

# Warum entspricht die am Bau gemessene Luftschalldämmung oft nicht den Erwartungen?

Von Kühn + Blickle, Institut für Lärmschutz, Unterägeri ZG

In den letzten Jahren ist viel über das Thema «Luftschalldämmung» geschrieben worden. Beim Studium dieser Literatur stellt man jedoch fest, dass sich die meisten Arbeiten auf ein einzelnes Element wie Trennwand, Fenster usw. beschränken. Das Problem der zu erreichenden Luftschalldämmung eines aus mehreren Elementen aufgebauten Systems ist, auch für den Nicht-Akustiker in verständlicher Form noch zu wenig behandelt worden. — In den nachfolgenden Ausführungen wird versucht, das äusserst vielschichtige Problem der Luftschallübertragung zwischen zwei Räumen möglichst einfach darzustellen, so dass der Leser imstande sein wird, die oben gestellte Frage bei jeder in der Praxis vorkommenden Situation selber zu beantworten.

## Luftschallübertragung über einzelne Elemente und daraus zusammengesetzte Systeme

Eine allgemein verständliche Darstellung der Luftschallübertragung über ein aus einzelnen Elementen zusammengesetztes Übertragungssystem kann anhand zweier Wasserbehälter gegeben werden, die durch eine Anzahl verschieden dicker Rohre miteinander verbunden sind.

In der schematischen Darstellung auf dieser Seite stellen die beiden Behälter 1 und 2 den Sende- bzw. Empfangsraum dar. Die Wassermenge bzw. das Wasserniveau im Behälter 1 entspricht dabei

dem im Senderaum erzeugten Luftschallpegel. Es wird vorausgesetzt, dass das Wasserniveau im Behälter 1 konstant gehalten wird. Die vom Behälter 1 zum Behälter 2 transportierte Wassermenge hängt nebst der Wasserhöhe im Behälter 1 von der Anzahl Rohre und deren Durchmesser ab (Durchmesser und Fliessgeschwindigkeit ergeben zusammen einen bestimmten Widerstand  $R$ , der das Wasser auf seinem Weg vom Behälter 1 in den Behälter 2 am Fliesen hindert). Es ist nun sofort einleuchtend, dass bei einer grossen Anzahl Rohre die übertragene Wassermenge grösser ist als bei einer geringen Anzahl Rohre.

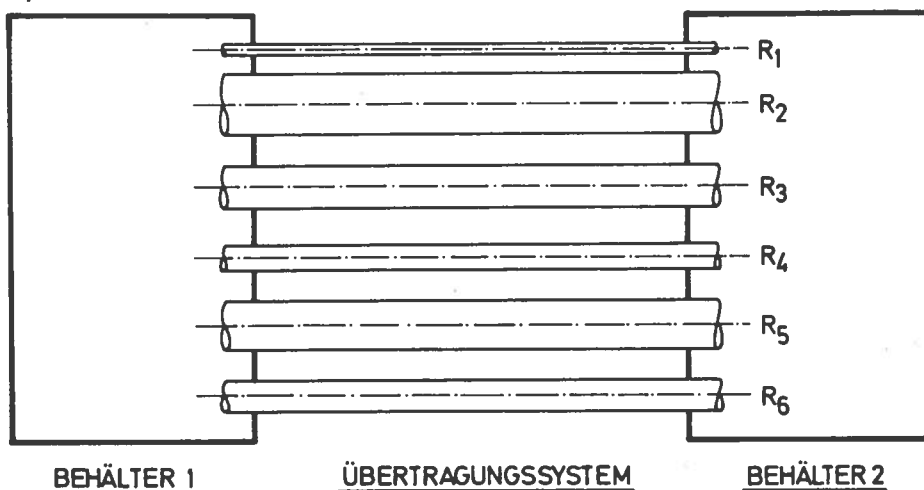
Nehmen wir an, dass die beiden Behälter durch gleich lange und gleich dicke Rohre miteinander verbunden sind. In einem solchen Fall wird durch ein Rohr die Wassermenge  $Q$  transportiert. Zwei Rohre desselben Systems transportieren die Menge  $2 Q$ , drei Rohre befördern  $3 Q$  usw. Die gleichen Verhältnisse ergeben sich bei der Schallenergieübertragung vom Senderaum (Behälter 1) in den Empfangsraum (Behälter 2) über ein Übertragungssystem, das aus einer Anzahl Elementen bzw. Leitern besteht. Solche Elemente sind zum Beispiel die gemeinsame Trennwand zwischen Sende- und Empfangsraum, der unter der Trennwand durchgezogene Unterlagsboden, die abgehängte Decke, die rechtwinklig an die Trennwand anschliessende Korridorwand und Fassade, ein möglicherweise von einem Raum zum andern durchgehender Lüftungskanal usw. Jedes einzelne dieser Elemente bzw. Rohre

