

Neue Aspekte zum Kfz-Außengeräusch

Dr. Klaus Genuit

HEAD acoustics GmbH, Ebertstraße 30a, 52134 Herzogenrath, Germany, Email: klaus.genuit@head-acoustics.de

Einleitung

Das Kfz-Außengeräusch wird bislang basierend auf der ISO-Vorbeifahrtsmessung bestimmt. D.h. das Kfz-Außengeräusch wird mit einem Einzelwert für einen ganz bestimmten Betriebsmodus definiert. Hinsichtlich des Kraftfahrzeug-Innengeräusches wird innerhalb der Automobilindustrie und deren Zulieferer seit über 2 Jahrzehnten eine sehr viel komplexere Geräuschanalyse angewendet, da hier hinreichend bekannt ist, dass die vom Menschen subjektiv wahrgenommene Geräuschqualität nicht nur mit einem einfachen Zahlenwert und nicht nur für einen ganz bestimmten Arbeitspunkt bestimmt werden kann. Während beim Kfz-Innengeräusch die Zielsetzung im wesentlichen ist, den Fahrer, der i.d.R. auch der Käufer des Produktes ist, hinsichtlich der Geräuschqualität zufrieden zu stellen, richtet sich das Kfz-Außengeräusch an viele Betroffene, die einerseits durch das Außengeräusch belästigt werden können oder aber andererseits durch ein angenehmes Außengeräusch ein positives Interesse bezüglich des Erwerbs eines solchen Produktes erhalten. Das bedeutet, dass für die weitere Betrachtung des Kfz-Außengeräusches Kenntnisse bei der Analyse des Kraftfahrzeug-Innengeräusches hilfreich sind.

Bestimmung der Geräuschqualität

Die Messung von akustischen Schallereignissen erfolgt üblicherweise in Form des A-bewerteten Schalldruckpegels. Auf dieses Messverfahren hat sich nach dem 2. Weltkrieg die ISO geeinigt, um ein Messwirrwarr in unterschiedlichen Ländern zu vermeiden und ein einfaches Messverfahren international festzulegen. Seit vielen Jahren wird versucht, durch die Bestimmung der Lautheit ein gehörbezogenes Messverfahren im Vergleich zur A-bewerteten Schalldruckpegelmessung zur Verfügung zu stellen. Die Beurteilung eines Schallereignisses durch das menschliche Gehör wird jedoch von zahlreichen Parametern beeinflusst.

Die Interpretation der Geräuschqualität ist eine mehrdimensionale Aufgabe. Physikalische und psychoakustische Messverfahren alleine sind nicht in der Lage, eine allgemeine eindeutige Festlegung der Geräuschqualität zu ermöglichen, da auch kognitive Aspekte das Beurteilen und die Klassifizierung der Geräuschqualität

mitbestimmen. Das Gehör ist ein hochsensibles Messsystem, das jedoch über keinen hinreichenden Langzeitspeicher verfügt. Das bedeutet, hat das menschliche Gehör erst ein Schallereignis als unangenehm und lästig empfunden, so bleibt diese Eigenschaft auch erhalten, selbst wenn dieses Geräusch um einige dB reduziert wird (Adaptivität des Gehörs). Gegenstand einer gehörgerechten Schallmesstechnik ist die möglichst objektive Beschreibung der subjektiv empfundenen Geräuschqualität. Daher finden sogenannte psychoakustische Messverfahren in Form der Lautheit, Rauigkeit und Schärfe Berücksichtigung, die die spektrale Zusammensetzung und die zeitliche Struktur des Signals erfassen. Besteht jedoch das Schallereignis nicht nur aus einer einzelnen Schallquelle, sondern aus mehreren Schallquellen - die darüber hinaus auch noch räumlich verteilt sind - so ist für die korrekte Beurteilung eines Schallereignisses die binaurale Signalverarbeitung basierend auf einer Schallaufnahme mit Hilfe eines Kunstkopf-Messsystems erforderlich.

