

Entwicklung eines Messverfahrens für Gehschall

Matthias Lievens

Institut für Technische Akustik - RWTH Aachen, Neustraße 50, 52056 Aachen, Deutschland, E-Mail: mli@akustik.rwth-aachen.de

Einleitung

Beim Gehen auf einer Bodenfläche wird die Kraft von einem Schuh in den darunter liegenden Raum übertragen. Dies ist das bekannte Trittschallphänomen. Dahingegen wird mit dem Begriff „Gehschall“ die Schallabstrahlung in dem Raum, der begangen wird, bezeichnet. Im Gegensatz zu der Trittschallmessung (ISO 140) existiert für die Gehschallmessung bislang kein anerkanntes Verfahren, was die Suche nach leisen Bodenbelägen oder guten Dämmunterlagen schwierig macht. Diese Thematik wurde schon mehrfach durch Sarradj [4] behandelt. Daneben wurde der physikalische Hintergrund der Gehschallabstrahlung von Jakob [1] analysiert. Johansson [2] untersuchte die Belästigung durch Gehschall mit Hörversuchen.

Belästigung durch Lautheit

Bei der Messung von Gehschall ist die Wahl einer akustischen Größe, die dem menschlichen Empfinden der Belästigung möglichst gut entspricht, eine wesentliche Voraussetzung für die Auswertung. Dies wurde anhand einer Reihe von Aufnahmen von gehenden Versuchspersonen zusammen mit der Auswertung von Hörversuchen in [2] untersucht. Es stellte sich heraus, dass das 10. Perzentil der Lautheit (N10) der Gehaufnahmen die Belästigung am besten beschreibt. Die Ergebnisse in [2] beruhen auf einer Lautheitsberechnung für stationäre Signale nach ISO 532B bzw. DIN 45631. Da Gehschall keineswegs stationär ist, wurde hier eine Auswertung der zeitvarianten Lautheit nach DIN 45631/A1 mit den Ergebnissen aus [2] verglichen. Es konnte jedoch kein Unterschied nachgewiesen werden. Das heißt, dass das N10 von Gehaufnahmen die Belästigung durch Gehschall am genauesten wiedergibt.

Die Messung der Gehschallabstrahlung eines bestimmten Bodenbelags mit Hilfe von Gehaufnahmen ist wegen der notwendigen Mittelung über verschiedene Schuh- und Gehertypen sehr zeitaufwendig. Daher wäre es sinnvoll, den durchschnittlichen Fußtritt durch eine reproduzierbare Quelle zu ersetzen. Für Trittschallmessungen haben sich in der Vergangenheit diesbezüglich das Norm-Hammerwerk und seine modifizierte Variante (nach [5]) bewährt. Beide könnten gleichermaßen für Gehschallmessungen verwendet werden, falls die Korrelation zwischen dem N10 der Gehaufnahmen und der Lautheit von Messung mit der Norm-Quelle ausreichend hoch ist, was im Rahmen dieser Forschungsarbeit untersucht wurde. Um die Hammerwerksmessung mit Hilfe eines modifizierten Hammerwerks zu ermöglichen, musste vorerst das Eigengeräusch des Hammerwerks reduziert werden.

Hammerwerk

Im Vergleich zur Trittschallmessung spielt das Eigengeräusch der Norm-Quelle bei der Gehschallmessung eine wichtige Rolle, da die Leistung des Bodenbelags im Raum, wo sich das Hammerwerk befindet, gemessen wird. Vor allem für Messungen mit dem leisen, modifizierten Hammerwerk musste eine Lösung gefunden werden, um ein ausreichendes Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) über alle interessierenden Frequenzbereiche zu erreichen.

