

Typisch Hammerwerk ?

Sylvia Stange-Kölling, Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, sylvia.stange-koelling@ptb.de

Einleitung

Zur Bestimmung des Normtrittschallpegels wird eine Quelle benötigt, die reproduzierbare Werte liefert. Als Quelle für diese Messungen ist in der Norm [1] das Trittschallhammerwerk definiert. Im Rahmen von Hammerwerksprüfungen auf einer speziellen Testplatte wurde festgestellt, dass reale Hammerwerke (HW) nicht das idealisierte Verhalten zeigen [2], [3]. Durch geringe Schwankungen der Aufprallgeschwindigkeit der Hämmer und der Schlagfolgefrequenz entsteht statt des erwarteten 10 Hz Linienspektrums mit konstanter Amplitude ein 2 Hz Linienspektrum mit schwankender Amplitude (Bild 1). Daraus folgend stellt sich die Frage, ob die Ergebnisse der Hammerwerksprüfung auf andere Betriebsituationen übertragen werden können und ob Hammerwerke ein typisches Verhalten aufweisen.

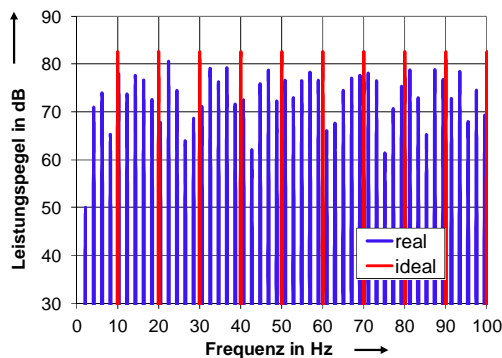


Bild 1: gerechnetes Linienspektrum für das ideale und ein reales Hammerwerk

Messprogramm und Messverfahren

Die Messung der Hammergeschwindigkeit beim Aufschlagen und die Bestimmung der Schlagfolgeintervalle erfolgt mittels eines Laservibrometers mit nachfolgender Auswertesoftware. Die Messungen wurden mit zwei Hammerwerkstypen durchgeführt.

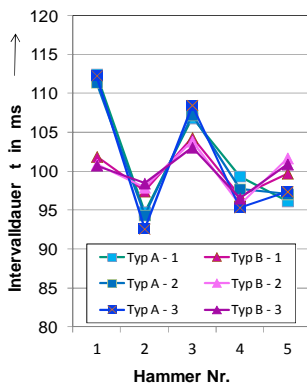


Bild 2: Überprüfung der Wiederholbarkeit der Messung der Schlagfolgeintervalle für beide Hammerwerkstypen

Typ A hebt die Hämmer mechanisch mit einer drehenden Welle, Typ B hebt die Hämmer elektromagnetisch. Die Messungen wurden sowohl auf der Normprüfplatte (NP) als auch im Prüfstand (PS) mit Rohbetondecke durchgeführt. Gemessen wurde auf Laminat, Teppich, PVC und ohne Belag. Für die kritischere Messung wurde für beide Hammerwerkstypen eine gute Wiederholbarkeit der Messung festgestellt (Bild 2).

Ergebnisse der Messungen

Für die Fallgeschwindigkeit zeigt sich ein Absinken der Werte mit Bodenbelägen (Bild 3), wobei für den Teppich besonders niedrige Werte auftreten. Die Messergebnisse im Prüfstand (hellere Farbtöne) liegen durchweg etwas über denen der Normprüfplatte (dunklere Farbtöne). Ebenso zeigt das elektromagnetische HW (rechts) insgesamt höhere Werte als das mechanische HW (links). Die Anforderung aus [1], die nur für die Messung auf der sehr ebenen Prüfplatte ohne weitere Unterlagen gilt, liegt bei 886 ± 33 mm/s. Damit liegen bis auf die Teppich-Ergebnisse alle gemessenen Geschwindigkeiten in diesem Bereich.

