

# Umfassende aktive Geräuschgestaltung für Fahrzeuge

Markus Bodden, Torsten Belschner  
neosonic, 45131 Essen, email:info@neosonic.eu

## Einleitung

Die Optimierung der Geräusche von Fahrzeugen erfordert nicht nur eine Optimierung jeder einzelnen Komponente, sondern gerade die Optimierung des Zusammenspiels aller Komponenten. Durch den Einsatz aktiver Methoden ergeben sich neue Möglichkeiten eine solche umfassende Harmonisierung der Fahrzeuggeräusche zu realisieren. Neosonic hat hierfür den modularen Ansatz elvis<sup>3</sup> (ELaborate Vehicle Integrated Sound Synthesis System) entwickelt, der sämtliche Audio-Aspekte des Fahrzeugs integriert. Das Systemkonzept und beispielhafte Realisierungen werden dargestellt.

## Aktive Geräuschgestaltung

Methoden zur aktiven Geräuschgestaltung, also dem gezielten aktiven Hinzufügen bzw. Verändern von Geräuschen im Fahrzeug, wurden in den vergangenen Jahren intensiv erforscht. Eine Einführung in die Serie wurde jedoch lange Zeit hinausgezögert, obwohl bereits vor über 10 Jahren praktisch serienreife Systeme vorgestellt wurden (e.g., [1] und [2]). Innerhalb der letzten Jahre wurden entsprechende Systeme jedoch immer häufiger in Serie eingesetzt, die Methoden sind nun akzeptiert und anerkannt.

Eine Umsetzung erfolgt hierbei aus unterschiedlichen Ansätzen: im Ansaugtrakt (Weiterleitung von Pulsationen in den Innenraum), in der Abgasanlage (Veränderung bzw. Hinzufügen durch Klappen und Lautsprecher), über Körperschallanregung (Einleitung von Schwingungen in die Karosserie) und über die Audioanlage des Fahrzeugs (Abstrahlung synthetischer Geräusche, Kombination mit ANC möglich). Die Verfahren unterscheiden sich durch die Komplexität, die Freiheitsgrade des Sound Designs und durch die Natürlichkeit und erzielbare Qualität.

Die elektronischen Verfahren verwenden meist die sog. ordnungsbasierte Synthese. Hier werden Motorordnungen erzeugt, also Sinusschwingungen, die in ihrer Frequenz durch die Motordrehzahl bestimmt werden. Das Ziel der Verfahren besteht darin die vom Fahrer wahrgenommene Sportlichkeit zu erhöhen, d.h. eine stärkere Rückmeldung unter Last zu geben. Diese Erhöhung der wahrgenommenen Sportlichkeit ist durch eine bestimmte Kombination der Motorordnungen möglich.

Die Konzentration auf die Beeinflussung der Sportlichkeit bedeutet jedoch, dass die zweite wesentliche Dimension, welche die Gesamtwahrnehmung eines Fahrzeugs bestimmt, nicht berücksichtigt und damit „konventionell“ optimiert werden muss. Nach [3] handelt es sich um die „Angenehmheit“ des Geräusches, die einen wesentlich höheren Einfluss auf die Gesamtbewertung hat als die Sportlichkeit (58% im Gegensatz zu 23% der Varianz, siehe Abb. 1).

Fahrzeug A in Abb. 1 kann durch eine reine Erhöhung der Sportlichkeit in den Zielsektor geschoben werden, Fahrzeug

C jedoch weist schon genug Sportlichkeit auf und muss bezüglich der Angenehmheit verbessert werden – dies ist durch eine ordnungsbasierte Synthese kaum möglich. Hier müssen also andere Methoden eingesetzt werden.

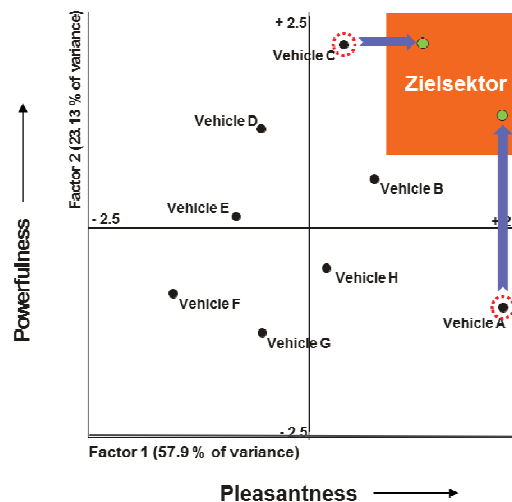


Abbildung 1: Hauptdimensionen der Wahrnehmung von Fahrzeuggeräuschen nach [3].

