

B. Richter, H. Schröder

Untersuchung von Gehgeräuschen

Einleitung

Am Fraunhofer-Institut für Bauphysik wurden Gehgeräusche von Personen auf Holzbalkendecken und Massivdecken sowie die einzelnen Einflussparameter auf die Schallspektren im darunter liegenden Empfangsraum genauer untersucht. Hintergrund ist u.a. eine Überprüfung des Norm-Hammerwerks, welches eine künstliche Trittschallquelle darstellt, über deren Modifizierung in letzter Zeit vermehrt nachgedacht wurde [1].

Durchführung und Auswertung der Messungen

Untersucht wurden Geräusche gehender Personen auf sechs verschiedenen Holzbalken- bzw. Massivdecken mit unterschiedlichen (Estrich-) Aufbauten. Es wurde der Schall-druckpegel im Empfangsraum unter der Decke bei Anregung durch gehende Personen gemessen. Die Messungen erfolgten bei verschiedenen Gehgeschwindigkeiten. Es standen insgesamt fünf Versuchspersonen unterschiedlicher Größe, unterschiedlichen Gewichts und unterschiedlichen Geschlechts zur Verfügung. Der Einfluss des Schuhwerks wurde anhand von Gehmessungen in Schuhen mit harter Sohle, in Schuhen mit weicher Sohle und in Strümpfen überprüft.

Die Auswertung der gemessenen Terzspektren konzentrierte sich auf den spektralen Verlauf und nicht nur auf Absolutwerte. Wegen der großen Anzahl der durchgeführten Gehversuche bot es sich an, statistische Methoden zur Auswertung heranzuziehen. Die Spektren vergleichbarer Messungen wurden arithmetisch gemittelt, um weitere Vergleiche mit gemittelten Terzspektren anzustellen. Außerdem erfolgte eine Berechnung statistische Kennzahlen zur besseren Vergleichbarkeit der Spektren. Um die Ähnlichkeit der Spektren numerisch zu beschreiben, wurde das Korrelationsmaß Φ für die vorliegenden Spektren für zwei verschiedene Frequenzbereiche von 50 bis 5000 Hz und von 100 bis 3150 Hz über folgende Formel berechnet [2]:

$$\Phi = \frac{\sum_{i=1}^n y_i r_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n r_i^2}} \quad (1)$$

m die unterste betrachtete Terz
 n die oberste betrachtete Terz
 y_i der Messwert der i-ten Terz
 r_i der Wert der i-ten Terz des Referenzspektrums

Mit dem Korrelationsmaß erfolgt der Vergleich einer beliebigen Messkurve mit einem geeigneten Referenzspektrum. Aus Gründen der Darstellung wurde eine mathematische Transformation zur Aufweitung der Werteskala angewandt. Das resultierende Vergleichsmaß ist folgendermaßen definiert:

$$\text{VGM} = -10 \lg(1 - \Phi^2) \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

Je ähnlicher die zu vergleichenden Spektren sind, desto größer wird der Wert des Vergleichsmaßes VGM. Zur Veranschaulichung dieser Kennzahl wurde das Vergleichsmaß der fünf zur Messung des Norm-Trittschallpegels benötigten Hammerwerkspositionen ermittelt. Die Vergleichsmaße der einzelnen Hammerwerkspositionen zu deren arithmetischem Mittel (d.h. dem Norm-Trittschallpegel) liegen zwischen 32,1 dB und 39,8 dB.

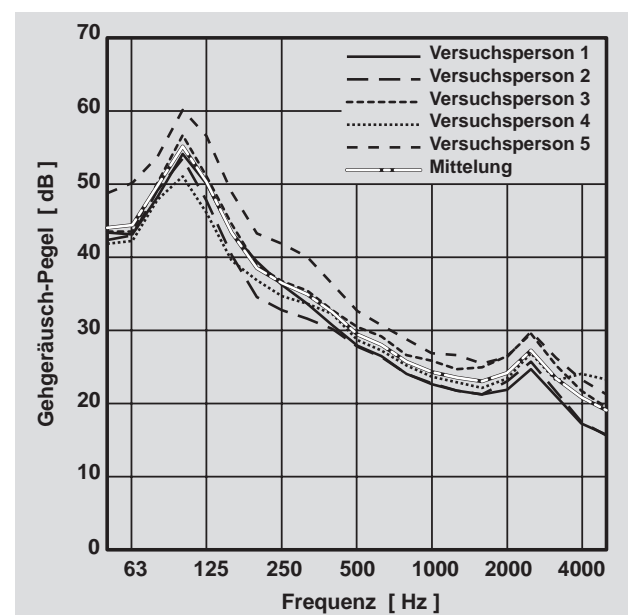


Bild 1: Trittschallpegel der Versuchspersonen in Schuhen mit weicher Sohle und deren Mittelung in Abhängigkeit von der Frequenz, gemessen auf einer Holzbalken-Rohdecke.