Kfz-Außengeräusch

Die Betrachtung des Kfz-Außengeräusches kann unter unterschiedlichen Gesichtspunkten erfolgen. In Abbildung 1 ist dargestellt, welche Aspekte des Kfz-Außengeräusches von Bedeutung sein können. In der Vergangenheit wurde bei dem Thema Kfz-Außengeräusch nur der gesetzliche Aspekt betrachtet, d.h. das Fahrzeug durfte in ganz bestimmten Betriebszuständen einen festgelegten A-bewerteten Schalldruckpegel nicht überschreiten. Der Vorteil der zur Zeit gültigen ISO-Vorbeifahrtsmessung ist, dass diese Messung mit verhältnismäßig hoher Genauigkeit reproduzierbar ist und somit zu gut vergleichbaren Messwerten hinsichtlich des A-bewerteten Schalldruckpegels führt. Sie ist aber auf der anderen Seite nicht praxisgerecht, da die in der ISO-Vorbeifahrtsregel festgelegten Fahrbedingungen nicht unbedingt repräsentativ für den allgemeinen Straßenverkehr sind und zum anderen die Geräuschqualität mit Hilfe des A-bewerteten Schalldruckpegels nicht vollständig beschrieben werden kann. Von daher sind seit einiger Zeit auch andere Aspekte zum Thema Kfz-Außengeräusch diskutiert worden. Zum einen wäre da der Kundenaspekt zu nennen, d.h. ein potentieller Kunde hört im allgemeinen Straßenverkehr das Außen-

