

Vorbereitung eines Ringversuchs zur Empfangsplattenmethode

Maximilian Chamaoun¹, Jochen Scheck¹, Heinz-Martin Fischer¹

¹ Hochschule für Technik Stuttgart, 70174 Stuttgart, E-Mail: jochen.scheck@hft-stuttgart.de

Einleitung

Die Empfangsplattenmethode nach EN 15657-1 [1] ist ein praktikables Verfahren zur Charakterisierung von Körperschallquellen für Vergleichs- und Prognosezwecke. Anhand eines Ringversuchs soll die Vergleichbarkeit von Messergebnissen in verschiedenen Prüflaboren untersucht werden bzw. eine Validierung der Mess-Vorschriften erfolgen. Dafür wurde von der HFT Stuttgart eine Referenz-Körperschallquelle entworfen und konstruiert. Beim Design mussten die Anforderungen an eine ausreichend starke Körperschall-Anregung, hohe Admittanz (Kraftquellensituation), leichte Handhabbarkeit (Transport) und Reproduzierbarkeit in Einklang gebracht werden. Die Eignung der Quelle für den Ringversuch wurde anhand von Messungen sichergestellt.

Empfangsplattenmethode

Die Empfangsplattenmethode basiert auf einer Leistungsbilanz: im stationären Zustand ist die der Empfangsplatte von der Quelle zugeführte Leistung gleich der Verlustleistung [2]:

$$P_{\text{Empfangsplatte}} = \omega m \bar{v}^2 \eta \quad [\text{W}] \quad (1)$$

Da die von der Quelle abgegebene Leistung von der Admittanz der Empfangsplatte an den Kontakten abhängt [2], erfolgt eine Normierung auf letztere, um eine nur die Quelle charakterisierende Größe angeben zu können (2).

$$P_{\text{Charakteristisch}} = P_{\text{Empfangsplatte}} \cdot \frac{Y_{\text{Charakteristisch}}}{\text{Re}\{\bar{Y}_{\text{Kontakte}}\}} \quad [\text{W}] \quad (2)$$

Unter der Voraussetzung, dass sowohl im Prüfstand als auch am Bau die Admittanz der Quelle wesentlich größer als die der Empfangsplatte ist (Kraftquellensituation), kann eine Umrechnung auf die Bausituation erfolgen.

Anforderungen an die Referenz-Quelle

Die Referenz-Körperschallquelle muss im Rahmen des Ringversuchs in unterschiedliche Labore verschickt werden. Daher sollte die Quelle möglichst handlich, leicht transportierbar und der Zusammenbau unkompliziert und reproduzierbar sein. Ein weiteres maßgebliches Kriterium ist eine ausreichend starke Körperschallanregung im Frequenzbereich von 50-5000 Hz, die gegenüber der (unerwünschten) Luftschallanregung dominiert. Die Admittanz der Quelle muss wesentlich höher sein als die der Empfangsplatten, um die Voraussetzung der Kraftquellensituation zu erfüllen. Letztlich ist die Konstanz der Quelleneigenschaften von entscheidender Bedeutung für den Ringversuch. Die Möglichkeit diese mit hinreichender Genauigkeit zu kontrollieren musste beim Design vorgesehen werden.

Design

Das Grund-Konzept für die Quelle war eine Platte, die auf drei Füßen steht und mit einem Inertial-Shaker angeregt wird, der auf der Platte montiert ist. Es wurden drei Füße vorgesehen, da dadurch gewährleistet ist, dass alle Füße Kontakt zur Empfangsplatte haben und kein Fuß in der Luft steht. Ein Shaker als „externe“ Quelle hat den Vorteil, dass die Anregung regelbar ist und unterschiedliche Signale erzeugt werden können. Zur Kontrolle der Kraftereinleitung des Shakers und damit der Referenz-Quelle wurde ein Kraftaufnehmer zwischen Shaker und Aluminiumplatte vorgesehen. Die Dimension von Aluminiumplatte und Füßen erfolgte mit Hilfe von FEM-Simulationen, um vorab eine ausreichend starke Körperschallanregung zu gewährleisten. Gemäß den Simulationsergebnissen wurde ein IV30 Inertial-Shaker mit einem Kraftvektor von 30 N und eine Aluminiumplatte mit den Abmessungen (L x B x H: 0.5m x 0.35m x 0.1m) und abgerundete Stahlfüße (L: 0.07m, Durchmesser: 0.015m) gewählt. Abbildung 1 zeigt die Referenz-Körperschallquelle in ihrer endgültigen Ausführung.

