

Bestimmung von Mithörschwellen für Kleinkollisionsgeräusche von PKW

Tim Pünder, Matthias Mändl, Jürgen Schafberger

Labor für Akustik und Schallanalyse, Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden,
email: m.maendl@oth-aw.de

Einleitung

Wie im vorangegangenen Beitrag „Schallanalysen für Unfallgutachten“ schon erwähnt, geht man in der Unfallanalytik davon aus, dass ein Geräusch sicher wahrnehmbar ist, wenn es den A-bewerteten Gesamtschallpegel um mindestens 3 dB erhöht. Hierbei handelt es sich allerdings um eine Faustregel, da der Wert auf keiner empirischen Grundlage steht. Dem gegenüber stehen die aus der Psychoakustik bekannten Mithörschwellen: Ein Testton in breitbandigen Rauschen wird bereits wahrgenommen, wenn dieser 19 dB leiser als das maskierende breitbandige Rauschen ist. (siehe Abbildung 1, rote Linie)

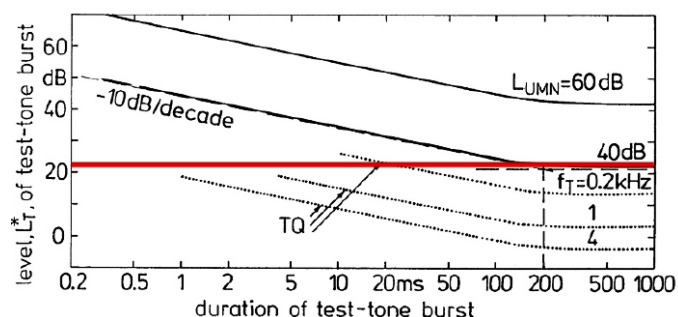


Abbildung 1: Veränderung der Mithörschwelle in Abhängigkeit der Dauer des Testtons [2]

Ausgehend von diesem Unterschied von 22 dB beschäftigt sich die Untersuchung mit der Fragestellung ob die 3 dB möglicherweise zu hoch angesetzt sind. Hierfür wurden Mithörschwellen von 2 realen Kollisionsgeräuschen, mithilfe von Hörversuchen bestimmt.

Maskierung und Mithörschwelle

Maskierung beschreibt den Effekt, dass ein Geräusch ein anderes Geräusch akustisch überlagern bzw. verdecken kann. Dabei kommt es darauf an, wie laut die beiden Geräusche sind, wie lange sie dauern und wie sehr sich die Frequenzspektren der Geräusche ähneln sind. Unter einer Mithörschwelle versteht man die Lautstärke, bei der ein Testsignal in einem gegebenen Maskierergeräusch gerade eben wahrnehmbar wird.

Verwendete Geräusche

Die für die Hörversuche verwendeten Kollisionsgeräusche wurden jeweils im Innenraum des stoßenden Fahrzeugs bei Simulationsfahrten von Kleinkollisionen aufgenommen [1]. In Abbildung 2 sind die Unfallsituationen abgebildet, die Anprallgeschwindigkeiten lagen im Schrittempobereich.

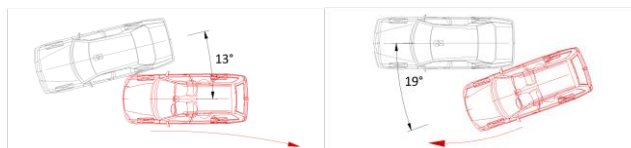


Abbildung 2: Schematische Darstellung Unfallsituation 1 (links) und Unfallsituation 2 (rechts) [1]

Die Terzspektren der Kollisionsaufnahmen werden in Abbildung 3 dargestellt. Das prominenteste Terzband ist bei Unfallsituation 1 das 100Hz -Band und bei Unfallsituation 2 das 200Hz Terz-Band.

