möglichkeit, die Wiedergabe aus der Laborumgebung in die reale Fahrzeugumgebung zu verlagern.

Verschiedene Ausbaustufen dieser wirklichkeitsgetreuen Wiedergabe von Geräuschen und Vibration im Fahrzeug werden im vorliegenden Dokument vorgestellt und miteinander verglichen.

# Nutzen des multidimensionalen Wiedergabesystems SoundCar



Langjährige Erfahrungen mit hochqualitativen binauralen Aufnahmen im Fahrzeuginnenraum zeigen, dass es für eine originalgetreue Wiedergabe nicht ausreicht, in beliebiger Abhörumgebung nur die Luftschallanteile per Kopfhörer anzubieten. Insbesondere Personen mit geringerer fachlicher Nähe zur Akustik-Entwicklung (Entscheider, Kunden) können das Gehörte schlecht in den entsprechenden Kontext einordnen.

Für die Diskrepanz zwischen reiner Kopfhörerwiedergabe und Originaleindruck sind komplexe physisch-psychologische Vorgänge verantwortlich:

- Der Mensch stellt sich unbewusst auf das Schallfeld (Volumen, Diffusität etc) seines Aufenthaltsorts ein. Fahrzeug und typisches Abhörstudio unterscheiden sich in den akustischen Eigenschaften des Abhörraums so stark, dass ohne besondere Übung des Hörers eine Bewertung von Fahrzeuginnengeräuschen im Laborumfeld eines Abhörraums nur schwer möglich ist.
- In einem natürlichen Schallfeld gibt es keine hohen Pegel am Trommelfell ohne entsprechende simultane Schädelknochen- und Körperschallanregungen. Wird bei der Simulation der Fahrzeuginnengeräusche lediglich über Kopfhörer wiedergegeben, so bewirkt das Ausbleiben der Knochen- und Körperschallanregungen bei vielen Testpersonen eine subjektive Verschiebung der wahrgenommenen Klangbalance hin zu tiefen Frequenzen.
- Unangenehme Schwingungen im Fahrzeug werden von vielen Versuchspersonen unbewusst dem Geräusch angelastet. Fehlen diese Schwingungen bei der reinen Kopfhörerwiedergabe, so führt das häufig zu einer veränderten, i.d.R. positiveren Bewertung des Fahrzeuginnengeräusches.

Die Lösung dieser Probleme bietet Ihnen das SoundCar von HEAD acoustics:

- Abgehört wird in einer realen Fahrzeugumgebung, das Schallfeld ist weitestgehend originalgetreu. Die erforderliche Hardware für Wiedergabe und Steuerung des Systems kann beispielsweise im „entkernten“ Motorraum des Fahrzeugs eingebaut werden.
- Tieffrequenter Luftschall wird mit einem Subwoofer z.B. im Kofferraum erzeugt und die realistische Klangbalance wieder hergestellt.
- Schwingungen des Antriebs und des Lenkrads (z.B. Reifen) werden durch Aktuatoren am Fahrersitz und am Lenkrad abgebildet.



Erfahrungsberichte von Anwendern zeigen, dass die Beurteilung von Fahrzeuggeräuschen, insbesondere durch Entscheider und Kunden, durch die Nutzung des SoundCar auf eine solidere Grundlage gestellt wird. Gerade bei ungeübten Testpersonen stimmt die Beurteilung des wiedergegebenen Fahrzeuggeräusches besser mit der Beurteilung des realen Fahrzeuggeräusches überein.

Das System erlaubt es, verschiedene Versuchsanordnungen mit realitätsgetreuen Geräusch- und Vibrationsszenarien zu vergleichen, und das ohne zeit- und kostenintensive Umbauten am Fahrzeug. Darüber hinaus können die Versuche wetterunabhängig durchgeführt werden.

## Nutzen des interaktiven Geräuschsimulationssystems H3S als Erweiterung des Wiedergabesystems SoundCar



Die Erfahrungen mit der Wiedergabe von Fahrzeuggeräuschen und -vibrationen haben des Weiteren gezeigt, dass die Bewertung einfacher ist, wenn sich die Testperson in einer interaktiven Simulationsumgebung befindet, also das Fahrzeug bedient wird (Gas geben, Bremsen, Schalten), während sich Geräusche und Vibrationen der jeweiligen Fahrsituation anpassen (Geschwindigkeit, Drehzahl, Last). Mit einem solchen System lassen sich Zielsounds bereits vor der Herstellung eines Prototyps noch einfacher im Dialog mit Entscheidern und Testpersonen aus dem Kreis der potentiellen Kundschaft definieren.

