

Zur Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugaußengeräuschen in unterschiedlichen Hintergrundgeräuschen

Stefan Kerber

AG Technische Akustik, MMK, TU München, Email: kerber@mytum.de

Einleitung

Das Fahrzeugaußengeräusch ist seit längerer Zeit Gegenstand umfangreicher Untersuchungen aus dem Bereich des Sound Quality Designs. Ein Aspekt der hingegen noch kaum untersucht wurde ist dessen warnende Funktion für andere Verkehrsteilnehmer, insbesondere Fußgänger. In diesem Beitrag sollen daher Untersuchungen vorgestellt werden, die die Wahrnehmbarkeit von verschiedenen Fahrzeuggeräuschen in einer urban typischen Geräuschkulisse aufzeigen, und diese in Relation zu Überlegungen zur Unfallverhütung stellen. Außerdem soll dargelegt werden, inwieweit die Wahrnehmbarkeit anhand des Pegels der einzelnen Fahrzeuggeräusche abgeschätzt werden kann.

Vorüberlegungen

Die rechtzeitige Wahrnehmung eines Fahrzeuges durch einen Fußgänger ist ein wichtiger Punkt um eine Kollision mit diesem zu vermeiden. Daher ist zu überlegen, wie groß der Abstand zwischen Fußgänger und KFZ bei der Wahrnehmung mindestens sein muss, damit noch genügend Zeit bleibt um entsprechend zu reagieren. Dieser Abstand, im folgenden als „kritischer Abstand“ bezeichnet, hängt maßgeblich von den Reaktionszeiten der einzelnen Verkehrsteilnehmer ab und wird im wesentlichen vom Bremsweg eines Fahrzeuges bestimmt. Eine Darstellung dieser kritischen Abstände als Funktion der Geschwindigkeit zeigt Abbildung 1. Die der Grafik zugrundeliegenden Reaktionszeiten entstammen [2] und gelten für konzentrierte ($t_{Reakt} = 0.7s$) sowie unkonzentrierte ($t_{Reakt} = 1.5s$) Verkehrsteilnehmer. Kombinationen aus Fahrzeug- und Hintergrundschall, die durch Fußgänger erst in Abständen wahrgenommen werden, die unterhalb der mit $t_{Reakt} = 0.7s$ parametrisierten Kurve liegen, sind als potentiell gefährlich einzustufen.

Experimente

Aufbau und Ablauf

Die Untersuchungen zur Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugaußengeräuschen fanden im reflexionsarmen Raum des Lehrstuhls für MMK der TU München statt. Die Versuchsperson wurde von einem Lautsprecher beschallt (Klein und Hummel O98), welcher sich zwei Meter vor der Versuchsperson, verdeckt durch einen akustisch transparenten Vorhang, befand. Als Signal wurde den Personen die Summe aus einem urban typischen Hintergrundgeräusch und den Annäherungsgeräuschen verschiedener Fahrzeuge dargeboten. Die Aufgabe der Versuchsteilnehmer bestand darin, unmittelbar beim

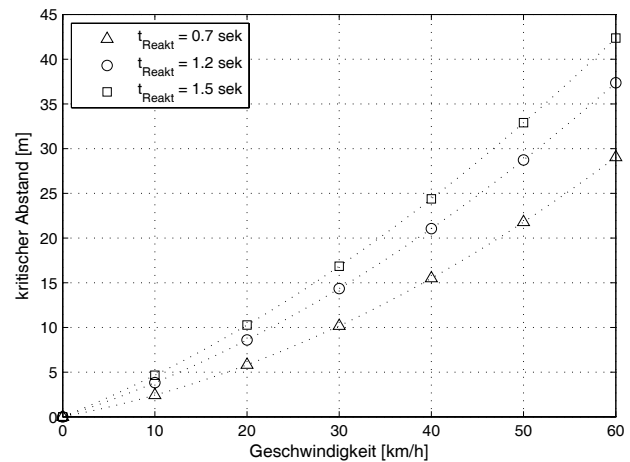


Abbildung 1: Kritische Abstände über der Geschwindigkeit. Die Wahrnehmung eines Fahrzeuges sollte in Entfernungen oberhalb der Kurvenschar erfolgen, um Unfälle sicher zu vermeiden.