## elvis<sup>3</sup>

Das System elvis<sup>3</sup> umfasst unterschiedliche Module zur aktiven Geräuschgestaltung, die alle zentral gesteuert werden und damit eine Optimierung der Gesamt-Fahrzeuggeräusche ermöglichen [4].

## Elektro- und Brennstoffzellen-Fahrzeuge: elvis<sup>3</sup> e-motion

Für Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge muss das komplette Geräusch der Antriebseinheit synthetisiert werden. Das zu erzeugende Geräusch muss die dynamischen Eigenschaften des Fahrzeugs umsetzen, in jeder Fahrsituation mit dem Fahrzeug verschmelzen, als vom Fahrzeug selbst erzeugt wahrgenommen werden, sich in die vom Fahrzeug erzeugten Geräusche einpassen und für eine Harmonisierung der Gesamtgeräusche sorgen. Dies ist durch eine Verwendung entsprechender Syntheseverfahren sowie durch ein sorgfältiges Sound Design möglich, das eine Vielzahl von Fahrzeugparametern nutzt.

Das System elvis<sup>3</sup> e-motion wurde bereit umfangreich in [5] vorgestellt und ist das weltweit erste System, das serienmäßig in einem Elektrofahrzeug, dem AMG SLS Coupé ED, zur Erzeugung von Innengeräuschen eingesetzt wird. Da es sich hierbei um einen Supersportwagen handelt werden auch an die Geräusche besondere Ansprüche gestellt. So werden zahlreiche Fahrzustände akustisch differenziert umgesetzt (siehe detailliertere Beschreibung in [6]).

## Verbrenner-Fahrzeuge: elvis<sup>3</sup> CESAR

Für die Unterstützung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor müssen nicht die kompletten Geräusche synthetisiert,

sondern dem Motorgeräusch nur bestimmte Geräuschkomponenten hinzugefügt werden. Bei den bisher eingesetzten Systemen erfolgt dies in der Regel über die ordnungsbaasierte Synthese, die in der Lage ist die wahrgenommene Sportlichkeit zu erhöhen. Das hier vorgestellte System verwendet darüber hinausgehende Methoden. Hierzu zählen

- Signalmanipulationen wie Filterung, Verzerrung und Modulation, zur direkten parametrisierten Veränderung von Wahrnehmungen.
- Die Überlagerung der Syntheseparameter durch Varianzen. Sie tragen dem Umstand Rechnung, dass auch reale Motordaten sich in der Feinstruktur von Feuerung zu Feuerung unterscheiden. So wird die Starrheit der Synthese aufgebrochen und mehr Natürlichkeit erzielt.
- Verwendung kompletter Sound-Signaturen (s. elvis<sup>3</sup> e-motion), die zur Formung eines Charakters und zur Harmonisierung genutzt werden können.

### Hybrid-Fahrzeuge: elvis<sup>3</sup> e-motion + CESAR

Bei Hybridfahrzeugen besteht die Herausforderung in der Gestaltung des Übergangs vom Elektro- zum Verbrennermodus bei gleichzeitiger Beibehaltung des wahrnehmbaren Unterschiedes zwischen beiden Zuständen. Zudem verfügen die Fahrzeuge häufig über stufenlose Getriebe, die das Fahrgeräusch an sich deutlich anders darstellen da der direkte Zusammenhang zwischen Motordrehzahl und Geschwindigkeit fehlt. Eine entsprechende Geräuscherzeugung ist durch die Kombination der Verfahren für Elektro- und Verbrennerfahrzeug möglich, also auch hier in Hybridform.

### Operative Klänge & Rückmeldungen: elvis<sup>3</sup> CASE

Die Bestrebungen, Fahrzeuge immer leiser und komfortabler zu machen, hat dazu geführt, dass die Innengeräuschpegel deutlich reduziert wurden. Dies erfordert wiederum aufwendige Optimierungen jeder einzelnen Fahrzeugkomponente, da die Maskierungswirkung des Hintergrundgeräusches ebenfalls reduziert wurde. Eine Harmonisierung der Gesamtgeräusche ist kaum umsetzbar. Des weiteren sind heute genutzte Rückmeldegeräusche statisch und damit wenig natürlich und wenig ansprechend.

