

Zur Messung der Körperschalleistung auf Empfangsplatten

Albert Vogel¹, Volker Wittstock², Oliver Kornadt¹

¹ Bauhaus-Universität Weimar, E-Mail: albert.vogel@uni-weimar.de

² Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, E-Mail: volker.wittstock@ptb.de

Einleitung

Das Zwei-Plattenverfahren [1-3] (two-stage method) ist eine Methode zur Charakterisierung von Körperschallquellen. Ihr Vorteil ist das Vermessen der Körperschallquelle in ihrem späteren, eingebauten Zustand. Bei diesem Verfahren wird die zu charakterisierende Körperschallquelle auf eine schwere sowie eine leichte Empfangsplatte installiert und die eingeleitete Körperschalleistung über die Oberflächen-schnelle gemessen. Daraus können dann die charakteristischen Quellgrößen freie Schnelle, Kurzschlusskraft und Quellimpedanz bestimmt werden, wodurch eine Prognose der Körperschalleistung in beliebige plattenförmige Strukturen möglich wird.

Eine Grundvoraussetzung für die Anwendbarkeit des Zwei-Plattenverfahrens ist die Gleichheit der Körperschalleistung am Kraftereinleitungspunkt (KEP) sowie der eingespeisten Leistung in die Platte (Gl. 1).

$$P_{KEP} = P_{Platte} \quad [W] \quad (\text{Gl. 1})$$

$$|\underline{F}| \cdot |\underline{v}| \cdot \cos(\varphi_F - \varphi_v) = \omega \eta m \overline{v_{pl}^2}$$

F – Kraft
v – Schnelle
φ – Phasenverschiebung

ω – $2\pi f$; m – Plattenmasse
 η – Verlustfaktor
 $\overline{v_{pl}^2}$ – räumlich gemittelte, quadrierte Oberflächenschnelle

Doch wie genau stimmen beide Leistungen überein? Welchen Einfluss hat die Wahl der Messpunkte auf der Platte? Das folgende Paper liefert zur Beantwortung dieser Fragen einen Beitrag und qualifiziert und quantifiziert Abweichungen bei der experimentellen Bestimmung von Leistungen auf Empfangsplatten.

Messaufbau und Durchführung

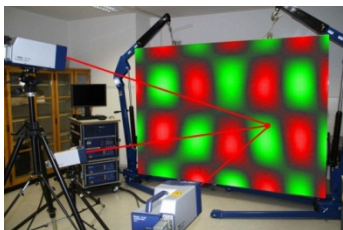


Abbildung 1: Messprinzip Oberflächenschnellemessung auf der Platte mit dem LDV, Visualisierung einer stehenden Biegewelle beispielhaft

Verschiedene frei hängende Platten werden von einem Shaker mit weißem Rauschen zum Schwingen angeregt. Am KEP wird die eingeleitete Leistung mit einem Impedanzmesskopf gemessen. Ein Laser-Doppler-Scanning Vibrometer (LDV) der Fa. Polytec misst über ein festgelegtes Messpunktraster die Oberflächenschnellen. Nach der Theorie für Messungen von Schallgrößen im Diffusfeld, sowohl beim Luftschall als auch beim Körper-

schall, ergeben sich für die Druck- bzw. Schnellemesspunkte bestimmte Bereiche, die vermieden werden und nicht in die räumliche Mittelung der Messwerte einfließen sollten. Dazu zählen das sogenannte Direktfeld der Quelle (Hallradius r_h , hier 40 cm) sowie der Randbereich des Raumes beim Luftschall bzw. der Bauteilkanten beim Körperschall (hier 40 cm zu den Plattenrändern).