Hörbarwerden einer Fahrzeugannäherung im Hintergrundgeräusch einen Handtaster zu betätigen. Der Zeitpunkt der Betätigung wurde registriert, wodurch ein Bezug sowohl zum Pegel, als auch zur Entfernung des Fahrzeuges in diesem Moment hergestellt werden konnte.

Schalle

Im folgenden sollen kurz die Schalle die als Maskierer und Testschalle in den Experimenten verwendet wurden beschrieben werden. Für eine ausführlichere Erklärung sowohl zu den Schallen als auch zur Messmethode sei auf [3] verwiesen.

Maskierer

Als Maskierer wurden die Aufnahmen verschiedener Stimmengewirre verwendet. Aus den Aufnahmen wurden zirka 14 Sekunden extrahiert und als Endlosschleife pegelrichtig wiedergegeben. Es standen insgesamt zwei verschiedene Maskierer mit Pegeln von 55 dB(A) und 62 dB(A) zur Verfügung.

Testschall

Die Testschalle waren Aufnahmen verschiedener Fahrzeugannäherungen, die in Anlehnung an DIN ISO 362 [1] aufgenommen wurden. Es wurden die Außengeräusche bei konstanten Geschwindigkeiten von 20, 30 und 50 km/h in verschiedenen Betriebszuständen aufgezeichnet. Die Mikrofonpositionen wurden im Gegensatz zur Norm so gewählt, dass sich nur eines der Mikrofo-

ne in 7.5 Metern Entfernung zur Fahrbahnmitte befand, der Abstand des zweiten Mikrofons wurde auf 2 Meter verringert.

Versuchspersonen

Am Versuch nahmen insgesamt 23 normalhörende Personen, im Alter von 24 bis 61 (Median 27) Jahren teil.

Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des Versuchs für die verschiedenen untersuchten Geschwindigkeiten als Mediane und Interquartilbereiche über alle Versuchspersonen als unausgefüllte Symbole. Man sieht, dass der Umstand ob ein Fahrzeug rechtzeitig wahrnehmbar ist, im wesentlichen vom Pegel des Hintergrundgeräusches bestimmt wird. Beim leiseren der beiden untersuchten Geräusche (Dreiecke) ist eine rechtzeitige Wahrnehmung selbst für unkonzentrierte Verkehrsteilnehmer, unabhängig vom Betriebszustand des Fahrzeuges, fast immer möglich. Für den Maskierer mit 62 dB(A) jedoch kann das selbe Fahrzeug nur in lauten Betriebszuständen (hohe Geschwindigkeit, niederer Gang) früh genug gehört werden. Eine rechtzeitige Wahrnehmung in einem normalen Fahrzustand ist nur selten möglich.

Vorhersage der Wahrnehmbarkeit

Als praktische Anwendung wäre es interessant, die Wahrnehmbarkeit eines Fahrzeuges im Hintergrundgeräusch nur anhand von dessen Pegel vorherzusagen. Wäre das möglich, so sollte bei gleichem Maskierer ein linearer Zusammenhang zwischen dem Pegelunterschied und dem Unterschied im Wahrnehmungsabstand zwischen zwei unterschiedlichen Fahrzeugen auftreten. Abbildung 3 zeigt diesen Zusammenhang bezogen auf jeweils dasselbe Fahrzeug für beide hier besprochenen Maskierungsgeräusche. Man sieht, dass der Pegelunterschied zwar in etwa linear mit der Differenz im Wahrnehmungsabstand anwächst, aber durchaus beträchtliche Streuungen vorliegen. So können bei gleichem Pegel zweier Fahrzeuge Unterschiede im Wahrnehmungsabstand von über 10 Metern auftreten. Über die Pegel allein kann somit nur eine qualitative, nie aber eine quantitative Abschätzung erfolgen. Für eine exakte Vorhersage wird es daher notwendig sein, zusätzliche Einflußgrößen, wie z.B. die Mithörschwelle des jeweiligen Fahrzeuges, zu berücksichtigen.