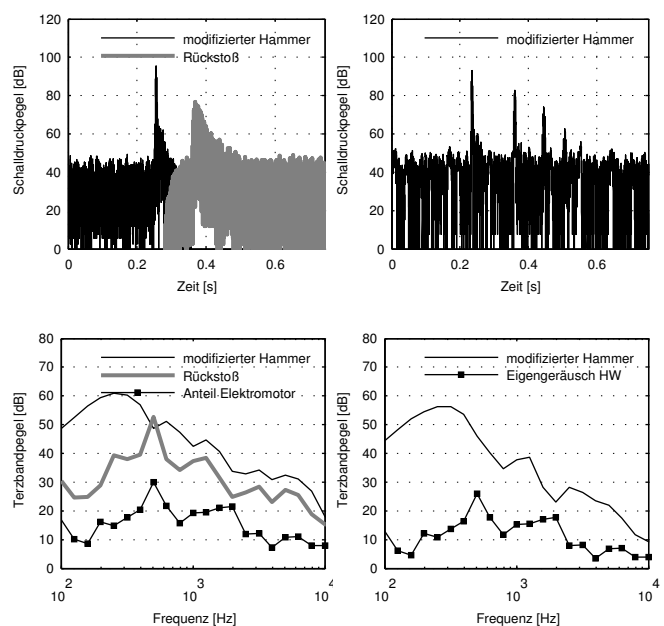


Abbildung 1: Zeitsignal und Terzspektrum eines Hammerfalls gemessen am modifizierten 2-Nocken-Hammerwerk (links) und am 1-Nocken-Hammerwerk (rechts) im Freifeld. Bodenbelag ist 13 mm Parkett + 20 kg/m³ PE.

Generell wird das Eigengeräusch durch den Mechanismus der Hämmer und den elektrischen Motor verursacht. Da die Mechanismen von Hammerwerk zu Hammerwerk sehr unterschiedlich sind, wird im Folgenden nur auf das vorhandene Brüel&Kjær 3204 Hammerwerk eingegangen. Bei diesem Hammerwerk wird das Eigengeräusch hauptsächlich durch das Auffangen des Hammers mit dem zweiten Nocken nach dem Rückstoß mit dem Boden erzeugt (siehe Abb. 1(links)). Um dies zu verhindern und somit das Eigengeräusch vollständig zu beseitigen, wurde ein Nocken pro Nockenscheibe entfernt (siehe Abb. 1(rechts)). Dieses 1-Nocken-Hammerwerk stellt nur eine Maßnahme zur Verbesserung des SNR's dar und ermöglicht die Untersuchung der Einsetzbarkeit des modifizierten Hammerwerks für Gehschallmessungen. Mit „modifiziert“ wird die Impedanzanpassung des Hammerwerks nach Scholl [5] bezeichnet und nicht

die hier beschriebene mechanische Änderung am Hammerwerk. Aus Vergleichbarkeitsgründen wurde für die Standard-Hammerwerksmessung ebenso ein 1-Nocken-Hammerwerk verwendet.

Da das SNR von Hammerwerken von der Prüffläche abhängig ist, kann die Bestimmung des SNR's nicht auf einer weichen Gummi- oder Schaumunterlage durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurde das SNR durch eine Fensterung des Zeitsignals eines Hammerfalls ermittelt (siehe Abb. 1 (oben links)).

Korrelation zwischen Gehaufnahmen und Hammerwerksmessungen

Es wurden vier verschiedene Schaumstoffunterlagen (20 kg/m³ Polyethylen (PE), 80 kg/m³ PE, 120 kg/m³ PE, 1000 kg/m³ Polyurethan) zusammen mit einem 7 mm dicken Laminat und einem 13 mm dicken Parkett auf einer Fläche von 2.6 m x 1 m verlegt. Diese acht Bodenbeläge wurden auf einer Betondecke eines Hallraums installiert und mit dem Standard- und dem modifizierten Hammerwerk gemessen. Die Hammerwerksleistungen aus einer Mittelung über acht Positionen des Hammerwerks wurden zu Lautheitsleistungsspektren konvertiert. Die gleichen Bodenbeläge wurden von Versuchspersonen begangen. Aus 60 s langen Aufnahmen von Versuchspersonen mit unterschiedlichen Schuhen wurde das N10 berechnet.

<i>Betondecke</i>	Korrelationsfaktor	
	HW	HW-M
FS mit Gummiabsätzen	0.74	0.73
MS mit Gummi-Leder-Sohle	0.86	0.93
Wanderschuh	0.53	0.60
FS mit Gummiabsätzen	0.90	0.87
FS mit Metallabsätzen	0.95	0.82
Mittelwert	0.80	0.79

<i>Holzbalkendecke</i>	Korrelationsfaktor	
	HW	HW-M
FS mit Gummiabsätzen	0.97	0.88
MS mit Gummi-Leder-Sohle	0.93	0.72
MS mit Gummi-Leder-Sohle	0.96	0.85
Wanderschuh	0.71	0.62
FS mit Metallabsätzen	0.95	0.81
Mittelwert	0.90	0.78

Tabelle 1: Korrelation zwischen Gehaufnahmen und Hammerwerksmessungen. Frauenschuh: FS, Männerschuh: MS, Hammerwerk: HW, modifiziertes Hammerwerk: HW-M.