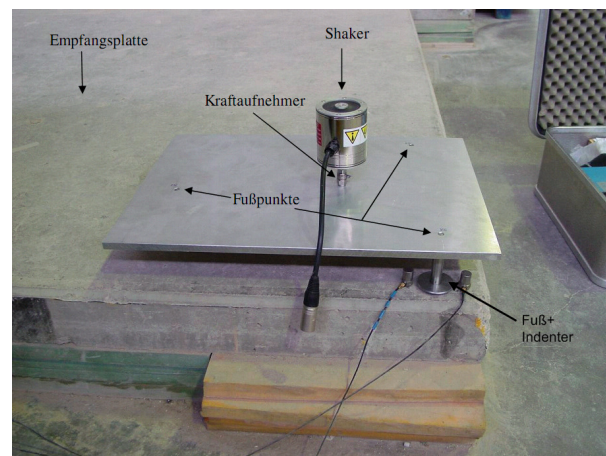


Abbildung 1: Referenz-Körperschallquelle auf der horizontalen Empfangsplatte (10 cm Beton) der HFT Stuttgart

Überprüfung der Quellen-Eigenschaften

Zur Bestimmung der Quellen-Admittanz wurde die Quelle von der Umgebung durch Aufhängen an weichen Gummibändern entkoppelt. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Admittanz für einen Fuß und den Vergleich mit der gemessenen Admittanz der Empfangsplatte in Plattenmitte und am Plattenrand. Zusätzlich ist die berechnete charakteristische Admittanz der Empfangsplatte dargestellt. Die Admittanz der Empfangsplatte ist am Plattenrand aufgrund der Entkopplung vom Prüfstandsboden (freie Platte) maximal und deutlich höher als in Plattenmitte. Die Admittanz der Quelle ist im gesamten Frequenzbereich mindestens 10 dB höher und die Kraftquellensituation somit gegeben. Die Frequenzabhängigkeit der Quellen-Admittanz resultiert aus dem modalen Verhalten der Aluminiumplatte.

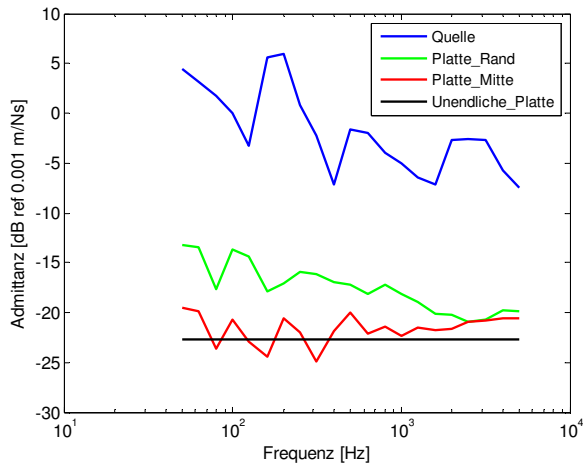


Abbildung 2: Admittanz der Referenz-Körperschallquelle im Vergleich mit der Admittanz der Empfangsplatte in Plattenmitte und am Rand und charakteristische Admittanz

Um die Quellenstärke zu optimieren, wurde die Ansteuerung mit weißem und rosa Rauschen und unterschiedlichen Verstärkungen untersucht. Für beide Signale wurde dabei jeweils eine Obergrenze gefunden, bei welcher ein durchgehender Kontakt zwischen Quelle und Empfangsplatte nicht mehr gegeben ist. Da ein Abheben der Füße eine unerwünschte Nichtlinearität zur Folge haben kann, wurde die Verstärkung entsprechend begrenzt. Abbildung 3 zeigt den Vergleich der mittleren Schnelle auf der Empfangsplatte für die Ansteuerung mit weißem und rosa Rauschen, jeweils im linearen Arbeitsbereich, sowie das Grundgeräusch.

