

Messung von Abwassergeräuschen im Prüfstand

L. Weber, W. Scholl

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, Institutsleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. K. Gertis

1 Einleitung

Messungen von Abwassergeräuschen im Prüfstand stellen ein wichtiges Hilfsmittel für die schalltechnische Planung und die Produktentwicklung dar. Da es bislang jedoch kein einheitliches Meßverfahren gab, war die Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht gewährleistet. Seit kurzem steht nun ein neues Meßverfahren zur Verfügung, das demnächst als europäischer Normentwurf erscheinen wird [1]. Wir erläutern die Grundzüge des neuen Verfahrens und berichten über erste Erfahrungen bei der praktischen Anwendung.

2 Grundlagen

Um einheitliche Meßergebnisse zu erhalten, erfolgen die Messungen in einer standardisierten Prüfeinrichtung nach einem genormten Verfahren. Da dies allein jedoch nicht ausreicht, wird außerdem eine Kalibrierung der Installationswand vorgenommen (genau genommen wird der Schallübertragungsweg vom Anregungsort zum Empfangsraum kalibriert.) Mit Hilfe der hierbei ermittelten Körperschallempfindlichkeit werden die gemessenen Schallpegel dann auf eine fiktive Referenzwand bezogen. Da sich die Meßwerte auch auf andere Bausituationen übertragen lassen, sofern diese zuvor kalibriert wurden, kann das Verfahren auch zur Vorhersage des Installations-Schallpegels verwendet werden.

3 Prüfaufbau und Meßverfahren

Der verwendete Prüfstand besteht im allgemeinen aus zwei Räumen, zwischen denen sich eine massive Installationswand befindet. Das zu prüfende Abwassersystem wird in praxistgerechter Weise an der Installationswand befestigt. Anschließend wird ein konstanter Wasserstrom durch das System geleitet und der resultierende Schallpegel in den Prüfräumen gemessen. Da Abwassersysteme in der Praxis von unterschiedlichen Wasserströmen durchflossen werden, erfolgt die Messung bei vier verschiedenen Durchflußmengen (0,5, 1,0, 2,0 und 4,0 l/s), die über einen standardisierten Rohrbogen in das Fallrohr eingeleitet werden. In Bild 1 ist die Meßanordnung schematisch dargestellt:

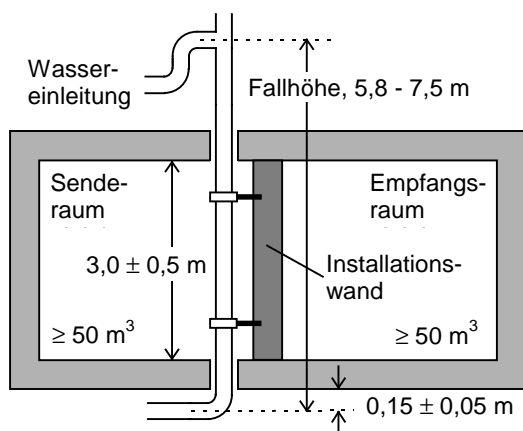


Bild 1 Skizze des Meßaufbaus.

Die Installationswand besteht aus massivem ungelochtem Mauerwerk mit einer flächenbezogenen Masse von $250 \pm 50 \text{ kg/m}^2$. Der Meßaufbau ist so ausgelegt, daß eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erreicht wird [2], [3].

4 Meßgrößen

Abwassersysteme erzeugen sowohl Luft- als auch Körperschall (Luftschallabstrahlung in den Senderraum und Körperschalleinleitung in die Installationswand). Da diese beiden Geräuschanteile je nach Einbausituation in unterschiedlichem Maße zum Installations-Schallpegel beitragen, werden sie bei der Messung getrennt erfaßt. Die Messung erfolgt frequenzabhängig in den Terzen von 100 Hz bis 5 kHz. Um Raumeinflüsse auszuschalten, werden die gemessenen Schallpegel durch Addition des Ausdrucks $10 \lg(A/A_0)$ auf eine äquivalente Schallabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$ bezogen (A ist die Schallabsorptionsfläche des Meßraums). Der hierdurch entstehende normierte Schalldruckpegel entspricht bis auf einen Unterschied von 4 dB dem in den Meßraum eingeleiteten Schalleistungspegel. Die Fremdgeräuschkorrektur des Meßsignals erfolgt nach DIN EN 20140-3.

5 Durchführung und Auswertung der Messungen

Ziel der Messungen ist es, die beiden folgenden Geräuschanteile zu ermitteln: Luftschallanteil im Senderraum $L_{1,LS}$ und Körperschallanteil im Empfangsraum $L_{2,KS}$ (siehe Bild 2).