Die gleiche Prozedur wurde auf einer Holzbalkendecke eines Trittschallprüfstands mit den gleichen Bodenbelägen wiederholt. Die Korrelation zwischen Gehaufnahmen und Hammerwerksmessungen für verschiedene Schuhwerke ist in Tabelle 1 dargestellt. Für die Betondecke liegen die über alle Schuhwerke gemittelten durchschnittlichen Korrelationsfaktoren bei 0,80 und 0,79. Für die Holzbalkendecke zeigt sich eine deutlich höhere Korrelation von 0,90 für das Standard-Hammerwerk gegenüber 0,78 für das modifizierte Hammerwerk. Sowohl für die Betondecke als auch für die Holzbalkendecke ist daher kein Vorteil des modifizierten Hammerwerks festzustellen.

Mittelung über Positionen

Bodenbeläge werden typischerweise auf Schaumstoffunterlagen verlegt, um kleine Unebenheiten auszugleichen. Dennoch ist der Kontakt zwischen Bodenbelag und Rohdecke in der Regel nicht gleichmäßig. Um diese Standardabweichung bestimmen zu können, wurden in einem Freifeldraum verschiedene Bodenbeläge von 2.6 m x 4 m an 20 Stellen mit einem Hammerwerk gemessen. Die maximale Standardabweichung lag immer unterhalb von 8%. Aus einer Gehschallhörschwelle von 16% geht hervor, dass für eine Bestimmung des Gehschalls mit einer hohen Wahrscheinlichkeit, eine Anzahl von acht Hammerwerkspositionen optimal ist (siehe auch [3]).

Variation der Bezugsdecke

Um die Abhängigkeit der Gehschallmessung von der Bezugsdecke zu untersuchen, wurden Hammerwerksmessungen auf einer schweren Betondecke eines Hallraums mit Messungen auf einer leichten Holzbalkendecke mit Trockenestrich (inklusive 10 mm Mineralwolle) verglichen. Die gleichen acht Bodenbeläge wurden gemessen. Die Korrelation liegt bei 0,977. Obwohl dieser Wert im Vergleich zu den Korrelationen aus den vorherigen Untersuchungen sehr hoch erscheint, muss darauf hingewiesen werden, dass es sich hier um eine unterschiedliche Auswertung der Bodenbeläge auf Grund einer Variation der Bezugsdecke handelt.

Fazit

Die Belästigung von Gehschall kann am genauesten mit dem 10. Perzentil der Lautheit von Gehaufnahmen gemessen werden. Bei Messungen mit einer Norm-Quelle hat sich gezeigt, dass die Korrelation zwischen dem N10 von Gehaufnahmen und Messungen mit Hilfe des Standard-Hammerwerks besser ist als bei der Verwendung des modifizierten Hammerwerks. Daher ist für die Gehschallmessung das Standard-Hammerwerk auf Grund des besseren SNR's zu bevorzugen. Für leise Bodenbeläge und laute Hammerwerkstypen muss das SNR des Hammerwerks dennoch überprüft werden.

Literatur

- [1] A. Jakob, R. Volz, M. Möser. *Investigation of the Physical Mechanism of Walking Noise Radiation of Laminate Floor Coverings*. Building Acoustics, 12, 2005, p. 141-163
- [2] A. Johansson, P. Hammer, E. Nilsson. *Prediction of Subjective Response from Objective Measurements Applied to Walking Sound*. Acta Acustica United with Acustica, 90, 2004, p. 161-170
- [3] M. Lievens. *Research Report on Walking Sound Measurements of Floor Coverings*. PE-Bauschäume Gütegemeinschaft e.V., 2006.
- [4] E. Sarraj. *Walking noise: Physics and Perception*. DAGA 2004, p. 431-432
- [5] W. Scholl. *Impact Sound Insulation: The Standard Tapping Machine Shall Learn to Walk!* Building Acoustics, 8, 2001, p. 245-256