überträgt je nach seinem Widerstand  $R$  eine bestimmte Menge an Schallenergie bzw. Wasser vom Raum 1 in den Raum 2. Je grösser der Widerstand eines Elements ist, desto weniger trägt es zur übertragenen Menge bzw. Leistung des Systems bei.

Im praktischen Fall, das heisst am ausgeführten Bau, überträgt jedes einzelne Element bzw. Bauteil eine kleinere oder grössere Menge an Schallenergie. Anders hingegen liegen die Verhältnisse im Labor. Dort ist im Normalfall immer nur ein Element bzw. Bauteil für die Schallübertragung vom Sende- in den Empfangsraum massgebend. Dies soll wiederum anhand des Schemas erklärt werden. Im Labor interessiert normalerweise die Frage, welche Energiemenge jedes Bauteil bzw. Rohr von einem Raum zum andern für sich allein überträgt. Will man nun z.B. die transportierte Wassermenge vom Behälter 1 in den Behälter 2 über das Rohr 2 ohne den Einfluss der übrigen Rohre messen, so hat man lediglich die Rohre 1, 3, 4, 5 und 6 mittels eines Korkens abzudichten. Aufgrund dieser so ermittelten Wassermenge lässt sich dann relativ einfach der Widerstand  $R_2$  des interessierenden Rohres errechnen.

Das gleiche Messverfahren verwendet man im Prinzip im Prüflabor zur Bestimmung der Luftschalldämmung von einzelnen Bauelementen. Ganz so einfach wie bei den Rohrversuchen ist es hier allerdings nicht. Die einzelnen Elemente des Wand- oder Fensterprüfstands müssen so aufgebaut sein, dass die über sie vom Sende- in den Empfangsraum übertragene Schallenergie vernachlässigbar klein ist im Vergleich zur Energie, die über das interessierende Wand- bzw. Fensterelement transportiert wird. Man erreicht das normalerweise derart, dass sämtliche an das interessierende Wandelement anstossenden Bauteile (Decke, Boden und Längswände) mit biegeweichen Vorsatzschalen verkleidet werden.

## Analogon zur Luftschallübertragung über ein aus Elementen zusammengesetztes System



Es soll nochmals betont werden, dass die im Labor ermittelte Luftschalldämmung ausschliesslich durch das zu prüfende Element bestimmt wird, im Gegensatz zum praktischen Fall am ausgeführten Bau, wo ein ganzes System aus einzelnen Elementen die Luftschalldämmung bestimmt. Diese Tatsache sollte man sich bei der Planung stets vor Augen halten. Man darf also nie erwarten, dass die im Labor ermittelte Luftschalldämmung eines Bauteils mit der am Bau gemessenen Luftschalldämmung identisch ist.

Nach diesen allgemein gehaltenen Ausführungen soll im folgenden anhand einiger Beispiele erläutert werden, welche Unterschiede in der Luftschalldämmung

zwischen Labormessungen und Messungen am ausgeführten Bau auftreten können.