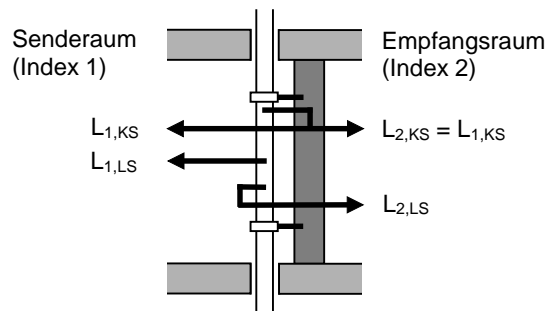


Bild 2 Schematische Darstellung der vorhandenen Geräuschanteile (KS = Körperschall, LS = Luftschall).

Da die einzelnen Geräuschanteile nicht direkt gemessen werden können, müssen sie aus den ermittelten Meßwerten berechnet werden. Um die hierfür erforderlichen Ausgangsdaten zu erhalten, werden zunächst die Schallpegel im Sende- und Empfangsraum, $L_{1,closed}$ und $L_{2,closed}$, gemessen (die Bezeichnung closed weist darauf hin, daß die Messung bei geschlossenen Rohrschellen erfolgt). Anschließend werden die Rohrschellen geöffnet, so daß die Körperschallübertragung in die Installationswand unterbrochen wird. Der in diesem Zustand gemessene Empfangsraumpegel, $L_{2,open}$, enthält daher nur noch den Luftschallanteil des Meßsignals. Die maßgebenden Geräuschanteile, $L_{1,LS}$ und $L_{2,KS}$, werden dann in folgender Weise berechnet:

$$L_{2,KS} = L_{2,closed} \ominus L_{2,open}, \quad (1)$$

$$L_{1,LS} = L_{1,closed} \ominus L_{2,KS}, \quad (2)$$

wobei das Zeichen \ominus als Abkürzung für die energetische Differenz der Pegel dient. Im weiteren Verlauf der Auswertung wird dann der Körperschallanteil der Abwassergeräusche gemäß

$$L_{2,KS,ref} = L_{2,KS} - L_{\alpha,I} + L_{\alpha,R} \quad (3)$$

auf eine fiktive Referenzwand mit einer flächenbezogenen

Masse von 250 kg/m^2 bezogen. In dieser Gleichung bezeichnen $L_{\alpha,I}$ und $L_{\alpha,R}$ die Körperschallempfindlichkeitspegel der Installationswand und der Referenzwand (siehe Bild 3). Zur Berechnung von Einzulangaben werden die nach den Gleichungen 2 und 3 ermittelten Terzspektren A-bewertet und durch energetische Summation zu Gesamtschallpegeln zusammengefaßt.

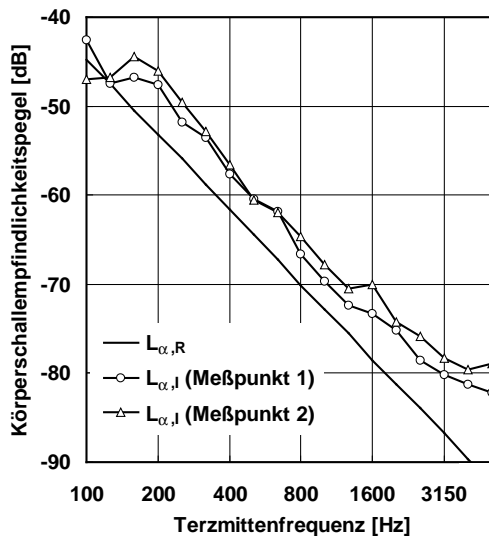


Bild 3 Körperschallempfindlichkeitspegel der Referenzwand und einer Installationswand mit 220 kg/m^2 , $L_{\alpha,R}$ und $L_{\alpha,I}$, als Funktion der Frequenz f . Für die Referenzwand gilt: $L_{\alpha,R} = \{-28 \lg(f [\text{Hz}]) + 11,2\} \text{ dB}$.

6 Kalibrierung der Installationswand

Die Kalibrierung der Installationswand dient zur Ermittlung der Körperschallempfindlichkeit α , die als Maß für die Schallübertragung bei punktförmiger Krafteinleitung anzusehen ist. Die einfachste Methode zur Bestimmung von α ist das Reziprozitätsverfahren, bei dem der Empfangsraum mit einem Lautsprecher angeregt und die resultierende Körperschallschnelle an der Einleitungsstelle der Kraft (dies ist im vorliegenden Fall die Befestigungsstelle der Rohrschelle) gemessen wird [4]. Für den Körperschallempfindlichkeitspegel $L_{\alpha} = 10 \lg(\alpha) \text{ dB}$ ergibt sich auf diese Weise folgender Ausdruck:

$$L_{\alpha} = L_v - L_w + [10 \lg(V/T) - 25] \text{ dB.} \quad (4)$$

Hierbei ist L_v der gemessene Schnellepegel (bezogen auf $v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$), L_w der Schalleistungspegel des Lautsprechers, V das Empfangsraumvolumen in m^3 und T die Nachhallzeit in s.

