

# Über den Körperschalleintrag von einem Klavier

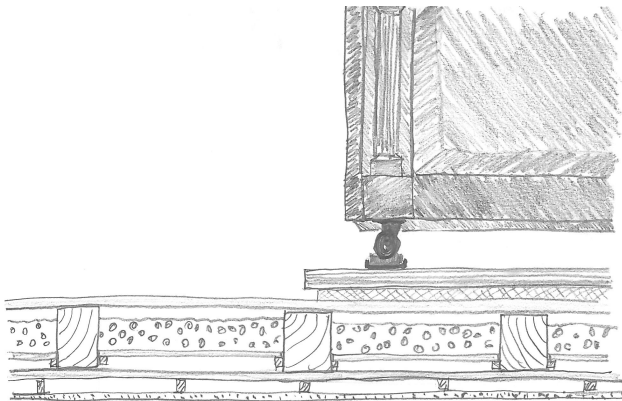
Christoph Fritzsche

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 07745 Jena, Deutschland, Email: christoph.fritzsche@tlug.thueringen.de

## Einleitung

In Mehrfamilienhäusern kommt es häufig zu Störungen der Nachbarschaft, wenn im Haus Klavier gespielt wird. Will man Maßnahmen ergreifen, um die Schallübertragung in andere Räume zu vermindern, stellt sich die Frage, welche Rolle dabei der Körperschalleintrag vom Klavier in das Gebäude spielt.

Anhand eines Beispiels werden Messungen zur Bestimmung des Körperschall- und des Luftschallanteils beschrieben. In einem Mehrfamilienhaus steht im zweiten Obergeschoss ein Klavier, auf dem regelmäßig gespielt wird, und in den beiden Etagen darunter, welche durch eine große Deckenöffnung verbunden sind, befindet sich ein Wohnraum einer anderen Wohnung. Es handelt sich um einen Altbau von 1879, welcher vor wenigen Jahren saniert wurde. Die betreffende Wohnungstrenndecke, eine Holzbalkendecke mit Einschub, ist jedoch oberseitig ursprünglich belassen worden, also mit einer breiten Dielung ohne Nut und Feder. Lediglich unterseitig wurde sie mit einer zusätzlichen Gipskartonschale versehen.



**Abbildung 1:** Holzbalkendecke (Schnitt, von oben nach unten: Dielung, Holzbalken und Einschub, Schalung und Putz, Gipskarton auf Latten) sowie Lastverteilplatte auf Holzweichfaserplatte, elastischer Untersetter und Klavier (nichtmaßstäbliche Skizze)

Das Klavier ist ein sehr großes und schweres Modell, jedoch kein Flügel. Es wurde etwa 1907 gebaut und vor wenigen Jahren überholt. Die akustische Anlage und auch die Mechanik sind in einem guten Zustand. Aufgrund seines hohen Gewichtes und der Beschaffenheit des Fußbodens, steht das Klavier auf einer 30 mm dicken Lastverteilplatte (Multiplex Birke, siehe Abb. 1), welche etwas größer ist, als die Standfläche des Klaviers. Um Effekte abzumildern, welche sich eventuell durch die Aufstellung des Klaviers nah an der Zimmerwand ergeben, wurde es für einen Teil der Messungen schräg gestellt, soweit dies auf der Lastverteilplatte möglich war.

## Theorie

Um den Körperschallanteil einer Schallquelle in einer gegebenen Anordnung zu bestimmen, kann man die Schallpegeldifferenzen zwischen dem Raum mit der Schallquelle und einem anderen Raum zum einen bei Betrieb dieser Schallquelle und zum anderen bei Betrieb einer ausschließlich Luftschall abstrahlenden Schallquelle messen und miteinander vergleichen. Ergeben sich identische Schallpegeldifferenzen, dann ist daraus abzuleiten, dass kein maßgeblicher Körperschallanteil vorhanden ist. Unterscheiden sich die Differenzen beispielsweise um genau 3 dB (wobei die Differenz bei reiner Luftschallanregung natürlich größer sein muss), ist der Körperschallanteil so groß wie der Luftschallanteil.