#### Beispiel 1

Bei einer Kontrollmessung in einem neu erstellten Bürogebäude in Skelettbauweise mit einem Ausbau in Leichtbauweise ergab sich die Luftschalldämmung zwischen zwei benachbarten Büroräumen zu  $R_w = 39$  dB. Es stellte sich dann die Frage, warum die Dämmung so gering ausfiel, da doch Trennwände mit einer im Labor ermittelten Luftschalldämmung von  $R_w = 48$  dB montiert worden waren. Eine Analyse ergab folgendes Schallübertragungssystem:

- Übertragungselemente 1: doppelschalige Leicht-Trennwand,  $R_{w1} = 48$  dB
- Übertragungselement 2: abgehängte Decke,  $R_{w2} = 48$  dB
- Übertragungselement 3: Fassade,  $R_{w3} = 52$  dB
- Übertragungselement 4: Korridorwand,  $R_{w4} = 49$  dB
- Übertragungselement 5: schwimmender Unterlagsboden,  $R_{w5} = 42$  dB
- Übertragungselement 6: Kabelkanal entlang Fassade,  $R_{w6} = 50$  dB.

Eine energetische Addition der Widerstände  $R$  der sechs Übertragungselemente ergibt für das gesamte System einen Wert von  $R_w = 39$  dB, obwohl eine Wand mit einem Wert von  $R_{w1} = 48$  dB (gemäss Labormessung) verwendet wurde. Wie weiter oben ausführlich behandelt wurde, wird ja im Labor die Luftschalldämmung der Trennwand allein ermittelt (Wasserfluss vom Behälter 1 in den Behälter 2 nur über Rohr 1), wogegen am ausgeführten Bau zusätzliche Übertragungselemente (vergleiche mit der Skizze, Rohre 2, 3, 4, 5 und 6) hinzukommen. Jedes einzelne Element bzw. Rohr überträgt für sich eine kleine Menge an Energie, so dass die Summe der übertragenen Energie grösser ist als der im Labor ermittelte Schallenergiefluss. Mit anderen Worten, die im Bau ermittelte Luftschalldämmung liegt wegen der zusätzlichen Übertragungselemente unter der im Labor ermittelten Dämmung. Möchte man nun am ausgeführten Bau eine Luftschalldämmung in der Grössenordnung der Laborwerte erreichen, so müssen die Dämm-Masse  $R_w$  der einzelnen Elemente 2 bis 6 mindestens 10 dB über dem Wert des Elements «Trennwand» liegen. Derart hohe Dämmungen ( $R_w = 58$ – $60$  dB) sind kaum mehr realisierbar. Infolge der immer vorhandenen Nebenwegübertragung über die Elemente 2 bis 6 ergibt sich bei einem in Leichtbauweise erstellten Bau die obere Gren-

ze der noch realisierbaren Luftschalldämmung zu  $R_w = 50$ – $52$  dB in horizontaler Richtung und  $R_w = 56$ – $58$  dB in vertikaler Richtung (übereinanderliegende Räume). Bei in Massivbauweise erstellten Gebäuden liegt diese Grenze normalerweise bei  $R_w = 56$ – $58$  dB.

Diese Grenzwerte gelten unabhängig von der Luftschalldämmung der verwendeten Leichtbauwand.

#### Beispiel 2

In einem weiteren Beispiel soll gezeigt werden, wie gross der Schalldämmunterschied zwischen Labor und Bau ein und desselben Elements sein kann. Bei einer Überprüfung der Luftschalldämmung zwischen zwei Dachgeschosszimmern zweier Reiheneinfamilienhäusern ergab sich ein bewertetes Schalldämm-Mass von  $R_w = 45$  dB. Eine Analyse ergab folgendes Bild für des Übertragungssystem:

- Übertragungselement 1: Haustrennwand aus einem doppelschaligen Mauerwerk,  $R_{w1} = 58$  dB (Betondeckplatte und Fassadenmauerwerk waren im Bereich der Haustrennwand unterbrochen)
- Übertragungselement 2: über die Haustrennwand hinweg gehender Dachhohlraum (mit Mineralwolle bedämpft),  $R_{w2} = 58$  dB
- Übertragungselement 3: von den Dachsparren abgehängte und vom Sende- in den Empfangsraum durchgehende Holzschalung (Körperschallmessungen),  $R_{w3} = 46$  dB
- Übertragungselement 4: Pfetten vom Sende- in den Empfangsraum durchgezogen (Körperschallmessungen),  $R_{w4} = 52$  dB.