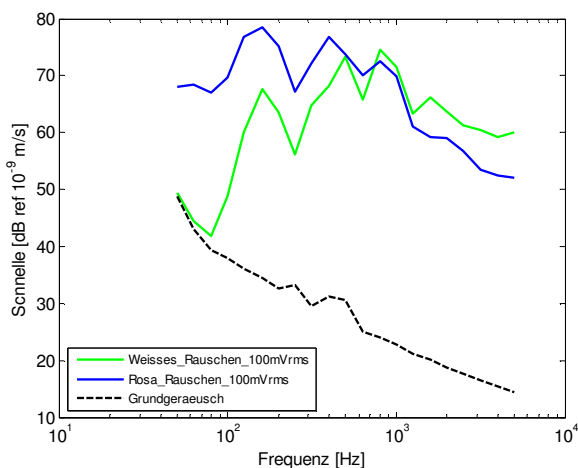


Abbildung 3: Mittlere Schnelle auf der Empfangsplatte bei Ansteuerung des Shakers mit weißem und rosa Rauschen

Daraus geht hervor, dass ein ausreichender Grundgeräuschabstand im gesamten Frequenzbereich bei Verwendung von rosa Rauschen gegeben ist. Die Anregung der Empfangsplatte erfolgt, wie gefordert, durch Körperschallübertragung, der Luftschall-Anteil ist im gesamten Frequenzbereich vernachlässigbar. Dies wurde überprüft, indem die Quelle mit entkoppelten Füßen auf der Empfangsplatte betrieben wurde. Da die am Ringversuch teilnehmenden Prüflabore über unterschiedliche Messgeräte verfügen, ist eine absolut eindeutige Vorgabe des Quellen-Betriebszustandes nicht realisierbar.

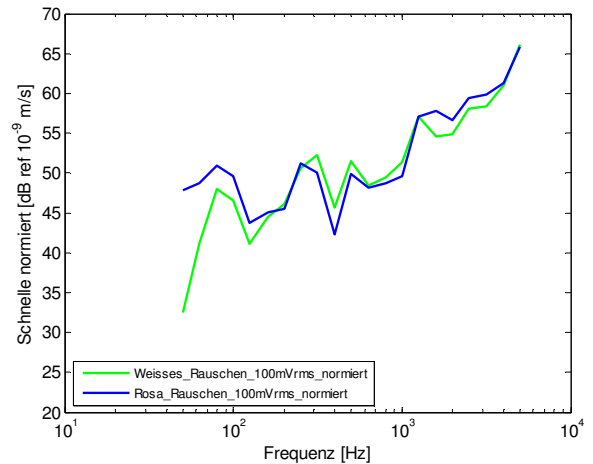


Abbildung 4: Auf die Shaker-Kraft normierte mittlere Schnelle auf der Empfangsplatte bei Ansteuerung des Shakers mit weißem und rosa Rauschen (s. Abbildung 2)

Für eine bestmögliche Vergleichbarkeit ist es daher zweckmäßig, die von den teilnehmenden Prüflaboren bestimmten charakteristischen Empfangsplatten-Leistungen auf die jeweilige Shaker-Kraft zu normieren. Die Auswirkung dieser Normierung ist in Abbildung 4 für die Anregung mit weißem und rosa Rauschen (s. Abbildung 3) dargestellt. Im Frequenzbereich oberhalb 80 Hz wird durch die Normierung für diesen Extremfall eine gute Übereinstimmung erreicht, die im Bereich ± 2 dB liegt. Die größeren Abweichungen unter 80 Hz sind auf den nicht ausreichenden Grundgeräuschabstand beim Betrieb mit weißem Rauschen zurückzuführen. In weiteren Schritten wurde die Konstanz der Quellen-Eigenschaften überprüft, indem die Quelle mehrfach in ihre Einzelteile zerlegt und wieder zusammgebaut und jeweils die Schnelle auf der Empfangsplatte an festen Referenzpositionen gemessen wurde. Dabei wurden im überwiegenden Frequenzbereich Abweichungen im Bereich $< 0,5$ dB festgestellt, was eine gute Reproduzierbarkeit der Quelleneigenschaften belegt.

Zusammenfassung

Für einen Ringversuch zur Empfangsplattenmethode wurde eine Referenz-Körperschallquelle konzipiert, konstruiert und die Eignung experimentell validiert. Die Quelle hat, bedingt durch die Einfachheit der Konstruktion und die Verwendung eines Shakers den Vorteil, dass die Eigenschaften ausreichend konstant und kontrollierbar sind.

Literatur

- [1] DIN EN 15657-1: Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden - Messung des Luft- und Körperschalls von haustechnischen Anlagen im Prüfstand - Teil 1: Vereinfachte Fälle, in denen die Admittanzen der Anlagen wesentlich höher sind als die der Empfänger, Deutsche Fassung EN 15657-1:2009
- [2] Späh, M., Gibbs, B.: Reception plate method for characterisation of structure-borne sound sources in buildings: Installed power and sound pressure from laboratory data, Applied Acoustics, 2009. 70: pp. 1431-1439