Es sind hier  $L_{1Lspr}$  bzw.  $L_{1Kl}$  die mittleren Senderraumpegel bei Lautsprecher- bzw. Klavieranregung und  $L_{2Lspr}$  und  $L_{2Kl}$  die mittleren Empfangsraumpegel. Die Schallpegeldifferenzen werden entsprechend benannt:  $D_{Lspr}$  und  $D_{Kl}$ . Unter der Bedingung  $L_{1Lspr} = L_{1Kl}$  ergibt sich für den Schallpegel  $L_L$  aus der Luftschallübertragung im Empfangsraum:

$$L_L = L_{2Lspr} \quad (1)$$

Der Anteil des Körperschalls  $L_K$  ist dann (für  $L$  und  $D$  in dB):

$$L_K = L_{1Lspr} + 10 \cdot \log \left( \frac{10^{\frac{D_{Lspr}}{10}} - 10^{\frac{D_{Kl}}{10}}}{10^{\frac{D_{Kl}}{10}} \cdot 10^{\frac{D_{Lspr}}{10}}} \right) \quad (2)$$

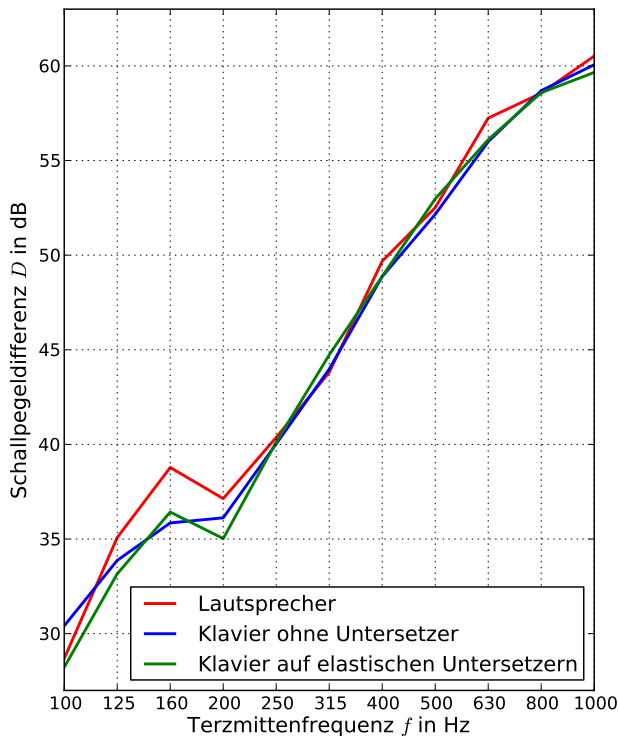
Vorausgesetzt wird noch, dass der Schallpegel im Senderraum nicht durch Körperschallanregung von Bauteilen durch das Klavier beeinflusst wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Messung der Schallpegeldifferenzen mit und ohne eine den Körperschall mindernde Maßnahme. Die sich durch die Maßnahme ergebende Schallpegelminderung lässt auf den Körperschallanteil schließen. Hier wurde auch dies untersucht.

## Messungen

Die Messungen gemäß DIN EN ISO 140-4 [1] erfolgten in beiden Räumen gleichzeitig über eine Messzeit von jeweils 20 Sekunden. Für drei verschiedene Anregungsarten (Dodekaeder-Lautsprecher mit Rosa Rauschen, Klavier ohne und mit elastischen Untersetzern) wurde in beiden Räumen an etwa 12 Mikrofonpositionen jeweils das Terzspektrum des Schalldruckpegels ermittelt. Die Anregungen mittels Lautsprecher und Klavier ohne Untersetter wurden abgewechselt, sodass die Mikrofonpositionen beider Messserien identisch sind. Die beiden Lautsprecherpositionen lagen im Raum des Klaviers in einer Höhe

über dem Boden von mindestens 1,7 m. Die Schallpegeldifferenzen ergeben sich je Anregungsart aus den mittleren Sende- und Empfangsraumpegeln.