Eine energetische Addition der Schalldämm-Masse  $R_w$  der vier Übertragungselemente ergibt für das gesamte Leitungssystem einen Wert von  $R_w = 45$  dB. Solche und ähnliche Fälle gehören zur täglichen Praxis eines Akustikers. Durch eine akustisch richtige Auslegung der verschiedenen Bauelemente und eine sorgfältige Bauausführung lassen sich Fehlschläge dieser Art verhindern.

#### Beispiel 3

Ein häufiger Fall, der zu Klagen führt, ist die ungenügende Luftschalldämmung von Wohnungsabschlussüren. Gemäss einer Ausschreibung hat die Luftschalldämmung einer Wohnungstür  $R_w = 40$  dB zu betragen. Ob es sich dabei um die Dämmung der betriebsfertigen Türen

handelt oder nicht, geht aus der Ausschreibung nicht hervor. Nachdem die Wohnung bezogen worden ist, wird veranlasst durch Klagen der Mieter, eine Luftschalldämmungsmessung angeordnet. Das bewertete Schalldämm-Mass der betriebsfertigen Wohnungstür ergibt sich zu  $R_w = 30$  dB. Warum ist die Dämmung so gering ausgefallen? Eine Analyse des Übertragungssystems ergibt:

- Übertragungselement 1: Türblatt alleine,  $R_{w1} = 43$  dB (gemäss Labormessung; im Labor werden die umlaufenden Fugen zwischen Türblatt und Prüföffnung normalerweise mit Kitt abgedichtet)
- Übertragungselement 2: Holzzarge,  $R_{w2} = 45$  dB
- Übertragungselement 3: einfache Lippendichtung seitlich und oben,  $R_{w3} = 39$  dB
- Übertragungselement 4: Senkschwelldichtung auf Hohlflachschiene aufliegend, Teppich unter Hohlflachschiene durchgezogen,  $R_{w4} = 31$  dB.

Eine energetische Addition der Dämm-Masse der vier Übertragungselemente ergibt ein bewertetes Schalldämm-Mass für die betriebsfertige Tür von  $R_w = 30$  dB. Die Analyse zeigt also einmal mehr, dass eine den Erwartungen entsprechende Luftschalldämmung nur erreicht wird, wenn jedem einzelnen Übertragungselement die gleiche Aufmerksamkeit geschenkt wird. Weiter sollte man sich immer vergewissern, ob sich die in einem Prüfzeugnis oder Prospekt angegebenen Schalldämm-Masse  $R$  auf das Türblatt im eingekitteten Zustand oder auf dem betriebsfertigen Zustand beziehen. Das gleiche gilt auch für Fenster, Schiebetüren, demontable Trennwände usw.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass es keinen Sinn hat, ein ausgesprochen gut schalldämmendes Türblatt zu verwenden, solange nicht die anderen Übertragungselemente gleichermassen schalldämmend ausgeführt sind. Zur Verhinderung von allzu grossen Enttäuschungen sollten daher immer nur Prospektunterlagen oder ähnliches konsultiert werden, welche die Schalldämmung betriebsfertiger Türen, Fenster usw. beinhalten.

#### Beispiel 4

Als letztes Beispiel soll dargestellt werden, wie sich die Luftschalldämmung einer doppelschaligen Leichtbauwand, die gemäss Laboruntersuchungen ein bewertetes Schalldämm-Mass von  $R_w =$

52 dB aufweist, am ausgeführten Bau verhält. Sie besteht im wesentlichen aus einem Ständerwerk aus Holz, das beidseitig mit Schalen aus 19 mm dicken Holzspanplatten verkleidet ist. Die Spanplatten sind hohlraumseitig mit punktuweise aufgetragenen Holzfasertafeln versehen. Die Befestigung der Schalen am Ständerwerk erfolgte punktuweise über runde Unterlagsplättchen. Der Hohlraum wurde mit Mineralfaserfilz gefüllt.

