

Charakterisierung von Körperschallquellen im Zusammenhang mit der Anregung von leichten Treppen

Evi Petzold, Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik
Heinz-Martin Fischer, Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik
Jochen Scheck, Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik
Thomas Möck, STEP GmbH, Winnenden

1 Einleitung und Problematik

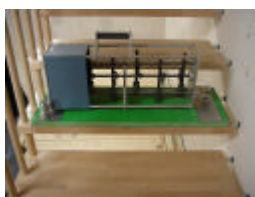
In letzter Zeit wurden Untersuchungen am Modellaufbau einer einzelnen Stufe durchgeführt [1,2]. Aus diesen Untersuchungen ist bekannt, dass die Anregung einer leichten Treppenkonstruktion mit dem Normhammerwerk bei weitem nicht der Anregung mit Gehen entspricht. In fertiggestellten Gebäuden mit Leichtbautreppen werden trotz eines gemessenen erhöhten Schallschutzes zu laute Gehgeräusche aus den benachbarten Wohnungen bemängelt. Aus diesem Grund wurden die Anregevorgänge von unterschiedlichen Körperschallquellen sowie verschiedener Geher mit unterschiedlichem Gewicht und Schuhwerk auf einer leichten Montagetreppe im Treppenprüfstand, der in [3] vorgestellt wurde, experimentell untersucht. Das Ziel dieser Untersuchungen war es, einen charakteristischen Anregevorgang zu finden, mit dessen Hilfe die Verhältnisse besonders im problematischen tiefen Frequenzbereich vernünftig beschrieben werden können. Mit diesem Anregevorgang kann dann in der Produktentwicklung weiter gearbeitet werden.

2 Aufbau des Prüfgegenstands

Die Messungen wurden an einer geradläufigen, geländertragenden Treppe mit Massivholz-Trittstufen untersucht. Die Stufen sind auf der wandfreien Seite durch je einen Tragbolzen miteinander und über Geländerstäbe mit dem mitttragenden Handlauf verbunden. Wandseitig besitzen sie zwei Stahlbolzen mit elastischer Ummantelung.

3 Anregevorgänge

Um einen charakteristischen Anregevorgang für das Gehen zu finden, musste zuerst geklärt werden, wie das Spektrum des Gehvorganges aussieht und wovon es abhängt. Im Rahmen von Gehversuchen haben zahlreiche Personen mit unterschiedlichem Gewicht und Schuhwerk die Treppe begangen. Die Ergebnisse der Gehvorgänge sowie einzelner Schritte wurden mit der Anregung mit dem Normhammerwerk, dem modifizierten Normhammerwerk nach ISO/CD 140-11 sowie mit der Anregung mit einem in Japan entwickelten Gummiball verglichen.



modifiziertes Normhammerwerk nach ISO/CD 140-11



Gummiball

Die dabei untersuchten Schuharten waren Halbschuhe mit Gummisohlen, Turnschuhe, Wanderschuhe und Schuhe mit hohen Absätzen.

4 Durchführung der Messungen

Die Gehvorgänge wurden mit dem Normhammerwerk und dem modifizierten Normhammerwerk verglichen. Dabei wurde jeweils der gesamte Gehvorgang gemessen und, analog zum Normhammerwerk, der energieäquivalente Dauerschallpegel mit der Zeitbewertung Fast ausgewertet. Bei den Messungen der einzelnen Schritte und der Anregung mit dem Ball wurde dagegen der Maximalpegel, ebenfalls mit der Zeitbewertung Fast, gemessen.

5 Messergebnisse

Die Messungen ergaben, dass sowohl die Gehversuche als auch die einzelnen Schritte sehr gut reproduzierbar sind. Wesentliche Unterschiede ergeben sich bei der gleichen Person lediglich durch unterschiedliches Schuhwerk und bei den einzelnen Schritten durch die verschiedenen Stufen.

Die Ergebnisse aller Gehversuche (alle Personen, alle Schuhe) unterscheiden sich untereinander zum Teil wesentlich (Bild 1). Anhand des Mittelwertes und der Standardabweichung (hier: Standardabweichung zum Mittelwert addiert bzw. von ihm subtrahiert) ist zu erkennen, dass es nicht genügt, anhand eines willkürlichen Gehvorganges eine Anregeart zu finden, die charakteristisch für den Gehvorgang ist.

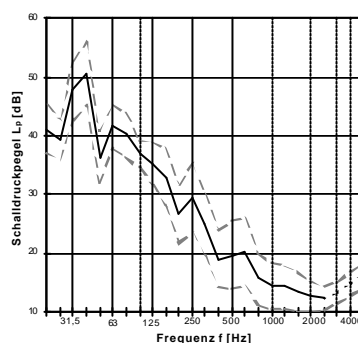


Bild 1: Mittelwert und Standardabweichung der Gehversuche

Aus den Untersuchungen der Gehversuche geht hervor, dass sich die Gehvorgänge aufwärts und abwärts im tiefen Frequenzbereich nicht wesentlich unterscheiden.

Ein weiterer Gesichtspunkt waren die Unterschiede des Gewichts. Die Personen wurden in einzelne Gewichtsklassen unterteilt und diese miteinander verglichen. In allen Gewichtsklassen wurden jeweils nur die Ergebnisse aus den Messungen mit Halbschuhen

und Turnschuhen herausgegriffen, da sich diese kaum voneinander unterscheiden und somit nur der Einfluss des unterschiedlichen Gewichts eine Rolle spielte. Dabei stellte sich heraus, dass sich das unterschiedliche Gewicht kaum auf den Schalldruckpegel auswirkt.