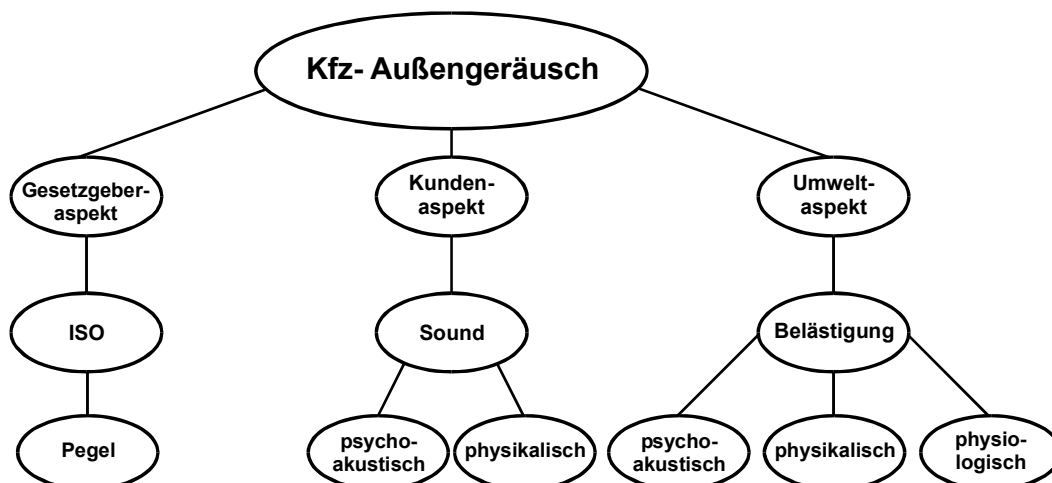


Abbildung 1: Kfz-Außengeräusch

geräusch von unterschiedlichen Fahrzeugen in unterschiedlichen Betriebszuständen. Je nach Übereinstimmung dieser subjektiv empfundenen Geräuschqualität mit der Erwartungshaltung eines potentiellen Kunden können so kaufrelevante Entscheidungen mit beeinflusst werden. Ein Kfz-Außengeräusch, das zwar keinen hohen Pegel erzeugt, insgesamt aber vielleicht lästig oder nicht zum Produkt passend empfunden wird, könnte eine Kaufentscheidung in negativer Richtung beeinflussen. Insbesondere Kraftfahrzeuge, die nicht nur den reinen Beförderungszweck erfüllen sollen - z.B. Sportwagen, SUV, Luxuslimousinen - sind darauf angewiesen, auch nach außen den zum Produkt repräsentativen Sound zu generieren. Und das gilt für verschiedene Betriebszustände wie Leerlauf, Ampelstart, Beschleunigung und Konstantfahrt. Diese Geräuschqualitätsaspekte lassen sich nicht mit dem A-bewerteten Schalldruckpegel beschreiben. Hier spielen zusätzliche psychoakustische Parameter eine Rolle wie Rauigkeit (Modulationen und Schärfe) sowie aber auch die Harmonie, d.h. wie sich das Ordnungsspektrum von ganzen und halben Motorordnungen in den einzelnen Betriebszuständen entwickelt.

Neben diesem Kundenaspekt gibt es einen weiteren allgemeinen Umweltaspekt, denn das Kfz-Außengeräusch wird nicht nur von potentielle Kunden wahrgenommen, sondern allgemein von allen Menschen, die sich eventuell durch das einzelne Kfz-Geräusch oder auch durch das Gesamtverkehrsgeräusch belästigt fühlen können. Die ständige Belastung durch Verkehrslärm führt zu einer signifikant großen Belästigung der allgemeinen Umwelt. Diese Belästigung lässt sich nicht nur durch physikalische und psychoakustische Analysen beschreiben, sondern sie lassen sich auch in Form von physiologischen Reaktionen bei den Betroffenen ermitteln. Der allgemeine Verkehrslärm wird allerdings nicht nur alleine durch das einzelne Kraftfahrzeug erzeugt, sondern hängt auch ab von dem Verkehrsverhalten (Stop and Go, konstante Geschwindigkeiten, Beschleunigungsvorgänge), von der Häufigkeit, d.h. wird der Verkehr als konstanter Verkehrsfluss wahrgenommen oder ist jedes Kraftfahrzeug als Einzelereignis wahrnehmbar und letztlich auch von der gesamten Straßenkonstruktion, d.h. welche Oberfläche liegt vor und was für eine Art von Bebauung.

Tool zur Beschreibung des Kfz-Außengeräusches

Um den in Abbildung 1 beschriebenen unterschiedlichen Aspekten des Kfz-Außengeräusches gerecht zu werden, sie besser beschreiben aber auch simulieren zu können, sind neue Mess- und Analysemethoden erforderlich, die über die bisher angewandten Verfahren hinausgehen. Da grundsätzlich bei den neuen Aspekten eine subjektive Beurteilung erforderlich ist, ist der Einsatz der Kunstkopftechnologie zu empfehlen. Nur so ist eine gehörrichtige Schallaufnahme und Wiedergabe gewährleistet, die nicht nur die natürliche Wiedergabe der aufgenommenen Kfz-Außengeräusche ermöglicht, sondern auch beim Abhören die sogenannte Selektionsfähigkeit des menschlichen Gehörs, um sich auf einzelne akustische Ereignisse zu konzentrieren. Selbst bei der standardisierten klassischen ISO-Vorbeifahrtsmessung ist es hilfreich, neben den Messmikrofonen auch ein Kunstkopfsystem in den Messaufbau miteinzubeziehen, um neben den messtechnischen Analysen auch eine gehörmäßige Analyse durchführen zu können. Für die weitere Entwicklung bzw. Optimierung eines Kfz-Außengeräusches sind Simulationstools von großer Bedeutung. Schon jetzt werden gerne Vorbeifahrtsmessungen auf der Rolle im reflexionsarmen Raum simuliert, wobei sich das Fahrzeug räumlich fest auf einer Rolle bewegt und außen mit einer großen Anzahl räumlich verteilter

