

Psychoakustische Kenngrößen in der Qualitätssicherung - Geräuschqualität und subjektive Wahrnehmung

Prof. Dr. Brigitte Schulte-Fortkamp Technische Universität Berlin Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik

Thesepapier

1 Vorbemerkung

- *Wenn Menschen urteilen, so tun sie dies immer im Kontext.*
- *Wenn Produkte beurteilt werden, so sind diese Urteile reflexiv bezogen auf den Lebensstandard.*
- *Urteile erfolgen über die Bildung von Alltagskonstrukten und Normalformerwartungen.*
- *Labor ist eine konstruierte Alltagsunterbrechung.*

2 Zusammenhänge

Die Beurteilung eines Fahrzeuginnengeräusches ist stark kontextabhängig.[1]

In einem einfachen Laborversuch können konstituierende Parameter nicht geeignet berücksichtigt werden, woraus abzuleiten ist, dass die Ergebnisse von Laboruntersuchungen hinsichtlich der Gesamtgeräuschqualität eines Fahrzeuges fehlerhaft sein können.

Geräusche und Schwingungen und andererseits Interaktivität beeinflussen die Beurteilung von Fahrzeuginnengeräuschen signifikant.

Zahlreiche Laborexperimente im Bereich der Bewertung von Fahrzeuggeräuschen haben verdeutlicht, dass Evaluationen außerhalb des realistischen Kontexts *Fahrzeug* nicht unmittelbar auf alltägliche Fahrsituationen und deren Bewertungen übertragbar sind

Daher werden verstärkt Fahrsimulatoren in der Datenerhebung eingesetzt, um eine hohe Validität der Daten zu gewährleisten. Fahrsimulatoren erlauben, trotz einer Reduktion der Unnatürlichkeit der Versuchssituation, weiterhin die Kontrolle der Randbedingungen. [2]

Aufgrund der technischen Weiterentwicklung der Fahrsimulatoren können Versuche mit definierten und kontrollierbaren Reizen auch im Feld durchgeführt werden. Mobile Fahrsimulatoren ermöglichen reale Fahrten unter Versuchsbedingungen. Die Beurteilungen der Fahrgeräusche durch die Versuchsteilnehmer weisen aufgrund der Realitätsnähe des Versuches eine hohe Validität auf.

Ferner zeigt sich, dass herkömmliche Verfahren, die z.B. auf einfache A/B Vergleiche beruhen, zu kurz greifen. Den Kunden interessieren im Allgemeinen keine Normvorschriften, sondern sie

nutzen Bewertungskategorien wie „billig“, „schlecht“, „laut“, „angenehm“, „sportlich“ oder „luxuriös“ für die Bewertung von Fahrzeuggeräuschen.

Daher sollten subjektive Bewertungen während der Fahrt die akustischen Analysen der Fahrzeuggeräusche ergänzen. Hier können konventionelle Methoden, z.B. standardisierte Kategorienskalen mit definierten Antwortkategorien wie auch Face-to-Face Interviews auf der Basis von standardisierten Fragebögen oder Leitfäden zur Datenakquise verwendet werden. Diese Daten erlauben einerseits die explorative Erweiterung des Wissens bezüglich des Prozesses der Wahrnehmung und Beurteilung von Fahrzeuginnengeräuschen und andererseits die Verfeinerung physikalisch-analytischer Verfahren zur Bestimmung menschlicher Empfindungswirklichkeit. Allerdings sollten qualitative Daten nicht konventionelle Messungen und Berechnungsmethoden ersetzen, sondern müssen diese sinnvoll ergänzen.

Emotionale Kriterien, wie Fahrvergnügen, Komfort und empfundene Sicherheit, lösen zunehmend die einstigen pragmatischen Ansprüche an ein Fahrzeug ab. Das Auto wird nicht mehr ausschließlich als Fortbewegungsmittel verstanden, sondern als Quelle neuer emotionaler Erlebnisse und als Ausdruck persönlichen Lifestyles.

Diese Reflektion neuer individueller Bedürfnisse manifestiert sich in der Beobachtung zeitgenössischer Werbung, die mit Leitmotiven wie Leidenschaft, Stil, Sportlichkeit, Geborgenheit und Emotion, aber auch Funktionalität, Zuverlässigkeit und Ökologie operiert.

