

# Druckkammer - einfaches Körperschallmessgerät für Bauakustikmessungen

D. Groß, R. Kurz

Kurz u. Fischer GmbH, Beratende Ingenieure, 71364 Winnenden und 06110 Halle

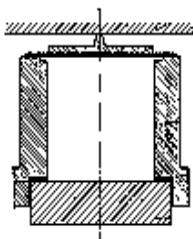
## 1. Einleitung

Bei Bauakustikmessungen sind neben der Bestimmung der Luftschalldämmung und des Trittschallpegels häufig auch die Kenntnis der Körperschallschwingungen auf den Bauteilen sinnvoll bzw. erforderlich, um z. B. im Rahmen der Ursachenforschung einen näheren Einblick in die Schallübertragungswege zu erhalten. Solche Körperschallmessungen zur Bestimmung der Biegeschwingungsamplituden erfolgen i. d. R. mit piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern. Die mechanische Ankopplung dieser Aufnehmer auf die zu untersuchenden Bauteile bereiten teilweise Schwierigkeiten und können nur mit erheblichem Zeitaufwand angebracht werden (siehe z. B. auch Entwurf DIN ISO 5348 [1]).

Alternativ dazu wird ein einfaches Körperschallmessgerät ("Druckkammer") vorgestellt, das als Vorsatz vor üblichen  $\frac{1}{2}$ "-Mikrofonen von Bauakustik-Meßsystemen angebracht werden kann und gegen das schwingende Bauteil gedrückt wird. Aufgezeigt wird der prinzipielle Aufbau dieser "Druckkammer" sowie anhand von Beispielen die Einsatzmöglichkeiten bei bauakustischen Messungen.

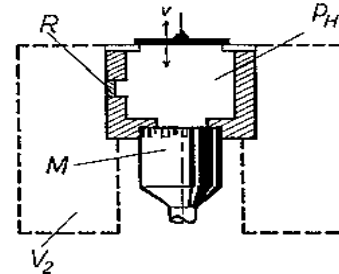
## 2. Funktionsprinzip

Bereits 1956 wurde von Prof. Gösele in [2] eine Druckkammer beschrieben, die dicht vor ein Kondensatormikrofon gesetzt wird. Die Druckkammer wurde dabei von einer auf einer Gummimembran elastisch gelagerten Metallscheibe mit einer kleinen Tastspitze abgeschlossen, die gegen das schwingende Bauteil gedrückt wird; siehe dazu die nachfolgende Prinzipskizze aus [2]:

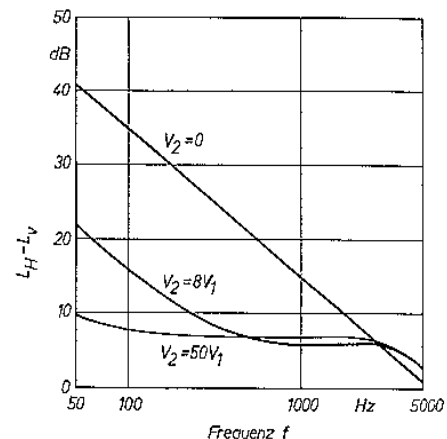


Der in der Druckkammer sich ausbildende Wechseldruck  $p$  ist proportional zum Schwingweg  $s$  des Bauteils. Dieser Aufbau hat den Nachteil, dass der in dem Hohlraum zwischen Gummimembran und Mikrofon hervorgerufene Schalldruck dem Schwingweg  $w$  und nicht der für Körperschallmessungen zu erfassenden Schwingungsschnelle  $v$  proportional ist. Um zu erreichen, dass der mit dem Mikrofon im Hohlraum der Druckkammer gemessene Wechseldruck  $p_H$  der Schwingungsschnelle des Bauteils (Gummimembran) proportional ist, wurde in [3] das Volumen der Druckkammer an eine Öffnung mit einem definierten Strömungswiderstand  $R$  angeschlossen. Dieser Aufbau der Druckkammer mit Strömungswiderstand  $R$  führt dazu, dass in einem breiten Frequenzbereich die Körperschallschnelle  $v$  und der mit dem Mikrofon erfasste Schalldruck im Hohlraum der Druckkammer proportional sind. Diese einfache Anordnung zur messtechnischen Erfassung der Schnelleschwingungen hat jedoch den Nachteil, dass die Druckkammer gegenüber störenden Geräuschen von außen empfindlich ist, so dass wegen dieser Luftschallempfindlichkeit die Druckkammer nur bei geringem Umgebungsgeräusch eingesetzt werden kann. Um dies zu entgehen wurde in [3] die Druckkammer mit einem zweiten Volumen  $V_2$  umschlossen, das mit dem Hohlraum der Druckkammer  $V_1$  nur über

den Strömungswiderstand  $R$  verbunden ist; siehe dazu die nachfolgende Prinzipskizze aus [3]:

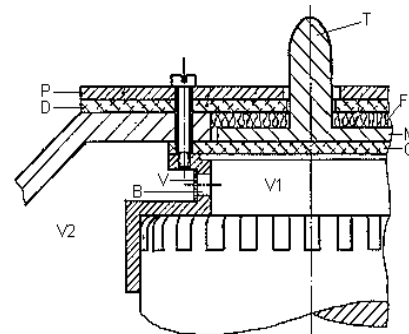


Bei Messungen ist dementsprechend darauf zu achten, dass im gesamten Frequenzbereich die gemessenen Schnellepegel auf dem Bauteil um mindestens 15 - 20 dB über den Schallpegeln durch Umgebungsgeräusche bei aufgesetzter, nicht angedrückter Druckkammer liegen. Nach [3] wird außerdem die Empfindlichkeit der Druckkammeranordnung durch das Volumenverhältnis  $V_2$  zu  $V_1$  bestimmt. Für ein Verhältnis von  $V_2 \approx 50 \cdot V_1$  ist für den Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3.000 Hz ein weitgehend linearer Verlauf zu erwarten; siehe dazu das nachfolgende Diagramm aus [3]:



## 3. Aufbau der Druckkammer

In dem nachfolgenden Detailbild ist der prinzipielle Aufbau der Druckkammer dargestellt (Zeichnung aus [3]):



Der Taststift  $T$  auf der Metallscheibe  $M$  wirkt über die Gummimembran  $G$  auf den Hohlraum  $V_1$  und überträgt den Wechseldruck aus den Schwingungsschnellen des Bauteils in

das Mikrofon M. Der Hohlraum  $V_1$  über dem Mikrofon ist über Bohrungen B mit vorgeseztem Vlies V als Strömungswiderstand R mit dem Volumen  $V_2$  verbunden. Zur Reduzierung der Luftschallempfindlichkeit der Anordnung ist die Metallscheibe M zusätzlich durch eine Platte P mit Gummidichtung D unter Zwischenlage einer Filzscheibe F abgedeckt.

#### 4. Kalibrierung der Druckkammer

Die Kalibrierung der Druckkammer erfolgt durch vergleichende Messungen mit einem piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmer mit nachgeschaltetem Ladungsverstärker (auf einwandfreie mechanische Ankopplung nach Entwurf DIN ISO 5348 [1] ist zu achten), der auf einen Schwingtisch oder auf ein entsprechendes Bauteil angebracht wird. Die Druckkammer wird entweder mit ihrer Tastschleife direkt an den Beschleunigungsaufnehmer, in unmittelbarer Nähe auf den Schwingtisch oder ggf. auf das Bauteil gedrückt. Aus dem Mittelwert mehrerer Messungen mit dieser Anordnung ergeben sich folgende frequenzabhängige (Druckkammer-)Korrekturen:

$$C_{DK}(f) = L_{VB}(f) - L_{VDK}(f)$$

- mit:  $C_{DK}$  ... Druckkammerkonstanten [dB]  
 $L_{VB}$  ... Schnellepegel durch piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmer [dB]  
 $L_{VDK}$  ... Schnellepegel durch Messung mit Druckkammer [dB]  
 $f$  ... Frequenz [Hz]