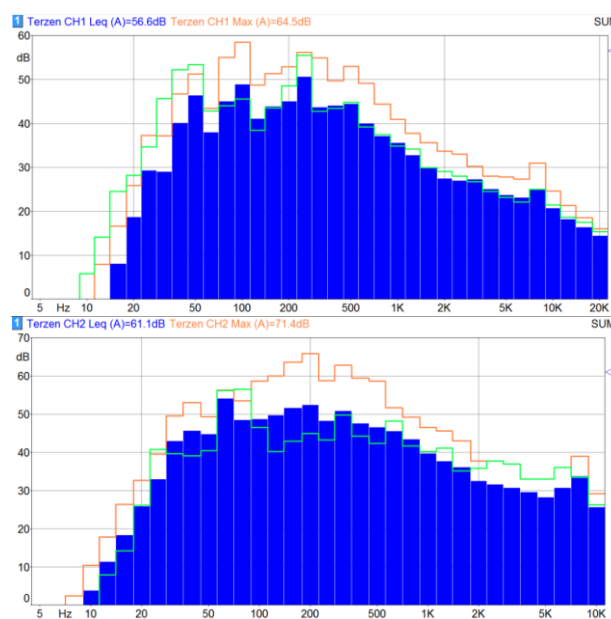


Abbildung 3: Terzspektren der Kollisionsgeräusche. Orangene Kurve: Maximalpegel Kollision. Grüne Kurve: maximales Fahrgeräusch vor der Kollision. Blaue Kurve: Mittleres Fahrgeräusch. Oben: Unfallsituation 1. Unten: Unfallsituation 2.

Als Maskierer kamen drei unterschiedliche synthetische Signale zum Einsatz. Zum einen Rosa Rauschen und zum anderen zwei Signale, die normalerweise für Sprachverständlichkeitsmessungen (STIPA) in Räumen verwendet werden. Es handelt sich dabei der menschlichen Stimme nachempfundenen moduliertes Rauschen (Siehe Abbildung 4) in einer männlichen (tiefer) und einer weiblichen (höher) Variante. Dies sollte Störgeräusche durch Sprache von Mitfahrern oder Radio im Fahrzeug während des Unfallhergangs simulieren.

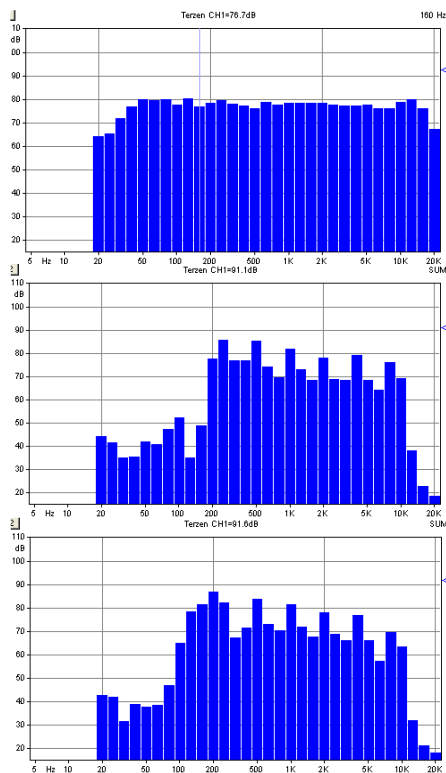


Abbildung 4: Terzspektren der Maskierer. Oben: Rosa Rauschen. Mitte: Weibliches Sprachverständlichkeitssignal Unten: Männliches Sprachverständlichkeitssignal

Diese Signale wurden für die Hörversuche zu sechs Teilversuchen kombiniert: Die beiden Kollisionsgeräusche mit jeweils allen Maskiergeräuschen.

Hörversuche

Die Hörversuche wurden mit dreißig, laut eigener Auskunft normal hörenden Versuchspersonen durchgeführt. Um Hörschädigungen bei den Versuchspersonen ausschließen zu können, wurden die Maximallautstärke der Teilversuche auf 90 dB[A] begrenzt. Die Kollisionsaufnahmen wurden in ihrer Originallautstärke abgespielt.