Die subjektive Wahrnehmung wird bedeutsam und lässt sich nicht durch die Angabe objektiver Leistungsangaben bestimmen. Multisensorischen Empfindungen sind neue Prüfkriterien für die Leistungen der Fahrzeugentwicklung.[3]

Messungen verschiedener physikalischer Parameter, Testfahrten mit ausgewählten Fahrern und die Befragung einzelner Kunden sowie die Meinungen von Experten sind häufig eingesetzte Instrumente im Feld der Qualitätsbestimmung von Automobilen. Im Folgenden soll die Validität und Reliabilität dieser Messverfahren erörtert sowie alternative Vorgehensweisen diskutiert werden.

Durchgesetzt hat sich die Technologie der binauralen Signalverarbeitung, in der die Geräuschaufnahme mit einem Kunstkopf-Aufnahmesystem realisiert wird und die Analyse mit entsprechenden Algorithmen und Berechnungsmethoden analog der kognitiven Verarbeitung.

Mit Hilfe der Messung psychoakustischer Parameter kann den Besonderheiten des menschlichen Hörens Rechnung getragen werden. Die Bestimmung der Lautheit, Schärfe, Rauigkeit, Schwankungsstärke und Tonalität ergänzen notwendig die Schalldruckmessungen.[4]

Zur Ermittlung von subjektiven Empfindungen und Bewertungen gibt es unzählige Verfahren und Prozeduren. Die Versuchsteilnehmer vergleichen Reizpaare, müssen auf Rating-Skalen mit äquidistanter Unterteilung ihre Urteile einordnen, auf Magnitude-Skalen Empfindungen beziffern oder bipolare Kategorienskalen anwenden. Diese Untersuchungen werden häufig im Labor unter so genannten streng kontrollierbaren Bedingungen durchgeführt.

3 Bewertung der akustischen Qualität im Fahrzeuginnenraum

Methodenparadigmen herkömmlicher Messverfahren vernachlässigen das Wissen um unterschiedliche Beurteilungen identischer akustischer Ereignisse. Gerade in der Reduktion der Komplexität der Realität wird eine höhere Validität angenommen. Durch die Isolation eines Reizes aus seiner ursprünglichen Umgebung könne eine hohe interne Validität gewährleistet werden und ließe sich sogar die externe Validität und Generalisierbarkeit steigern.

Dieses Paradigma, die zielgerichtete Untersuchung einer Größe unter definierten und konstanten Bedingungen, gerät zunehmend in die Diskussion. Die Künstlichkeit der Testsituation sorgt, besonders beim Einsatz des Messinstruments „Mensch“, zu einer unkontrollierbaren, unsymmetrischen Verzerrung der Urteile. Im Bereich der Fahrzeugentwicklung entführt der herkömmliche Laborversuch den Fahrer in einen abstrakten Erlebnisraum und reißt ihn aus seinem alltäglichen multisensorischen Interaktionsprozess, in dem das Erleben von Fahrsituationen bzw. Fahrzeuggeräuschen eingebettet ist. [5]

Klassische Laborartefakte, wie das Fehlen des realistischen Kontextes und die Nichtberücksichtigung der Interaktionsvorgänge in die Entscheidungs- und Bewertungsprozesse eingebunden sind, können vermieden werden, wenn der Versuchsteilnehmer die Stimuli im authentischen Kontext wahrnimmt und evaluiert, während er gewohnte Handlungen vollführt.

Simulatoren, die ein alltägliches, vertrautes Umfeld den Probanden zur Verfügung stellen, ermöglichen durch die Fortschritte auf dem Gebiet der „Virtuellen Realität“ mittlerweile die Bereitstellung verschiedener sensorischer Reize.

Ein weiterer Schritt bezüglich der Weiterentwicklung von Fahrsimulatoren erscheint die Verlagerung des Fahrsimulators vom Labor auf die reale Straße. Ein mobiler Fahrsimulator bringt das Labor unmittelbar in die Realität und berücksichtigt den Prozess der Interaktivität des Fahrers mit dem Fahrzeug, in der Beurteilungsvorgänge regulär eingebunden sind. [6]

Der menschliche Evaluator findet sich in einer alltäglichen Umgebung wieder. Dadurch kann ein Expertenwechsel stattfinden, da nicht nur der Akustiker in der Wahrnehmung von Produktgeräuschen Experte ist, sondern der Konsument aufgrund seiner fundierten, alltäglichen Erfahrungen mit dem entsprechenden Produkt als „neuer Experte“ hinreichend Kenntnisse zu einer zuverlässigen Evaluation besitzt.