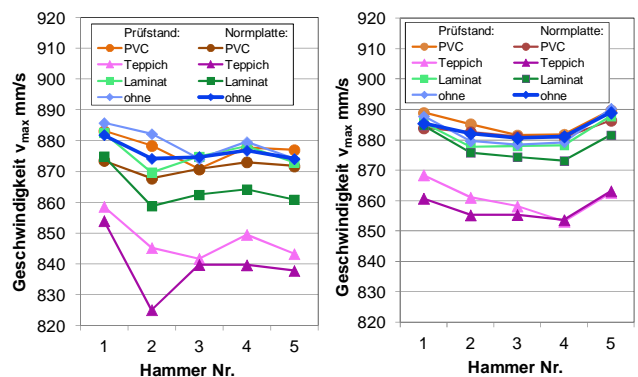


Bild 3: Ergebnisse für die Fallgeschwindigkeit v_{max} links mechanisches HW, rechts elektromagnetisches HW.

Die Abweichung der Werte ergibt sich zum einen aus den Eigenschaften des Belags, da durch die Verformbarkeit (PVC, Teppich) der fallende Hammer bereits vor Erreichen der endgültigen Fallhöhe abgebremst wird. Zum anderen wird durch die Laufunruhe des Hammerwerkes ein Anschlagen des Hammers in der Führung ausgelöst, der ideale freie Fall wird verhindert.

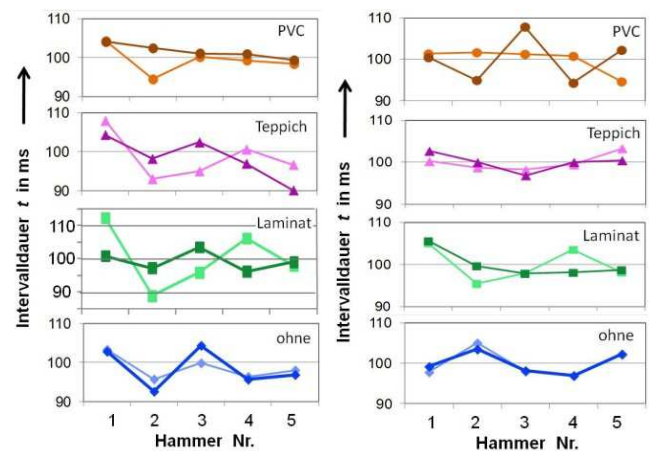


Bild 4: Schlagfolgeintervalle: Ergebnisse auf der Normprüfplatte (dunkle Töne) im Vergleich zu den Ergebnissen im Prüfstand (helle Töne) links mechanisches HW, rechts elektromagnetisches HW

Für die Schlagfolgeintervalle ergeben sich ebenfalls Unterschiede, allerdings sind die Schwankungen hier

zufälliger und weniger ausgeprägt (Bild 4). Grundsätzlich liefert auch hier die Messung ohne Belag vergleichbare Werte im Prüfstand und auf der Normplatte. Je weiter die Ergebnisse von der Messung ohne Belag abweichen, desto stärker divergieren auch die Ergebnisse zwischen Prüfstand und Normplatte. Die Anforderung aus [1] – auch hier für die Messung auf der Prüfplatte ohne Bodenbelag gültig – liegt bei 100 ± 5 ms für den Mittelwert aus allen 5 Hämmern. Dieser Wert wird für alle betrachteten Fälle eingehalten.

Auswirkungen der Ergebnisse auf das Leistungsspektrum

Aus den gemessenen Schlagfolgeintervallen und Hammergeschwindigkeiten beim Aufprall kann mit dem in [2] und [3] vorgestellten Rechenverfahren die in idealisierte Empfänger eingespeiste Schalleistung berechnet werden. Es ergeben sich die erwarteten 2 Hz Linienspektren mit schwankender Amplitude. Für das mechanische HW schwankt auch die Grundfrequenz je nach Belag (Bild 5), beim elektromechanischen HW zeigt sich die Grundfrequenz stabiler (Bild 6).

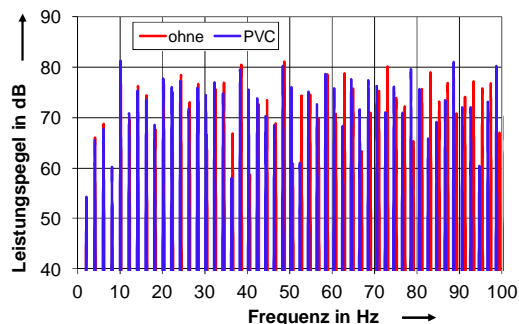


Bild 5: gerechnetes Linienspektrum für das mechanische Hammerwerk im Prüfstand

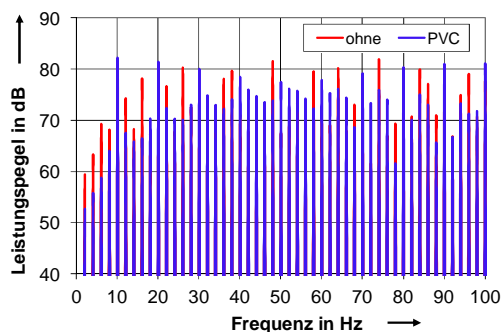


Bild 6: gerechnetes Linienspektrum für das elektromechanische Hammerwerk im Prüfstand

