

# Exemplarische Darstellung einer subjektiven Beurteilung von PKW-Fahrgeräuschen

Dr.-Ing. Uwe Letens  
DaimlerChrysler AG, D-70546 Stuttgart

## 1. Einleitung

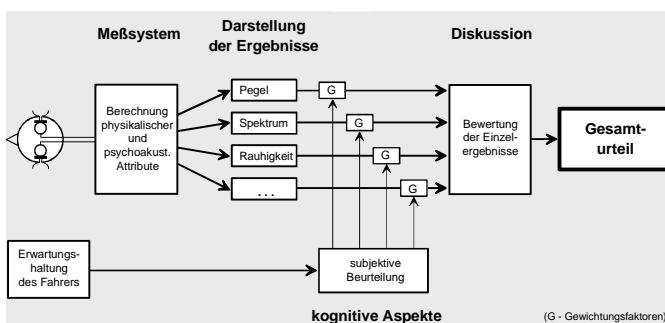
Die Betriebsbedingungen von Kraftfahrzeugen (insbesondere Personenkraftwagen) sind gekennzeichnet durch eine hohe Dynamik hinsichtlich der auftretenden Fahrgeschwindigkeiten, Motordrehzahlen und abgegebener Motorleistungen. Die sich dadurch ergebende Mehrdimensionalität ist bei der Beurteilung von Fahrgeräuschen zu berücksichtigen.

In der klassischen Fahrzeugakustik wird bei meßtechnischen Untersuchungen in der Regel nur jeweils eine Variable (z.B. Motordrehzahl) gleichzeitig geändert. Um den „akustischen Gesamteindruck“ zu erfassen, werden die rein meßtechnischen Untersuchungen durch „subjektive“ Beurteilungen im realen Fahrbetrieb oder anhand von geeigneten Geräuschaufzeichnungen ergänzt. Das Attribut „subjektiv“ ist hier im Sinne einer von Probanden (anstatt durch meßtechnische Algorithmen) durchgeführten Beurteilung zu verstehen.

Anhand eines Beispiels wird ein typischer Beurteilungsablauf vorgestellt: beginnend mit der Auswahl geeigneter Betriebszustände über die Festlegung der zu beurteilenden akustischen Kriterien bis hin zu einigen ausgewählten Ergebnissen und deren Interpretation.

## 2. Modellhafte Vorstellung zur Geräuschbeurteilung

Aufgrund der eingangs schon angedeuteten Vielfalt bei den Einsatzbedingungen ist der ganzheitlichen Wahrnehmung des Fahrzeugs in besonderem Maße Rechnung zu tragen. Selbst beim Einsatz aufwendiger Geräuschanalyseverfahren bleiben die emotionale und kognitive Komponente außer acht. Es ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, ergänzend zur apparativen Akustik stets auch den subjektiven Eindruck zu erfassen und in die Gesamtbewertung einfließen zu lassen. Eine modellhafte Darstellung der Zusammenhänge wird in **Bild 1** wiedergeben.



**Bild 1:** Verknüpfung der subjektiven und objektiven Geräuschbeurteilung

Die „objektiven“ Attribute werden unter Berücksichtigung der „subjektiven“ Beurteilung gewichtet. Diese Gewichtung kann für verschiedene Fahrzeugtypen unterschiedlich erfolgen. Hier spiegelt sich die unterschiedliche Erwartungshaltung des Fahrers bzw. Probanden wieder. Erst die fahrzeugabhängige Gewichtung der objektiven Analyseergebnisse ergibt ein „kundenrelevantes“ Gesamturteil über die Fahrgeräusche.

## 3. Zu beurteilende Betriebszustände

Für die rein meßtechnische Geräuschanalyse haben sich „Fahrten“ auf einer gebremsten Prüfstandsrolle („Dynamometer“) bewährt, bei denen dem Fahrzeug eine konstante Fahrgeschwindigkeit oder eine festgelegte Beschleunigung (in der Regel unter Vollast oder im „Schub“) vorgegeben werden. Da sich die spektrale Charakteristik meist nur relativ langsam über der Motordrehzahl bzw. Geschwindigkeit ändert, kann man diese Betriebsart noch als quasi-stationär ansehen.