Letztendlich muss sich im alltäglichen Gebrauch das entwickelte Produktgeräusch bewähren. Insofern erscheint die Durchführung von Hörversuchen bzw. Benchmarking unter realen, alltäglichen Bedingungen fast obligatorisch, um eben jene (Umwelt-) Faktoren im Entwicklungsprozess zu berücksichtigen, die im Forschungslabor den „Expertenohren“ verborgen bleiben. [7, 8]

Darüber hinaus ermöglicht eine Erweiterung der konventionellen Methoden zur Bestimmung subjektiver Evaluationen eine Steigerung der Datenqualität.

4 Neue Verfahren zum Benchmarking von Fahrzeuginnengeräuschen

Mit Hilfe mobiler Fahrsimulators können Versuchspersonen in vertrauter, realistischer Umgebung Fahrzeuggeräusche bewerten.

Die Darbietung der unterschiedlichen Geräuschsettings erfolgt während einer realen Fahrt, das heißt die neuen Experten beurteilen die Geräusche im ursprünglichen, realen Umfeld.

Hier können jetzt insbesondere verbale Bewertungen der Versuchspersonen genutzt werden, die Black Box „Perzeption“ wird geöffnet. [9]

Analysemethoden zur Auswertung qualitativer Daten werden der empirischen Sozialforschung entlehnt. Dadurch wird es möglich weiterführende Untersuchungen neben konventionellen A-B Vergleichen und Benchmarkingtests durchzuführen. Hintergründe können eruiert werden, die Zusammenhänge und Verknüpfungen zwischen Reiz und Reaktion aufdecken.

Mit diesem Wissen wird nachvollziehbar, welche Geräuscheigenschaften einer positiven Evaluation von Fahrzeuginnengeräuschen zuträglich bzw. abträglich sind. So kann beispielsweise geklärt werden, weshalb Geräusche sich trotz ihrer grundsätzlich positiven Konnotation in speziellen Fahrzeugen als ungeeignet herausstellen.

Insgesamt erlaubt die interaktive Einflussnahme auf die simulierten Fahrzeuggeräusche ein zielgerichtetes und schnelles Sound Design. Dabei ist durch die reale Fahrsituation, in der die Fahrzeuggeräusche bewertet werden, eine hohe Transferierbarkeit der Versuchsevaluationen auf Alltagsevaluationen zu erwarten.

5 Ausblick

Mit der stetigen akustischen Optimierung des Antriebsstranggeräusches rücken zunehmend andere Geräuschkomponenten in den Fokus der Aufmerksamkeit.

Aufgrund der Reduktion des Powertrainbeitrages am Gesamtgeräusch beeinflussen verstärkt Roll- und Windgeräusche den akustischen Komfort. Insofern müssen diese Geräuschquellen intensiv beobachtet und untersucht werden.

Darüber hinaus erscheint das Designen und nicht nur die Reduktion der Fahrgeräusche zunehmend unerlässlich.

Den neuen Anforderungen kann die Fahrzeugakustik mit psychoakustischen Analysen und qualitativen Bewertungen gerecht werden.

6 Literatur

1. Schulte-Fortkamp, B., *(Re-)constructed reality and context—When sound quality becomes soundscape*. JASA, 2003. **114**.
2. Genuit, K., B. Schulte-Fortkamp, and A. Fiebig, *The Acoustical Comfort Of Vehicles - A Combination Of Sound And Vibration*. Noise-Con, 2005.
3. Schulte-Fortkamp, B. and K. Genuit, *Exploration of Associated Imaginations on Sound Perception - A Subject-Centered Method for Benchmarking of Vehicle*. SAE, 2005.
4. Genuit, K., *Psychoacoustics – Importance And Application In Practice*. Forum Acusticum, 2002.
5. Keiper, W., *Psychoacoustics in Industry: Needs and Benefits* Acta Acustica, 1999. **85(5)**.
6. Genuit, K. and N. Xiang, *Binaural "Hybrid" Model for Simulation of Engine and Wind Noise in the Interior of Vehicles*. SAE, 1997.
7. Ebbitt, G. and P. Davies, *The Role Of Sound Quality Assessment In Noise Control Engineering*. Noise-Con, 1998.
8. Genuit, K., *Parameters Influencing the Benchmarking of Vehicle Interior Noise*. DAGA, 2004.
9. Schulte-Fortkamp, B., *Sound Quality Evaluation as an Issue of Interactive Context*. ASME, 2006.