Das gehörrichtige Geräuschsimulationssystem H3S erlaubt die interaktive, realitätsgetreue Simulation von Fahrsituationen. Es handelt sich um eine konsequente Weiterentwicklung der reinen Wiedergabe von originalgetreuen Geräuschen bei definierten Betriebszuständen, die bei der Aufnahme bereits festgelegt wurden. Das H3S gibt einen auf dem Prüfstand aufgenommenen Motor sowie Reifen- und Windgeräusche wieder. Gleichzeitig werden mit entsprechenden Aktuatoren Fahrersitz- und Lenkradvibrationen erzeugt. Optional lassen sich auch die Geräusche vorbeifahrender Fahrzeuge räumlich richtig wiedergeben und tragen somit zur wirklichkeitsnahen Simulation der Fahrsituation bei.



Folgende Vorteile bietet eine interaktive Geräusch- und Vibrationsimulation im SoundCar:

- Der Proband hat oft andere Vorstellungen und möchte den Sound bei seiner persönlichen Fahrweise erleben. Dies ermöglicht das H3S, indem es nach der Vorgabe von Last, Übersetzung, Drehzahl und Geschwindigkeit dynamisch reale Fahreindrücke aus einem Vorrat an realen Aufnahmen bei festen Betriebszuständen bildet.
- Die Simulation wird für Antriebs-, Wind- und Rollgeräusch getrennt durchgeführt. Dadurch können diese Anteile auch getrennt „erfahren“ werden.
- Durch die bekannten Filtertechniken (auch drehzahlabhängig) lassen sich die einzelnen Geräuschanteile manipulieren. Dadurch werden Veränderungen sofort erfahrbar, Ziele können im Vorfeld der Entwicklung in der Diskussion mit Entscheidern festgelegt werden.
- Kennt man die binauralen Transferpfade einer Karosserie, z.B. vom Antrieb, lassen sich bisher nicht in dieser Karosserie realisierte Antriebsvarianten, von denen lediglich Prüfstandsmessungen vorliegen, „erfahren“ und bewerten.



Das H3S ergänzt sich optimal mit dem Wiedergabesystem SoundCar. Auf dieser Plattform wird das virtuelle Fahrerlebnis besonders realitätsnah abgebildet. Als Benutzerschnittstelle dienen dabei Gaspedal, Bremse, Schaltung sowie die Anzeigeelemente des Fahrzeugs.

Der Aufwand für den Aufbau von Prototypen und realen Testfahrten zur Beurteilung der Fahrzeuggeräusche kann deutlich minimiert und dadurch Kosten eingespart werden. Die Versuche können auch hier wetterunabhängig durchgeführt werden.

## Nutzen des interaktiven Geräuschsimulationssystems H3S in einer mobilen Aufbauvariante im fahrbereiten Fahrzeug



Das H3S lässt sich nun auch in einer mobilen Aufbauvariante nutzen, die das SoundCar als Wiedergabeplattform durch die Fahrt in einem realen Fahrzeug ersetzt. Die Originalgeräusche des Fahrzeugs werden dabei durch simulierte Daten (z.B. eines anderen Motors oder eines Wettbewerberfahrzeugs) überdeckt. Die simulierten Luftschallanteile werden über Kopfhörer mit hoher Außenschalldämmung wiedergegeben.

In der mobilen Aufbauvariante des H3S werden virtuelle Fahrzeuggeräusche in einem handelsüblichen Fahrzeug und in einer realen Fahrsituation wiedergegeben.

Als Benutzerschnittstelle dienen dabei Gaspedal, Bremse, Schaltung, Drehzahl und Geschwindigkeit. Vibrationen sowie die Fahrdynamik werden durch die Realfahrt im Basisfahrzeug vorgegeben.

Dadurch lassen sich mit einem solchen System nur Fahrzeuggeräusche von Fahrzeugen mit einem dem Basisfahrzeug ähnlichem Charakter sinnvoll miteinander vergleichen.

Die Vorteile des Verfahrens liegen auf der Hand:

- Die Testperson begibt sich in eine reale Fahrsituation. Es muss nicht der situative Kontext simuliert werden, sondern lediglich das Fahrzeuggeräusch. Die Bewertung wird dadurch weiter vereinfacht.
- Die Simulation wird für Antriebs-, Wind- und Rollgeräusch getrennt durchgeführt, dadurch können diese Anteile auch getrennt „erfahren“ werden.
- Die erforderliche Hardware kann ohne aufwendige Umbaumaßnahmen am Fahrzeug eingebaut werden. Das System kann mit geringem Aufwand von einem Fahrzeug in ein anderes Fahrzeug umgesetzt und dort installiert werden.
- Die Simulation kann auch „Customer Actuated Sounds“ umfassen. Statt des Betätigungsgeräuschs im Basisfahrzeug, z.B. des Blinkers, können beliebige andere Geräusche hörbar gemacht werden.



Das System eignet sich gleichermaßen für Benchmarking, für die Definition von Zielsounds als auch für den Vergleich verschiedener Varianten eines Fahrzeugs.