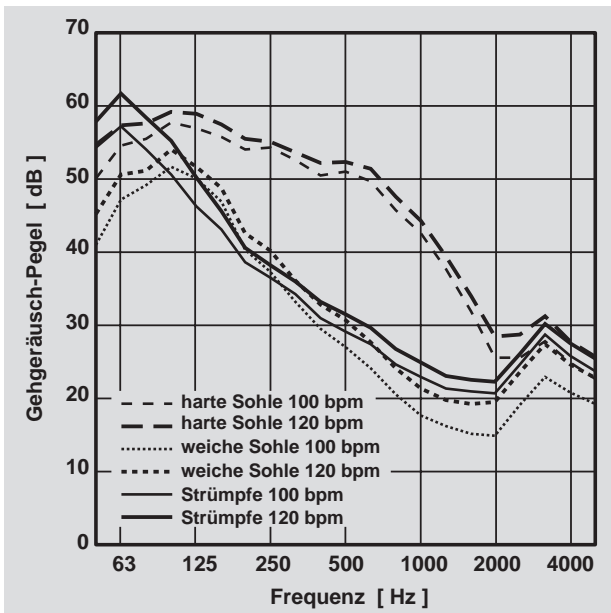


Bild 2: gemittelte Gehgeräusch-Pegel für verschiedene Fußbekleidungen in den Gehgeschwindigkeiten 100 und 120 Schritte pro Minute (bpm) in Abhängigkeit von der Frequenz, gemessen auf einer Holzbalken-Rohdecke.

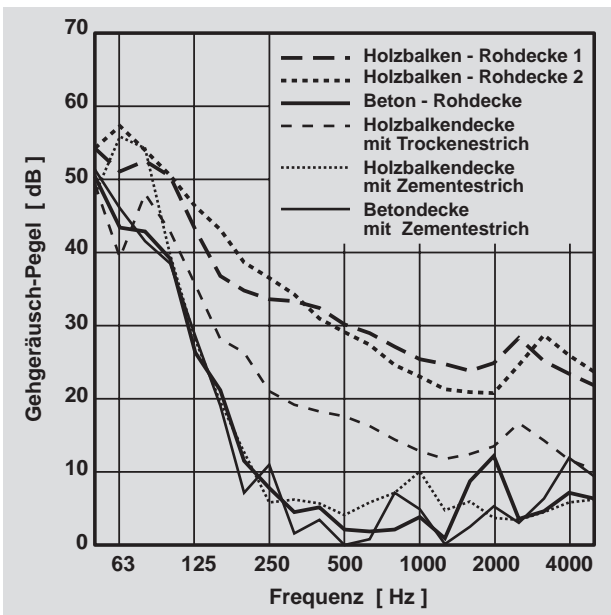


Bild 3: gemittelte Gehgeräusch-Pegel in Strümpfen auf den sechs verschiedenen Deckenkonstruktionen in Abhängigkeit von der Frequenz.

Versuchspersonen bzw. individuelle Gangarten

Bild 1 zeigt die Terzspektren verschiedener Versuchspersonen mit subjektiv sehr unterschiedlichen Gangarten. Die Spektren der Gehgeräusche weisen ähnliche Verläufe auf. Die Vergleichsmaße der Einzelmessungen und deren arithmetischem Mittel liegen bei Schuhen mit harter Sohle zwischen 32,1 dB und 43,8 dB. Für Gehgeräusche in Schuhen mit weicher Sohle bzw. in Strümpfen lagen die entsprechenden Werte zwischen 31,2 dB und 39,9 dB. Gehgeräusche erweisen sich also auch bei individuell unterschiedlichen Gangarten als reproduzierbar.

Gehgeschwindigkeit

Der Einfluss der Gehgeschwindigkeit auf das Terzspektrum ist in Bild 2 dargestellt. Bei höheren Schrittfolgen ergeben sich erwartungsgemäß höhere Absolutpegel des Schalldrucks. Die Vergleichsmaße zwischen den Spektren mit unterschiedlicher Gehgeschwindigkeiten liegen je nach Schuhwerk zwischen 24,9 dB und 42,7 dB.

Schuhwerk

Bild 2 kann auch der Einfluss der Schuhart auf das Spektrum entnommen werden. Bei der Anregung durch Schuhe mit harter Sohle entsteht ein relativ breitbandiges Terzspektrum. Die Spektren der Gehgeräusche von Schuhen mit weicher Sohle und von Strümpfen sind schmalbandiger. Die Vergleichsmaße von Gehgeräuschen in unterschiedlichen Schuhen bzw. in Strümpfen liegen zwischen 12,8 dB und 21,8 dB, also signifikant niedriger als die Vergleichsmaße bei verschiedenen Gehgeschwindigkeiten oder verschiedenen Versuchspersonen.

Deckenkonstruktion

Erwartungsgemäß unterscheiden sich die Gehgeräuschspektren in gleichem Schuhwerk auf verschiedenen Decken erheblich. Bei Decken besserer Schalldämmung fallen die Spektren allgemein zu hohen Frequenzen hin steiler ab als bei schlechter trittschalldämmenden Decken. Das Spektrum der Gehgeräusche von Personen in Schuhen mit harter Sohle bleibt aber breitbandiger als bei den anderen Schuharten (Bild 3).

Schlussfolgerungen

Gehgeräusche sind in ihrem spektralen Verlauf reproduzierbare Größen. Die Spektren werden nur in geringem Maße von der Gehgeschwindigkeit und dem individuellem Einfluss verschiedener Versuchspersonen und deren Gangarten bestimmt. Maßgeblich wird das Geräuschspektrum von der Beschaffenheit des Schuhwerks beeinflusst.

Literatur

- [1] Normentwurf ISO/CD 140-11: 2000: Trittschallminderung im Labor auf leichten Decken.
- [2] Richter, B.; Schröder, H.: Untersuchung von Gehgeräuschen auf Massiv- und Holzbalkendecken, IBP-Bericht B-BA 2/2002.