Mikrofone der Vorbeifahrtspegel bestimmt wird. Hier zeigen nun neue Ansätze [1], dass es möglich ist, von jeder simulierten Vorbeifahrt ein Zeitsignal zu synthetisieren, das dem Mikrophon aber auch dem Kunstkopfsignal einer klassischen ISO-Vorbeifahrtsmessung entspricht. Ein weiterer Schritt hinsichtlich der Simulation und insbesondere mit einer verbesserten Vorhersagemöglichkeit bezüglich der Einzeleinflüsse der unterschiedlichen Komponenten am Fahrzeug wie Antriebsstrang, Ansaugung, Abgasanlage und Reifen ist die Berechnung des Außengeräusches basierend auf Nahfeldaufnahmen. Hier sind im Rahmen des von der EU geförderten Forschungsprojektes SVEN (Sound Quality of Vehicle Exterior Noise) [2, 3] wesentliche Beiträge geleistet worden, so dass inzwischen die Möglichkeit besteht, ein binaurales Zeitsignal zu simulieren basierend auf Nahfeldmikrofonaufnahmen, um eine objektive wie auch gehörmäßige Beurteilung des Gesamtereignisses aber auch der Einzelkomponenten zu ermöglichen. Im Rahmen des SVEN-Projektes wurden aber noch weitere Simulationsmöglichkeiten entwickelt, insbesondere dahingehend, dass gesamte Kfz-Außengeräusche in einer Straße in Abhängigkeit der unterschiedlichen Fahrzeuge mit den unterschiedlichen Komponenten hinsichtlich Antriebsstrang, Ansaugung, Abgas und Reifen aber auch der Straßeneigenschaften hinsichtlich Bebauung sowie simuliertes Verkehrsaufkommen durchgeführt [2, 3]. Mit Hilfe eines solchen Simulationstools ist nun der Einfluss auf die subjektiv empfundene Belästigung durch Kfz-Außengeräusche in Abhängigkeit nicht nur von autospezifischen Eigenschaften sondern auch von straßenspezifischen Eigenschaften sowie des Verkehrsaufkommens möglich.

Zusammenfassung

Da die Reduzierung des A-bewerteten Schalldruckpegels des Kfz-Außengeräusches inzwischen nur noch mit hohem Einsatz verschiedener Ressourcen möglich ist, aber nicht zwangsläufig auch zu einer subjektiv empfundenen Verbesserung der Geräuschqualität führt, stellt die gehörgerechte Gestaltung von Geräuschen einen Schwerpunkt zukünftiger akustischer Entwicklung im Automobilbereich dar. Diese Erkenntnis ist für das Kfz-Innengeräusch nicht neu. Die Übertragung auf das Kfz-Außengeräusch wurde bislang aber noch nicht durchgeführt. Aufgrund der wachsenden Bedeutung des Kfz-Geräusches, nicht nur in bestimmten Betriebszuständen, den ISO-Vorbeifahrtspegel nicht überschreiten zu dürfen, sondern auch hinsichtlich Kundenerwartung und allgemeiner Verkehrslärmbelästigung einer Optimierung bedarf, ist es erforderlich geworden, neue Analyse- und Simulationstools zu entwickeln. Sie ermöglichen ein innovatives und effizientes Geräuschdesign unter Berücksichtigung der Charakteristika des menschlichen Geräuschempfindens.

Referenzen

- [1] H. Hoffsummer, **Auralisation des Vorbeifahrtsgeräusches aus einer Multimikrofonaufnahme im Außengeräuschprüfstand** DAGA '03, 18.-20.03.2003, Aachen
- [2] R. Sottek, W. Krebber, K. Genuit **Simulation des Straßenverkehrsgeräusches in Innenstadtstraßen** DAGA 2002, 04.-08.03.2002, Bochum
- [3] W. Krebber, K. Genuit, R. Sottek **Lärmbelästigung durch Straßenverkehr – (k)ein Sound Quality Thema?** DAGA 2002, 04.-08.03.2002, Bochum