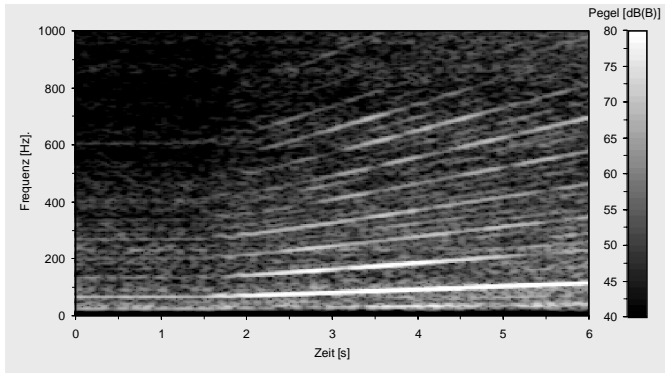
Unter Anwendung spezieller Analysetechniken (z..B. „Ordnungsanalyse“) erhält man Aussagen über Geräuschanteile, die z.B. mit bestimmten Mechanismen im Antriebsstrang korrelieren. Auf diesem Wege ist es möglich, sogenannte „Störgeräusche“ zu identifizieren; Geräuschanteile also, die in der Regel diskret wahrgenommen und als „störend“, den Komfort beeinträchtigend empfunden werden.

Für die Beurteilung im realen Fahrbetrieb hat der „Klangcharakter“ (oft auch als „Sound“ bezeichnet) eine ebenso große Bedeutung. Der Klangcharakter ist durch eine komplexe Verknüpfung der verschiedenartigsten Geräuschkomponenten gekennzeichnet, die unter sich und mit anderen Fahrzeugeigenschaften in gegenseitiger Wechselbeziehung stehen.

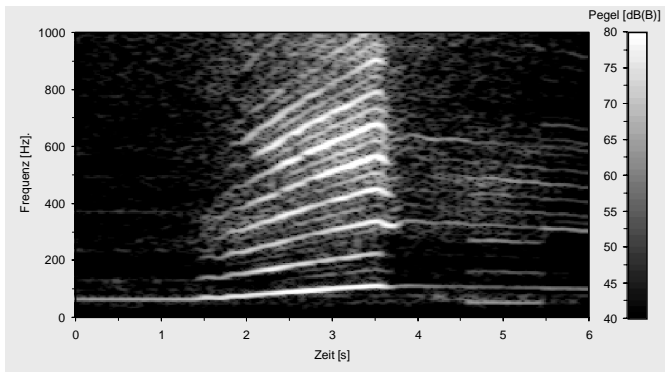
Für den subjektiven Eindruck sind die dynamischen Betriebszustände von besonderer Bedeutung; hierbei entsteht aufgrund der starken Änderung der spektralen Zusammensetzung über der Zeit gewissermaßen ein akustischer „Fingerabdruck“, dessen Eigenschaften mitunter einen hohen Wiedererkennungswert aufweisen. Zur Beurteilung des Innengeräusches wird z.B. ein „Teillast/Vollast-Übergang“ gewählt, der den Beginn eines Überholvorgangs in idealisierter Form darstellt (konstante Fahrgeschwindigkeit gefolgt von einer Vollastbeschleunigung, **Bild 2**).

Neben dem Innengeräusch spielt das Außengeräusch hinsichtlich des vom Fahrzeug vermittelten Images bei unbeteiligten Passanten (möglicherweise potentielle Kunden!) eine zunehmend bedeutende Rolle. Ein repräsentatives Fahrmanöver ist hier die sogenannte „beschleunigte

Vorbeifahrt“, die in ähnlicher Form auch bei der gesetzlichen Überprüfung der Geräuschemissionen (nach ISO 362) vorgesehen ist (**Bild 3**).



**Bild 2:** Idealisierter Überholvorgang (Innengeräusch)



**Bild 3:** „Beschleunigte Vorbeifahrt“ (Außengeräusch)

#### 4. Auswahl akustischer Attribute

Für einen speziellen Hörvergleich (ca. 30 Probanden, 10 Fahrzeuge) wird eine stark reduzierte Auswahl von wenigen Attributen festgelegt, von denen einerseits zu erwarten ist, daß die meisten Probanden die gleichen Assoziationen mit ihnen verbinden, andererseits soll trotz der geringen Anzahl eine hinreichend differenzierte Beurteilung der Fahrgeräusche möglich sein.