Aus den Linienspektren wurden anschließend die Terzleistungsspektren berechnet. Diese sind insgesamt wesentlich konstanter als die Linienspektren. Vergleicht man den Terzleistungspegel mit Belag mit den Ergebnissen ohne Belag, zeigen sich ab 250 Hz gute Übereinstimmungen (Bild 7). Lediglich beim Teppich kommt es zu einer geringen systematischen Abweichung von ca. 0,2 dB, da die niedrigere Aufprallgeschwindigkeit zu geringeren Leistungspegeln führt. Bei Frequenzen unter 250 Hz kommt es allerdings zu Abweichungen in einzelnen Terzen von bis zu 1,5 dB. Diese haben einen zufälligen Charakter und lassen sich unmittelbar aus den Linienspektren erklären.

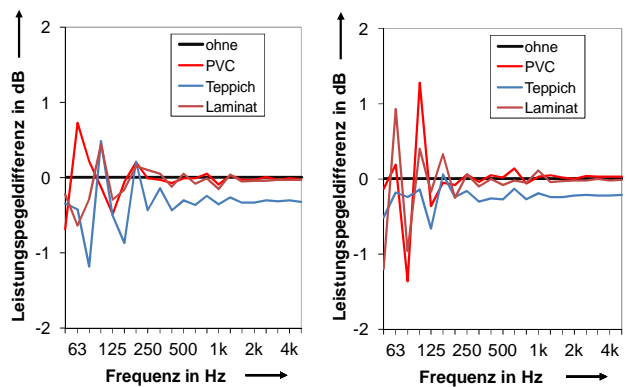


Bild 7: gerechnete Terzleistungspegeldifferenz (mit - ohne Belag) für Messungen im Prüfstand, links mechanisches HW, rechts elektromagnetisches HW

Diese Eigenschaften von Hammerwerken sind insbesondere für die Bestimmung der Trittschallminderung von Bedeutung, da genau diese Messungen (mit und ohne Belag) hier angewendet werden. Betrachtet man die Standardabweichung für dasselbe Hammerwerk über alle acht durchgeführten Messungen, ergeben sich ebenfalls etwas höhere Werte für den niedrigen Frequenzbereich bis ca. 250 Hz. Von über 0,5 dB sinkt der Wert zu höheren Frequenzen hin ab (Bild 8).

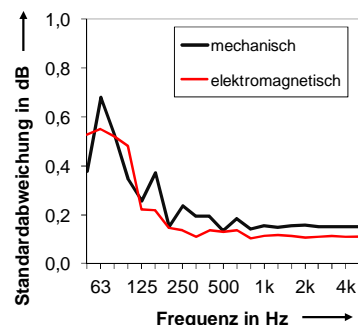


Bild 8: Standardabweichung für beide Hammerwerke über alle Messungen

Zusammenfassung

Das Verhalten von Hammerwerken ist typabhängig und wird vom Bodenbelag beeinflusst. Die gemessenen Schwankungen der Schlagfolgeintervalle und Hammergeschwindigkeiten und damit auch der emittierten Schalleistung sind rein zufällig und nicht vorhersagbar. Die generierten Linienspektren sind großen Schwankungen unterworfen, wohingegen die Terzleistungsspektren mit Standardabweichungen von ca. 0,5 dB bei tiefen Frequenzen und kleineren Werten bei hohen Frequenzen sehr stabil sind.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 140-7 . *Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 7: Messung der Trittschalldämmung von Decken in Gebäuden*; Deutsche Fassung EN ISO140-7:1998
- [2] V. Wittstock, S. Stange-Kölling: *Eigenschaften von Hammerwerken*. DAGA 2011
- [3] V. Wittstock: *On the spectral shape of the sound generated by standard tapping machines*. Acta Acustica united with Acustica 98 (2012), 301-8