Aktive Methoden können auch hier dazu eingesetzt werden die Gesamt-Geräuschqualität zu verbessern und die Geräusche aufeinander abzustimmen und zu harmonisieren:

- es werden nicht nur Motorgeräusche unterstützt, sondern auch operative Klänge. Hierdurch kann bei Erhöhung der Geräuschqualität gleichzeitig der Aufwand an der Komponente (Bauteilkosten, Gewicht, Entwicklungszeit) reduziert werden.
- Rückmeldegeräusche werden nicht statisch abgespielt, sondern ebenfalls synthetisiert und können so zum einen direkt von Fahrzeugparameter abhängig gestaltet werden als auch zusätzlich zur Erhöhung der Natürlichkeit Varianzen enthalten.
- Durch die Synthese von Zusatzgeräuschen können die Natürlichkeit erhöht und Emotionen direkt

angesprochen werden (z.B. synthetische Backfires, die Fehlzündungen in der Abgasanlage ersetzen).

### Markenidentität & Harmonisierung

Nicht die Optimierung jeder einzelnen Fahrzeugkomponente, sondern erst die Optimierung des Zusammenspiels der einzelnen Geräusche führt zu einem harmonisierten Gesamt-Fahrzeuggeräusch. Die Umsetzung einer Markenidentität erfordert darüber hinaus die Ausrichtung auf markentypische Merkmale.

Die beschriebenen Methoden der aktiven Geräuschgestaltung stellen die Werkzeuge für die Harmonisierung und Markenidentität bereit. Hierbei ist ein ganzheitlicher Prozess zu befolgen, der die Markenmerkmale ausgehend von den Markenattributen konsequent in die Fahrzeuge bringt. Es werden zentral gesteuerte aktive Geräuschgestaltungsmethoden zur Erzeugung, Unterstützung und Anpassung aller Fahrzeuggeräusche eingesetzt. Regelbasierte Abhängigkeiten von den übergreifenden Markenattributen erlauben die Segmentierung in Fahrzeugklassen und die evolutionäre Weiterentwicklung der Geräusche.

### Umsetzung im Fahrzeug

Die Umsetzung im Fahrzeug ist sowohl in Form einer Hardwareeinheit (im AMG SLS ED in Serie) als auch in Form von Software auf der Headunit des Fahrzeugs möglich. Ein entscheidender Vorteil ist in beiden Fällen ein direct-to-unit Editor, der die direkte Anpassung aller Parameter während der Fahrt im Zielsystem erlaubt und so den Zeitaufwand für Entwicklung und Anpassung wesentlich reduziert.

### Zusammenfassung

Methoden zur aktiven Geräuschgestaltung ermöglichen eine umfassende Gestaltung der Fahrzeuggeräusche. Diese ist nicht nur auf eine Erhöhung des Attributes Sportlichkeit beschränkt, sondern erlaubt eine umfassende Gestaltung der Geräusche. Eine konsequente Umsetzung ermöglicht so die Harmonisierung der Gesamtgeräusche und die flexible Umsetzung der Markenidentitäten.

### Literatur

- [1] Alex, M.: Active Noise Control im Ansaugsystem der Zukunft. DAGA 2001.
- [2] Spannheimer, H; Freymann, R.: Geräuschgestaltung im Kraftfahrzeug mit aktiven Systemen. DAGA 2001.
- [3] Heinrichs, R.; Bodden, M.: Diesel Impulsiveness Part I: customer perspective. Proc. of the Internoise 2007, Istanbul, Turkey, paper no 282.
- [4] Patentanmeldung DE 10 2014 204 404.: Vorrichtung zur Synthese von Fahrzeuggeräuschen.
- [5] Bodden, M.; Belschner, T.: Sound Design for Silent Vehicles: Security - Identity - Emotion. Audio Branding Congress Proceedings 2010, 69-85.
- [6] [http://www.mercedes-amg.com/webspecial/sls\\_e-drive](http://www.mercedes-amg.com/webspecial/sls_e-drive) "Detaillierter Einblick -> High Tech Komponenten" -> click auf Icon am Fahrerplatz"