Die Anwendung des Reziprozitätsverfahrens ist an bestimmte Voraussetzungen gebunden. So wird z. B. davon ausgegangen, daß im Empfangsraum ein diffuses Schallfeld herrscht und daß die einwirkende Wechselkraft nur an einem Punkt senkrecht zur Wand angreift. Dies ist in der Praxis nur näherungsweise erfüllt. Da Abwassersysteme an mehreren Stellen der Installationswand befestigt werden, bleibt nur die Möglichkeit, die Befestigungspunkte einzeln zu kalibrieren und die gemessenen L_{KE} -Werte energetisch zu mitteln. Die durchgeführten Voruntersuchungen deuten darauf hin, daß die hierbei entstehenden Fehler in vertretbarem Rahmen bleiben [4].

7 Meßergebnisse

Meßergebnisse für ein typisches Abwassersystem sind in Bild 2 dargestellt. Es handelt sich um ein System aus

Kunststoff, das an einer 220 kg/m^2 schweren Installationswand befestigt und mit einem Durchfluß von $2,0 \text{ l/s}$ betrieben wurde. Während der Luftschallanteil zu hohen Frequenzen hin ansteigt, zeigt der Körperschallanteil - in Übereinstimmung mit der gemessenen Körperschallempfindlichkeit - ein gegenläufiges Verhalten. Bei der Übertragung auf die Referenzwand vermindert sich der A-bewertete Gesamtschallpegel des Körperschallanteils um $2,7 \text{ dB(A)}$. Die rechnerische Trennung der Geräuschanteile verändert die Ausgangswerte nur unwesentlich. Es fragt sich daher, ob der hierfür erforderliche erhöhte Meßaufwand (Messung bei offenen Rohrschellen) in der Praxis immer sinnvoll ist, zumal störungsfreie Messungen bei offenen Rohrschellen wegen des niedrigen Geräuschpegels häufig nicht möglich sind.

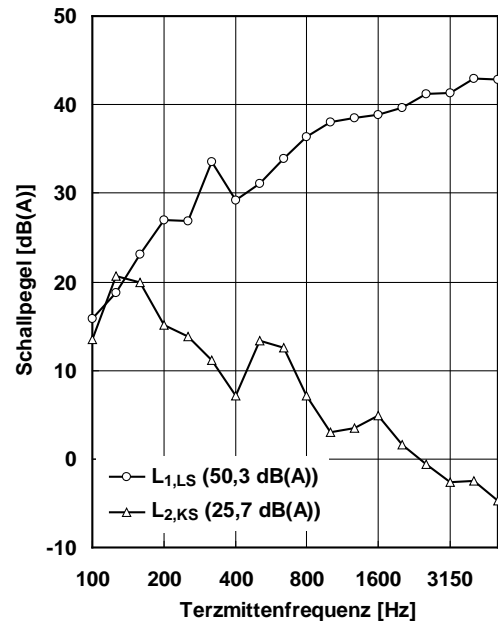


Bild 4 Körperschall- und Luftschallanteil, $L_{1,LS}$ und $L_{2,KS}$, von Abwassergeräuschen als Funktion der Frequenz. In Klammern ist jeweils der A-bewertete Gesamtschallpegel angegeben.

8 Zusammenfassung

Das neue Meßverfahren stellt insofern einen großen Fortschritt dar, als es einheitliche und reproduzierbare Messungen von Abwassergeräuschen ermöglicht. Die ersten Erfahrungen bei der praktischen Anwendung sind insgesamt positiv. Bei der Trennung der Geräuschanteile und der Kalibrierung der Installationswand bestehen jedoch noch Unklarheiten. Hier müssen noch weitere Erfahrungen gesammelt und vergleichende Messungen durchgeführt werden.

9 Literatur

- [1] CEN/TC 126/WG 7, document N 343 (Dez. 1999): Laboratory measurement of noise from waste water installations.
- [2] Forschungsbericht B-BA 3/1998 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik: Meßverfahren für die Geräuschzeugung von Abwasserinstallationen (1998).
- [3] Scholl, W.: Neues europäisches Labormessverfahren für Abwassergeräusche, Bauphysik 20 (1998), Heft 6, S. 246 - 253.
- [4] Focke, K.: Kalibrierung von Meßwänden unter Anwendung des Reziprozitätsprinzips zur Kennzeichnung von Körperschallquellen, Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik (1999).