**Abbildung 2:** Schallpegeldifferenzen zwischen dem Raum mit dem Klavier und dem Raum darunter bei verschiedenen Anregungsarten

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Diagramm (Abb. 2) zeigt, dass im untersuchten Fall und im dargestellten Frequenzbereich der Körperschallanteil im Wesentlichen keine Rolle spielt. Bei Frequenzen unterhalb von 250 Hz ist aber doch eine höhere Schallpegeldifferenz für reine Luftschallanregung erkennbar, woraus auf einen Körperschallanteil zu schließen wäre. Allerdings wird dies durch den Verlauf der Kurven für das Klavier mit und ohne elastische Untersetzer nicht bestätigt. Messungen der Schwingbeschleunigung unterhalb und oberhalb der elastischen Lagerung, also auf der Lastverteilplatte und am Klavier, zeigten bei Stoßanregung eine Spitze im FFT-Spektrum bei etwa 20 Hz, welche stärker am Klavier auftrat und deswegen als die Eigenfrequenz der Lagerung angenommen wird. Die Eigenfrequenz der Decke war bei etwa 10 Hz erkennbar durch eine Spitze mit gleicher Amplitude an der Lastverteilplatte und am Klavier. Im hier dargestellten Frequenzbereich von 100 Hz bis 1 kHz wird deshalb eine gewisse Körperschalldämmung vermutet.

Natürlich sind die Messergebnisse fehlerbehaftet, besonders bei tiefen Frequenzen. Der Bereich unterhalb von 100 Hz wird deswegen hier nicht betrachtet, wie auch die Terzbänder oberhalb von 1000 Hz, wo nicht genügend Anregung durch das Klavier vorhanden war. Sofern die Unterschiede zwischen den einzelnen Anregungsarten in

der Größenordnung der Messunsicherheit liegen, kann der Körperschallanteil, der dann vermutlich viel kleiner als der Luftschallanteil ist, nicht genau bestimmt werden. Dass die Schallpegeldifferenzen für die gerade Aufstellung des Klaviers vor der Wand tendenziell größer sind als für die schräge Aufstellung, deutet auf systematische Fehler hin. Die Luftschallabstrahlung des Klaviers unterscheidet sich von der des Lautsprechers und entspricht natürlich nicht den Anforderungen der DIN ISO 140-4. Für die in Abbildung 2 dargestellten Schallpegeldifferenzen wurden jeweils die Schallpegel von beiden Aufstellvarianten gemittelt.

Zum besseren Verständnis und zur Einordnung der Ergebnisse wurden noch das bewertete Bau-Schalldämmmaß der Decke  $R'_w = 47$  dB und auch die bewerteten Norm-Trittschallpegel für den Dielenboden  $L'_{n,w} = 65$  dB und für die Lastverteilplatte  $L'_{n,w} = 59$  dB ermittelt [1][2][3][4]. Die ersten beiden Werte sind typisch für eine unsanierte Holzbalkendecke. Auffällig ist ein Dämmungseinbruch bei 200 Hz, vermutlich eine Resonanz des Deckenaufbaus (Unterdecke). Immerhin bewirkt die Lastverteilplatte eine Verbesserung der Trittschalldämmung um 6 dB. Leider konnte für die Versuche das Klavier nicht von der Platte genommen werden.

In dem hier betrachteten Fall überwiegt der Luftschallanteil des Klaviers deutlich den nicht genauer zu bestimmenden Körperschallanteil, weshalb eine Körperschallisolierung zu keiner relevanten Schallpegelminderung führt.

Der Autor dankt dem Ingenieurbüro cdf Schallschutz aus Dresden für die Ausleihe des Norm-Hammerwerks.

## Literatur

- [1] DIN EN ISO 140-4: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 4: Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden (ISO 140-4:1998); Deutsche Fassung EN ISO 140-4:1998
- [2] DIN EN ISO 140-7: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 7: Messung der Trittschalldämmung von Decken in Gebäuden (ISO 140-7:1998); Deutsche Fassung EN ISO 140-7:1998
- [3] DIN EN ISO 717-1: Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 717-1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 717-1:2013
- [4] DIN EN ISO 717-2: Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 2: Trittschalldämmung (ISO 717-2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 717-2:2013
- [5] Hunter, J. D.: Matplotlib: A 2D graphics environment. Computing In Science & Engineering 9 (2007), 90-95