Der Versuche wurden wie folgt durchgeführt:

Nach lesen der Instruktion wurden den Versuchspersonen die maskierten Kollisionsgeräusche über entzernte Kopfhörer vorgespielt. Die eigentliche Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, mithilfe eines Schieberegler die Lautstärke des jeweiligen Maskierers solange zu verringern, bis sie das Kollisionsgeräusch trotz des Maskierers sicher wahrnehmen konnten. Danach wurde der Versuchsperson der nächste Teilversuch vorgeführt bis für jeden der sechs Teilversuche ein Maskierer-Pegel eingestellt worden war. Die eingestellten Pegel wurden anschließend ausgewertet.

Ergebnisse

In Abbildung 5 ist die statistische Auswertung der Hörversuche mit Boxplots dargestellt. Der ausschlaggebende Wert ist der Median der Pegelunterschiede zwischen Geräusch und Maskierer, der die Mithörschwelle der Kollisionsgeräusche repräsentiert. Dieser liegt bei den verschiedenen Teilversuchen zwischen 16 und 27 dB, was in

einem ähnlichen Bereich liegt wie die Mithörschwelle aus der Literatur (Abbildung 1).

Es lassen sich außerdem Unterschiede zwischen den Teilversuchen mit Kollision 1 (blau) und 2 (grün) erkennen. Grundsätzlich bilden die Gruppen ein ähnliches Muster: Die höchsten Maskiererpegel sind erwartungsgemäß für das höherfrequente weibliche STIPA-Signal notwendig. Kollisionsgeräusch 2 konnte von allen drei Maskierern besser verdeckt werden als Kollisionsgeräusch 1. Dies liegt ebenfalls daran, dass das prominenteste Terzband der Kollision 1 tieffrequenter ist als bei Kollision 2 (siehe Abbildung 3, orange Linien).

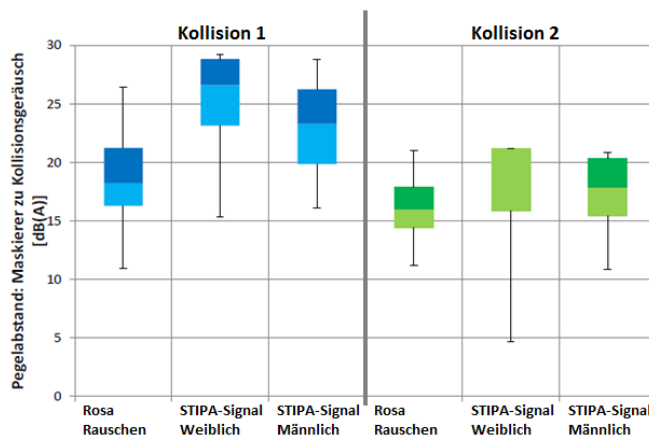


Abbildung 5: Eingestellt Pegelunterschiede zwischen Kollisions- und Maskiergeräusch bei den Hörversuchen

Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Mithörschwellen für die untersuchten Kollisionsgeräusche in einem ähnlichem Pegelbereich liegen wie die in der Literatur beschriebenen (Abbildung 1) und damit weit entfernt von den eingangs erwähnten 3dB. Außerdem hat der Frequenzgang der verwendeten Geräusche großen Einfluss auf die Mithörschwellen, was ebenfalls aus der Theorie zu erwarten war. Rein akustisch sind Kleinkollisionen somit deutlich früher wahrnehmbar als in Unfallforschung und Verkehrsrechtsprechung angenommen, wobei hier selbstverständlich auch kognitive Effekte zu berücksichtigen sind.

Literatur

- [1] Gotthard, Lang: „Bemerkbarkeit: Die akustische Wahrnehmung von Kleinkollisionen“, Diplomarbeit, Hochschule für angewandte Wissenschaften München, 2010
- [2] Fastl H., Zwicker E.: Psychoacoustics: Facts and Models; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.