#### 5. Anwendungen in der bauakustischen Messpraxis

Die Druckkammer ist ein Instrument für Körperschallmessungen dessen Handhabung bei bauakustischen Messungen sehr einfach ist. In der Praxis wird die Druckkammer i. w. in folgenden Bereichen eingesetzt zur Überprüfung von:

- Direkt- und Längsdämmwerte von Bauteilen (z. B. Haus- und Wohnungstrennwände bzw. -decken, Außenwände)
- schalltechnische Eignung von Stoßstellen
- schwimmende Estriche auf Schallbrücken
- schalltechnische Eignung von Installationswänden hinsichtlich Hantiergeräusche (z. B. Anregung von Installationswänden mit Kleinhammerwerk System Gösele)
- usw.

Nachfolgend ein kleiner Ausschnitt von Messwerten, die mit Hilfe der Druckkammer im Rahmen von bauakustischen Messungen ermittelt werden können:

- Luftschallabstrahlung durch untersuchtes Bauteil im Empfangsraum:

$$L_{E_i} = L_{DK_i} + C_{DK} + 10 \cdot \lg \frac{S_i}{A} + 6 + 10 \cdot \lg \sigma$$

- Direktdämmung Trennbauteil:  
 $R_v = L_S - L_{DK,tr} - C_{DK} - 6 - 10 \cdot \lg \sigma$

- Längsdämmmaß:  
 $R_{L_{V_i}} = L_S - L_{DK,fl_i} - C_{DK} + 10 \cdot \lg \frac{S_{tr.}}{S_{fl_i}} - 6 - 10 \cdot \lg \sigma$

$$R_{V_{ges.}} = -10 \cdot \lg(10^{-R_v/10} + \sum_{i=1}^n 10^{-R_{L_{V_i}}/10})$$

- Trittschallpegel:

$$L_{N_i} = L_{DK_i} + C_{DK} + 10 \cdot \lg \frac{S_i}{A_0} + 6 + 10 \cdot \lg \sigma$$

- mit:  $L_E$  ... Luftschallanteil durch Bauteil im Empfangsraum [dB]  
 $L_{DK}$  ... Schnellepegel auf Bauteil [dB]  
 $C_{DK}$  ... Druckkammerkonstante [dB]  
 $S$  ... Fläche Bauteil im Empfangsraum [m<sup>2</sup>]  
 $A$  ... Absorptionsfläche im Empfangsraum [m<sup>2</sup>]  
 $\sigma$  ... Abstrahlgrad [-]  
 $R_v$  ... Direktdämmung Trennbauteil [dB]  
 $R_{L_{V,i}}$  ... Längsdämmmaß Bauteil [dB]  
 $L_{DK,fl,i}$  ... Schnellepegel auf Flankenbauteil [dB]  
 $S_{tr.}$  ... Fläche Trennbauteil [m<sup>2</sup>]  
 $L_{N,j}$  ... Trittschallpegel durch Bauteil i im Empfangsraum [dB]  
 $A_0$  ... Bezugsfläche  $A_0 = 10 \text{ m}^2$

#### Literatur

- [1] DIN ISO 5348 "Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern", Entwurf September 1997
- [2] Gösele, K.: "Ein einfaches Körperschallmessgerät für bauakustische Zwecke", VDI-Berichte Bd. 8 (1956) "Schall und Schwingungen in Festkörpern" S. 161/162
- [3] Gösele, K. und Gießelmann, K.: "Vereinfachte Bestimmung des Trittschallschutzmaßes von Massivdecken durch Körperschallmessungen", Fraunhofer-Gesellschaft, Institut für Bauphysik Stuttgart, Bericht BS 30/78