Als „analytische“ Attribute werden solche festgelegt, die die physikalischen Grundeigenschaften widerspiegeln:

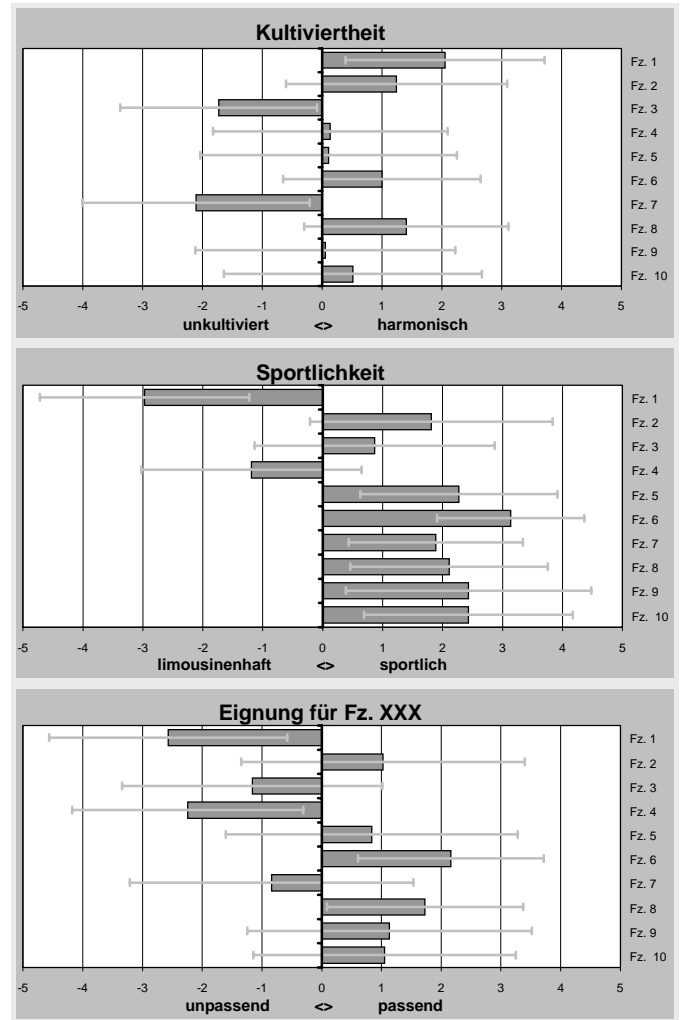
- Lautstärke
- Klangfarbe
- Modulation / Rauigkeit

Mit „globalen“ Attributen soll der ganzheitliche Geräuscheindruck beurteilt werden:

- Kultiviertheit
- Sportlichkeit
- Eignung für ein Fahrzeug vom Typ XXX

#### 5. Ausgewählte Ergebnisse

Die Geräuschbeurteilung erfolgt anhand von aufbereiteten Geräuschaufzeichnungen, die den Probanden per Kopfhörer vorgespielt werden. Die Zuordnung zu den jeweiligen Fahrzeugen ist den Probanden nicht bekannt. Nachfolgend werden exemplarisch einige gemittelte Beurteilungsergebnisse zur „beschleunigten Vorbeifahrt“ dargestellt.



**Bild 4:** Geräuschbewertung für eine „Beschleunigte Vorbeifahrt“

Auffällig ist die große Streuung bei der Urteilsabgabe, die zum Teil auf die unterschiedliche individuelle Erwartungshaltung der Probanden zurückzuführen ist. Dennoch können auf diesem Wege (wenn man mehrere Betriebszustände zusammenfaßt) wichtige Hinweise auf ein anzustrebendes „Sound-Szenario“ für den betrachteten Fahrzeug-Typ abgeleitet werden.

#### 6. Schlußfolgerung

Eine wichtige Erkenntnis ist, daß die Fahrgeräusche einerseits den Image-Ansprüchen der Fahrzeug-Marke (Hersteller) und andererseits dem Fahrzeug-Typ (Limousine, Sportwagen, ...) gerecht werden müssen. Durch eine entsprechende Gestaltung der „akustischen Erlebniswelt“ können andere geforderte Produkteigenschaften in der ganzheitlichen Wahrnehmung positiv unterstützt werden.

#### 7. Literatur

- [1] Letens, U., „Einführung in die Methoden der subjektiven und objektiven Geräuschbeurteilung bei der Entwicklung von Kraftfahrzeugen“, *Gehörgerechte Schallmeßtechnik*, Technische Akademie Wuppertal, 1993
- [2] Lange, B., „Subjektive Beurteilung in der Fahrzeugakustik“, *Fahrzeuginnenraumakustik*, Haus der Technik, Essen, 1999
- [3] Brandl, F.K., Biermayer, W., Pflüger, M., „Ein Softwarewerkzeug zur objektiven Analyse und Optimierung der Innengeräuschqualität“, *Automobiltechn. Zeitschr.* **101** (7/8), S. 518-526 (1999)