

Kurzfassung der Dissertation

Untersuchungen zur Wahrnehmung von Bremspedalvibrationen und Geräuschen des Bremsregelsystems

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Thomas Zöller

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur Beschreibung der Wahrnehmung von Bremspedalvibrationen und Geräuschen, welche durch Bremsregelsysteme, z.B. das Antiblockiersystem (ABS), hervorgerufen werden. Bisher lagen keine ausreichenden Erkenntnisse zu dieser Thematik vor. Daher gestaltete sich die Definition von Entwicklungszielen schwierig und führte in der industriellen Praxis teils zu nicht wahrnehmbaren Verbesserungen oder zu unnötig hohem Aufwand.

Zur Untersuchung von Bremspedalvibrationen und Geräuschen in einer kontrollierten Laborumgebung wurde der "Haptic Simulator" entwickelt, in dem die Sitzposition und die Weg-Kraft-Kennlinie des Bremspedals echter Fahrzeuge nachgebildet werden können. Dabei wird die am Fuß eingeleitete Beschleunigung jeweils direkt an der Fußsohle der Versuchspersonen gemessen. Während der Experimente tragen Versuchspersonen ihre eigenen Schuhe.

Wahrnehmungsschwellen für sinusförmige Pedalschwingungen wurden im Frequenzbereich von 10 Hz bis 500 Hz gemessen. Diese sind sowohl unabhängig von der Betätigungskraft des Pedals, als auch von simultan dargebotenem Schall. Aufgrund ...eigenschaften der aktivierten Rezeptoren liegen die absoluten Schwellen, die mit Schuhen gemessen wurden, ca. 5-10 dB unter den ohne Schuhe gemessenen. Die Schwellertkurve beginnt bei 10 Hz und 94 dB Beschleunigungspegel und steigt bis 20 Hz auf 100 dB an. Zwischen 20 Hz und 40 Hz ist die Kurve konstant und fällt ab 40 Hz bis zum Minimum von 83 dB bei 125 Hz, der Frequenz größter Empfindlichkeit, ab. Über 125 Hz steigt die Schwellwertkurve erneut an. Die Wahrnehmungsschwellen werden hauptsächlich durch Mechanorezeptoren in der Haut und nicht durch die mechanischen Eigenschaften des Fuß-Bein-Systems bestimmt. Ebenmerkliche Unterschiede im Beschleunigungspegel für sinusförmige und komplexe (im Fahrzeug gemessene) Pedalschwingungen liegen frequenzunabhängig bei ca. 2.3 dB. Kurven gleicher Empfindungsstärke zeigen einen ähnlichen relativen Verlauf wie Wahrnehmungsschwellen.

Durch Bremsregelsysteme hervorgerufene Geräusche werden in den vier Wahrnehmungsdimensionen Lästigkeit, Klangfarbe, Rhythmik und Stärke bewertet. Rauigkeit und Einhüllende wurden als wichtigste Einflussgrößen auf die Lästigkeit ermittelt. Durch Bilder wurde eine Testgruppe über die zu einem Geräusch gehörige Bremssituation informiert. Geräusche, denen eine unkritische Bremssituation zugeordnet wurde, wurden schlechter beurteilt als in den Vergleichsfällen ohne Information.

Der Effektivwert der Fußbeschleunigung ist von allen untersuchten Merkmalen der beste Prädiktor für die Lästigkeit von Pedalvibrationen. Deren Lästigkeit ist unabhängig von simultan dargebotenem Luftschall und der Dauer des Stimulus. Die bimodale Lästigkeit von kombiniertem Schall und Pedalvibration wird durch beide zu gleichen Teilen beeinflusst, solange die unimodalen Lästigkeiten nicht mehr als eine Stufe auf einer zehnteiligen Skala auseinander liegen. Andernfalls bestimmt die lästigste Einzelmodalität die Gesamtlästigkeit.

Experten und Nichtexperten zeigen nicht-signifikant unterschiedliche Bewertungsverhalten. Dadurch ist es möglich, im Entwicklungsalltag aufwändige Experimente mit Nichtexperten durch die Bewertungen weniger Experten zu ersetzen.

Mit Hilfe dieser Arbeit können Entwicklungsziele unter Berücksichtigung der Kundenwahrnehmung für die o.g. Felder definiert und zukünftige Untersuchungen auf unbehandelte Themen, z.B. Wahrnehmungsschwellen und -dimensionen komplexer Vibration, fokussiert werden.