Bei der Labormessung wurde die Dichtung gegen die flankierenden Bauteile (Boden, Wände und Decke aus 250 mm dickem Stahlbeton, glatt abgezogen) mit leicht komprimierbaren Schaumstoffstreifen realisiert. Der Einbau der Trennwand im Labor wurde mit grösster Sorgfalt durchgeführt, so dass eine möglichst hohe Dämmung erzielt wird. Die selbe Wand wurde alsdann in einem Massivbau unter Termindruck eingebaut. Die messtechnische Kontrolle der Luftschalldämmung ergab ein Schalldämm-Mass von  $R_w = 45$  dB, also einen um 7 dB kleineren Wert, als man sich aufgrund des Prüfberichts erhofft hatte. Die Analyse für die verschiedenen Elemente ergab:

- Übertragungselement 1: doppelschalige Leichtbauwand ohne Einfluss der Anschlussfugen (ermittelt aus Körperschallmessungen),  $R_{w1} = 52$  dB
- Übertragungselement 2: Anschlussfugen zwischen Leichtbauwand und

angrenzenden bzw. flankierenden Bauteilen (ermittelt aus Luftschallmessungen im Nahbereich der Fugen),  $R_{w2} = 48$  dB

- Übertragungselement 3: Boden in Form einer glatt abgezogenen Stahlbetonplatte, Dicke 180 mm,  $R_{w3} = 58$  dB
- Übertragungselement 4: Decke, Aufbau wie Boden,  $R_{w4} = 58$  dB
- Übertragungselement 5: Fassade aus Isomodul-Mauerwerk, beidseitig verputzt,  $R_{w5} = 54$  dB
- Übertragungselement 6: Korridorwand aus 200 mm, beiseitig verputzten Calmo-Backsteinen,  $R_{w6} = 56$  dB.

Eine energetische Addition der Dämmung der einzelnen Elemente 1 bis 6 ergibt ein bewertetes Schalldämm-Mass von  $R_w = 45$  dB.

Aus der Analyse geht hervor, dass der Schalldämmverlust von 7 dB (Unterschied zwischen Labor- und Baumesung) in erster Linie durch die mangelhafte Dämmung der umlaufenden Anschlussfugen verursacht wurde. Bei einer Inaugenscheinnahme der Anschlussfuge zeigte sich, dass die Fugenbreite nicht wie bei den Labormessungen genau 4 mm betrug, sondern zwischen 4 und 12 mm variierte. Dadurch ergibt sich natürlich eine wesentlich kleinere Zusammendrückung des Schaumstoffstreifens, was zu einem geringeren Strömungswiderstand und folglich zu einer geringeren Schalldämmung der Fugen führt. Das gleiche wäre auch bei Profilen aus Gummi usw. passiert. Schaumstoffstreifen und Gummiprofildichtungen ergeben nur dann eine ausreichende Dämmung, wenn ein grosser Anpressdruck vorhanden ist und die Fugen ziemlich genau parallel verlaufen.

#### Zusammenfassung

Anhand von zwei Wasserbehältern, die mit einer Anzahl Röhren miteinander verbunden sind, lässt sich einfach zeigen, wie sich Luftschallenergie vom Sende- in den Empfangsraum fortpflanzt. Während bei akustischen Untersuchungen im Labor die Schallenergie normalerweise nur über ein Element, zum Beispiel eine Trennwand, vom Senderaum in den Empfangsraum gelangt, existieren am ausgeführten Bau eine ganze Reihe von Übertragungselementen. Diese zusätzlichen Übertragungselemente führen dazu, dass die gemessene Luftschalldämmung einer Trennwand usw. am üblich ausgeführten Bau stets kleiner wird als im Labor. Grössere Diskrepanzen dieser Art können nur verhindert werden, wenn aufgrund von Bauplänen eine kritische Analyse sämtlicher Übertragungselemente vorgenommen wird und entsprechende schalltechnische Massnahmen getroffen werden.