Messergebnisse

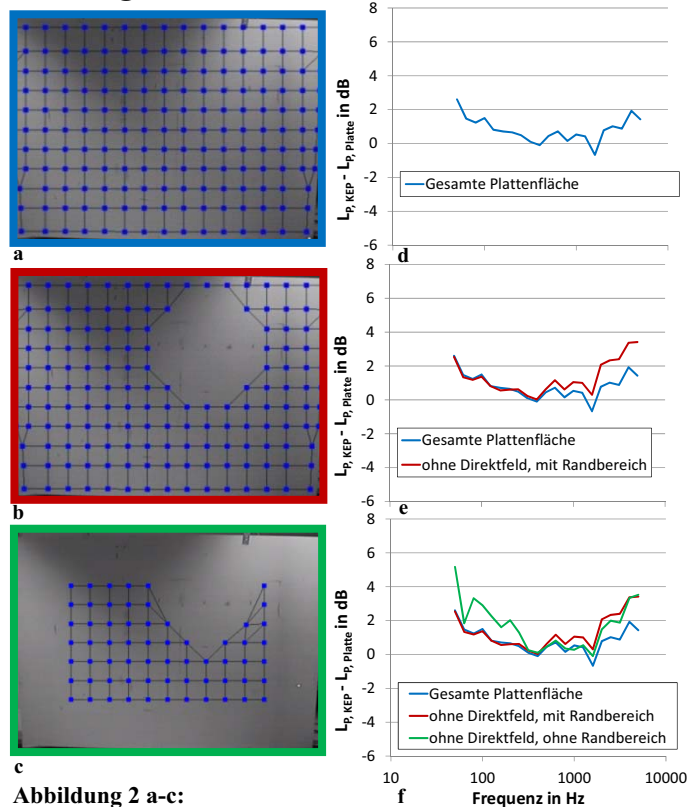


Abbildung 2 a-c:

LDV-Messraster auf Pressspanplatte 22mm

(a) über ganze Platte verteilt

(b) ohne Shaker-Direktfeld

(c) ohne Direktfeld und Randbereich

Abbildung 2 d-f:

Leistungsunterschiede

$L_{P,KEP} - L_{P,Platte}$ in Abhängigkeit vom Messraster für die Oberflächenschnellen

Die Abbildungen 2d,e,f zeigen die Differenzen zwischen der gemessenen Leistung am KEP und auf der Platte. Es wird eine Abhängigkeit der Leistungsermittlung vom Messraster für die Oberflächenschnellemessung (Abb. 2a,b,c) deutlich. In Abb. 2e zeigt sich die Frequenzabhängigkeit des Hallradius, was eine größere Leistungsdifferenz bewirkt. Für niedrige Frequenzen zeigt sich dagegen der Einfluss von Randeffekten (Abbildung 2f).

Randreflexionen

In Abb. 3 (Mittewert der Schnelle im 50 Hz Terzband pro Messpunkt) zeigt sich in den Plattenrändern eine erhöhte Energiedichte, was auf Schallreflexionen an den

Raubegrenzungsflächen, dem aus der Raumakustik bekannten und nach WATERHOUSE [4] benannten Phänomen, schließen lässt. Der Effekt der Randreflexionen wird vor allem für tiefe Frequenzen bedeutend (Abb. 4). Erforderlich für die Anrechnung der Randbereiche ist eine gleichverteilte Messpunktdichte der Oberflächenschnelle, damit keine Überbewertung einzelner Plattenbereiche erfolgt.

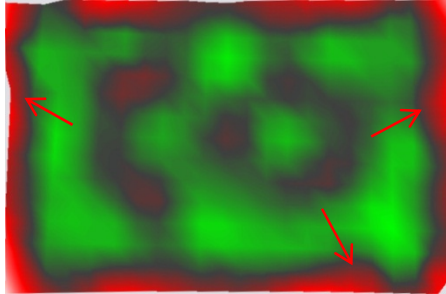


Abbildung 3: Schnelle auf Gipsfaserplatte $S=6 \text{ m}^2$, $d=22 \text{ mm}$, 50 Hz Terzband, gemittelt von 45 – 56 Hz, Randeffekte/ -reflexionen (rote Pfeile)

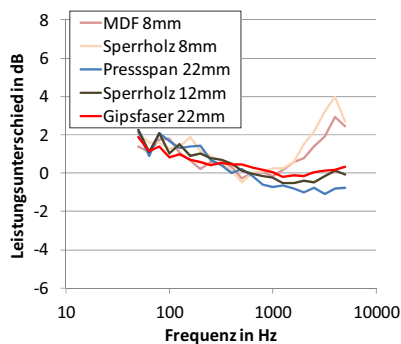


Abbildung 4: Differenzen zwischen den Leistungen auf der Platte MIT und OHNE Randpunkte

Korrektur für diffuse Schallfelder

Analog zur Korrektur für die Schalldruckmessung in Diffusfeldern bei der Raumakustik, kann die Korrektur auch auf den Körperschall übertragen werden, was von VORLÄNDER [5] vorgeschlagen wurde. WITTSTOCK [6] zeigte wie die Korrektur auf plattenförmige Bauteile angewendet werden kann. Dabei wird die Dämpfung der Biegewellenausbreitung in der Platte über die Absorptionslänge a berücksichtigt. Abb. 5 zeigt die berechneten Diffusfeld-Korrekturen für die untersuchten Platten. Im oberen Frequenzbereich steigen die Werte auf bis zu 4dB.