Daraufhin wurde untersucht, inwiefern sich die Anregvorgänge beim Gehen mit unterschiedlichem Schuhwerk unterscheiden. Dabei zeigte sich, dass das Gehen mit Turnschuhen bis 40 Hz leiser ist als das Gehen mit Halbschuhen mit Gummisohlen, danach sind die beiden Spektren jedoch identisch. Wanderschuhe ergeben dagegen über den gesamten Frequenzbereich höhere Pegel als die Halbschuhe mit Gummisohlen. Die Schuhe mit harten Absätzen weichen bis 100 Hz nicht von den anderen Schuharten ab. Oberhalb von 100 Hz verläuft die Kurve allerdings flacher.

Um einen charakteristischen Anregvorgang für das Begehen der Treppe zu finden, wurde der Vergleich zum Normhammerwerk und zum modifizierten Normhammerwerk dargestellt (Bild 2). Wie erwartet stimmen das Spektrum des Normhammerwerks und des Gehens nicht überein. Das Spektrum des modifizierten Normhammerwerks stimmt dagegen im Verlauf überein, die Pegel sind allerdings gegenüber dem Gehen zwischen 50 Hz und 250 Hz zu hoch.

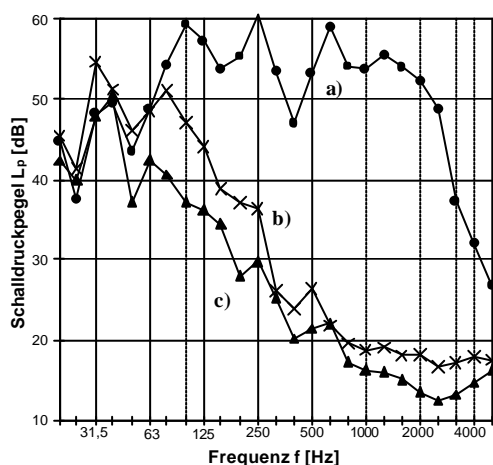


Bild 2: Vergleich Schalldruckpegel im Empfangsraum bei Anregung mit
a) Normhammerwerk
b) modifiziertem Normhammerwerk
c) Gehen abwärts

Wird zusätzlich das Spektrum dargestellt, das sich ergibt wenn ein Kind die Treppe begeht, stimmen die Ergebnisse bis 160 Hz mit dem modifizierten Normhammerwerk überein. Oberhalb von 160 Hz ergeben sich beim Begehen der Treppe durch das Kind zu hohe Pegel.

Vergleicht man dagegen die Anregung durch einen einzelnen Schritt mit der Anregung durch einen Ball, der aus einer Höhe von 1 m auf die Stufe fallen gelassen wird, liefert der Ball bei tiefen Frequenzen zu hohe Pegel (Bild 3). Das Spektrum eines Kindes passt dagegen bis 400 Hz zu dem Spektrum des Balles,

oberhalb von 400 Hz dagegen ergeben sich beim Kind höhere Pegel.

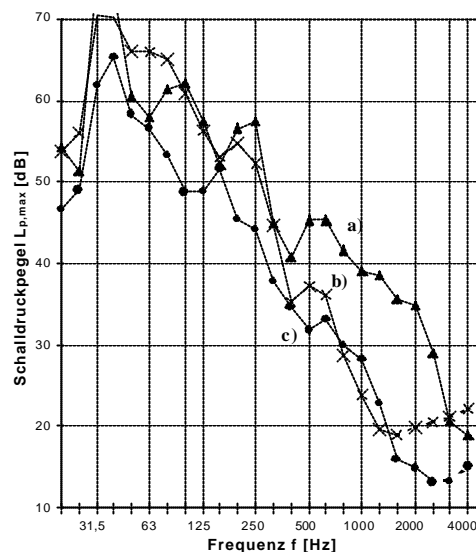


Bild 3: Vergleich Schalldruckpegel im Empfangsraum bei Anregung mit
a) Schritt Kind
b) Ball
c) Schritt Erwachsener

6 Zusammenfassung

Um eine Körperschallquelle zu finden, die die Anregung durch das Begehen einer leichten Treppenkonstruktion nachbilden kann, wurden Gehversuche durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass sowohl das Gehen als auch einzelne Schritte reproduzierbar sind und sich lediglich Unterschiede durch das Schuhwerk und bei den Schritten durch die einzelnen Stufen ergeben. Tieffrequent ergeben sich keine Unterschiede beim Aufwärts- und Abwärtsgehen. Die Gewichtsklassen unterscheiden sich über den gesamten Frequenzbereich kaum.

Die Anregung mit einem Ball entspricht einem springenden Kind. Das modifizierte Normhammerwerk entspricht im Verlauf dem Gehen, der Schalldruckpegel im Empfangsraum ist allerdings höher. Bei weiteren Untersuchungen soll die Unterlage variiert werden.

7 Literatur

- [1] Petzold, Evi: "Trittschallanregung von Treppen", Diplomarbeit, Studiengang Bauphysik Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik, 2001
- [2] Scheck, Jochen: "Trittschallanregung und -übertragung von Leichtbautreppen", Diplomarbeit, Studiengang Bauphysik Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik, 2001
- [3] Möck, Thomas: "Schalltechnisches Verhalten von Montagetreppen - Ein neuer Treppenprüfstand für Prüfung, Forschung und Entwicklung", Fortschritte der Akustik. DAGA 2001, Hamburg