Danksagung

Der Autor möchte sich bei Prof. Dr.-Ing. habil. Hugo Fastl für seine Unterstützung bedanken. Die Messungen der Außengeräusche wurden bei Partnern aus der deutschen Automobilindustrie durchgeführt, für diese Möglichkeit sei ebenfalls herzlich gedankt.

Literatur

[1] DIN ISO 362-1: *Akustik-Messverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für das von beschleunigten Straßenfahrzeugen abgestrahlte Geräusch. - Teil 1: Fahrzeuge der Klassen M und N*, Deutsche Norm, 2005.

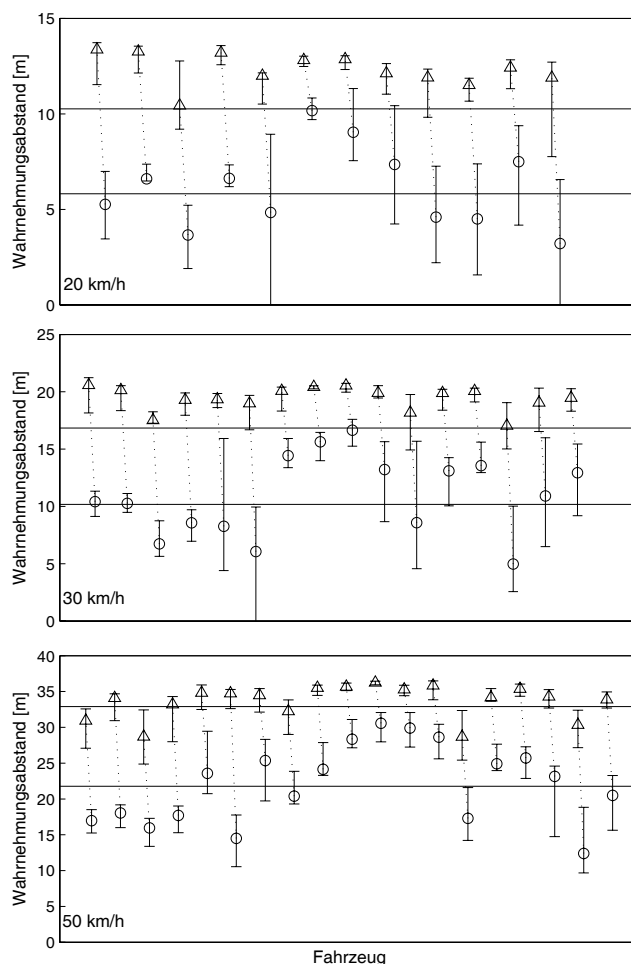


Abbildung 2: Wahrgenommene Abstände bei drei Geschwindigkeiten für einen Maskiererpegel von $L_{A,eq} = 55dB(A)$ (Dreiecke) und $L_{A,eq} = 62dB(A)$ (Kreise). Die horizontalen Linien markieren die kritischen Abstände bei der jeweiligen Geschwindigkeit für $t_{Reakt} = 0.7s$ und $t_{Reakt} = 1.5s$.

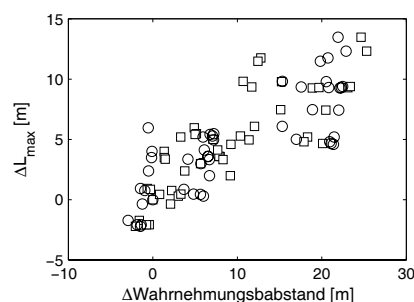


Abbildung 3: Pegeldifferenz über dem Unterschied im Wahrnehmungsabstand bezogen auf ein Fahrzeug für die beiden Maskierer mit 55 dB(A) (Kreise) und 62 dB(A) (Rechtecke).

[2] GREEN, MARC: „How long does it take to stop?“ *Methodological analysis of driver perception-brake times*. *Transportation human factors*, 2(3):195–216, 2000.

[3] KERBER, STEFAN: *Das Fahrzeugaußengeräusch im urbanen Verkehr und seine Bedeutung für die Interaktion Fußgänger - Fahrzeug*. *Automobiltechnische Zeitschrift*, 108(7-8):602–609, Juli-August 2006.