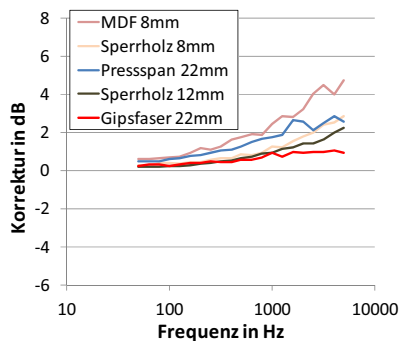


Abbildung 5: Korrekturterme nach VORLÄNDER für die untersuchten Empfangsplatten

Auswirkungen auf die Leistungsermittlung

Die auftretenden Leistungsunterschiede zwischen KEP und Platte schwanken vor den Korrekturen um 6 dB (Abb. 6a). Mit der Leistungskorrektur durch die Berücksichtigung der Randbereiche und der Korrektur nach Vorländer verringert sich diese Schwankung um gut 2 dB (Abb. 6b). Bei den 2 stärker abweichenden Empfangsplatten (MDF+Sperrholz je 8 mm) im oberen Frequenzbereich handelt es sich um sehr leichte Platten, deren Eigenschaften vor allem bei hohen Frequenzen von der angekoppelten Körperschallquelle beeinflusst werden und es somit zu Messabweichungen kommen kann.

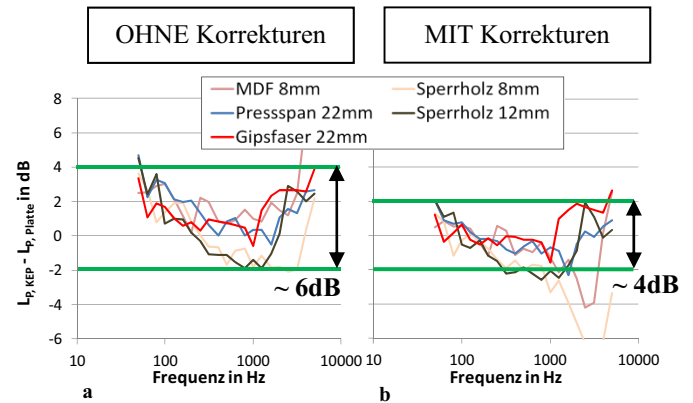


Abbildung 6a,b: Leistungsunterschiede KEP – Platte (a) OHNE und (b) MIT Rand- und Vorländerkorrektur

Zusammenfassung

Es wurde der Einfluss des Messpunktbereiches zur Messung der Oberflächenschnelle auf die Berechnung der Körperschallleistung untersucht. Anhand der visualisierten Oberflächenschnelle auf der Platte konnten Effekte in den Plattenrändern deutlich gemacht werden, deren Berücksichtigung zusammen mit der Korrektur nach VORLÄNDER für Körperschall zu einer genaueren Bestimmung der Leistung auf Empfangsplatten führt. Damit gewinnt die Charakterisierung einer Körperschallquelle mit dem Zwei-Plattenverfahren an Genauigkeit. Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, das mit seinem Förderprogramm innoprofile diese Arbeit ermöglicht hat.

Literatur

- [1] GIBBS, B.M.; QI, N. and MOORHOUSE, A.T.: A practical characterisation for vibro-acoustic sources in buildings. Acta Acustica united with Acustica, 2007
- [2] WITTSTOCK, V.: Characterisation of structure-borne sound sources in buildings by the two-stage reception plate method, INTERNOISE, 2010
- [3] VOGEL, A.: Charakterisierung von Körperschallquellen - Tauglichkeit der regulären Quellgrößen zur Anwendung der Körperschallprognose in plattenförmigen Strukturen, DAGA 2011
- [4] WATERHOUSE, R.V.: Interference patterns in reverberant sound fields“, J. Acoust. Soc. 1955
- [5] VORLÄNDER, M.: Revised Relation between the Sound Power and the Average Sound Pressure Level in Rooms and Consequences for Acoustic Measurements, Acustica 1995
- [6] WITTSTOCK, V., BIETZ, H.: Characterising sources of structure-borne sound by the two-stage method, NOVEM 2009