

Unsicherheiten in der Bauakustik und Konsequenzen

Werner Scholl¹, Volker Wittstock²

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, Deutschland, Email: ¹werner.scholl@ptb.de
²volker.wittstock@ptb.de

Problemstellung

Eine zentrale Größe zur Beschreibung der schalltechnischen Eigenschaften von Gebäuden ist das Schalldämm-Maß. Hierfür gelten bauaufsichtliche Anforderungen [1], die i.A. vorab rechnerisch nachgewiesen werden müssen. Hierzu wird künftig das standardisierte Rechenverfahren nach [2] verwendet, in das Schalldämmwerte der zur Verwendung vorgesehenen Bauteile eingesetzt werden. Diese Werte stammen entweder aus Messungen des Schalldämm-Maßes in zugelassenen Laboratorien oder aus dem "Bauteilkatalog", [1], der eine offiziell eingeführte Zusammenstellung von Bauteildaten enthält. Kommt es zu Klagen, wird die Schalldämmung am Bau nachgemessen. Labormessung, Prognoserechnung, Nachmessung in situ enthalten Unsicherheiten, denen man bisher teils mit Sicherheitsabschlägen an den Kennwerten in Höhe von 2 dB, teils mit großzügiger Rundung auf ganze dB oder sogar durch Bildung von 5-dB-Klassen (Fenster) zu begegnen sucht. In ISO 140-2 [3] wird die "Reproducibility" des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w mit 1 bis 3 dB angegeben. Stellt man diese den Anforderungsniveaus verschiedener Schallschutzklassen ("mindest", "normal", "erhöht") gegenüber, die sich auch nur um 1 bis 3 dB unterscheiden (z.B. [4]), wird das Ausmaß des Problems offenbar. In der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt wurden daher Vorschläge erarbeitet, wie mit den Unsicherheiten umzugehen ist. Aus einer Vielzahl von Ringversuchen und aus Messserien an Gebäudemodellen wurden darüberhinaus Zahlenwerte für die verschiedenen Unsicherheitsbeiträge ermittelt sowie auch systematische Abweichungen z.B. zwischen der Schalldämmung eines Bauteils im Labor und am Bau. Hiermit lassen sich einerseits Unsicherheitsrechnungen im Einzelfall durchführen wie auch andererseits durch Korrekturen die Sicherheit gerechneter Prognosen erhöhen.

Die Quellen der Unsicherheit

Eine wesentliche Ursache der Unsicherheiten besteht darin, dass gar nicht eindeutig feststeht, was unter der "richtigen" Schalldämmung verstanden werden soll. Grundsätzlich ist das Schalldämm-Maß definiert als das logarithmierte Verhältnis von einer auf ein Bauteil auftreffenden Schallleistung zur der von ihm durchgelassenen. Hier hat das betreffende Bauteil weder endliche Abmessungen noch ein umgebendes Gebäude. In der Praxis werden diese Schalleistungen durch Messung der Schalldruckpegel in einer Zwei-Raum-Anordnung mit dem Prüfobjekt als Trennbauteil ersetzt. Hier liegen endliche Bauteil- und Raumabmessungen vor, sodass sich Moden ausbilden, die die Übertragung von Schall durch das Bauteil erheblich beeinflussen. Die für die Ersetzung notwendige Voraussetzung idealer Schallfelder ist am unteren Ende des unter-

suchten Frequenzbereichs nicht erfüllt. Durch die Verbindung von zu untersuchendem Bauteil und umgebendem Gebäude bzw. Labor stellt sich zudem ein Energieaustausch zwischen beiden ein, der die Schalldämmung beeinflusst, insbesondere bei schweren Massivbauteilen. Abbildung 1 zeigt das Ausmaß am Beispiel eines Ringversuchs mit einer KSV-Wand, geprüft von verschiedenen Laboratorien.

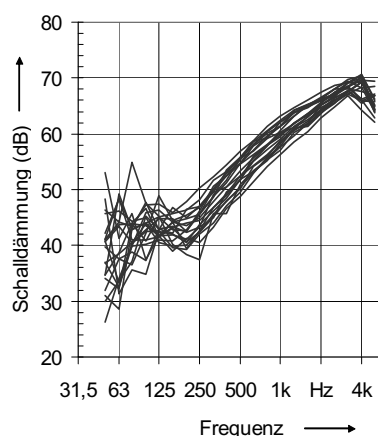


Abbildung 1: Schalldämmung einer Kalksandsteinwand in 20 verschiedenen Prüfständen.

Weitere Unsicherheitsbeiträge kommen daher, dass bei der Messung der Schalldämmung in nur einem Labor an einem Exemplar das Ergebnis für den Bauteiltyp generell gelten soll, wobei Änderungen in den Abmessungen und auch in kleineren Details (z.B. verschiedene Sprossenformen bei Fenstern) durch diesen Kennwert abgedeckt sein sollen. Hier ist zu betonen, dass die Reproduzierbarkeit von Bauteilen in der Vergangenheit häufig der "Messunsicherheit" zugeschlagen bzw. unterstellt wurde, obwohl sie einen ganz eigenen und oft auch wesentlichen Beitrag zur Gesamtbilanz darstellt. Diese Art Unsicherheitsbeitrag fällt bei der Messung am Bau übrigens weg, da hier tatsächlich nur die vorgefundene Situation zu beurteilen ist ohne Reproduktion und Verallgemeinerung der Situation.

Einen weiteren Beitrag zur Unsicherheit gemessener Schalldämm-Maße liefern die meteorologischen Bedingungen bei der Messung, insbesondere der statische Luftdruck und die Temperatur. Die Untersuchung [5] konnte zeigen, dass die statischen Luftdruckunterschiede infolge der Höhenlage deutscher Laboratorien zu systematischen Schalldämm-abweichungen von 0,5 dB führen, die korrigiert werden könnten. Umfangreiche Untersuchungen an Modell-Gebäuden im Massstab ca 1:10 ergaben weitere Erkenntnisse: Befinden sich beidseits des zu kennzeichnenden Bauteils Räume gleicher Abmessungen, sinkt das bewertete Schalldämm-Maß um ca 1 dB. Die Streuung der Werte ist

außerdem um 0,8 dB größer als bei ungleichen Räumen (wie für Laboratorien vorgeschrieben). Die Schalldämmung von Bauteilen nimmt mit zunehmender Fläche des Bauteils ab gemäß

$$\Delta R_w = 5 \cdot \lg(S/S_0).$$

Diffusion und Absorption (Möbliering) haben keinen systematischen Einfluss, solange ein Mindestmaß an Absorption entsprechend DIN EN ISO 140-1 [6] vorliegt. Die Unterschiede zwischen gleich und verschiedenen großen Räumen bleiben dabei erhalten.

Nicht zuletzt führen die Besonderheiten der Bildung des Einzahlwertes R_w aus den terzweise gemessenen Schalldämm-Maßen zu einer schwierigen rechnerischen Bestimmung seiner Unsicherheit. Von Wittstock wurde ein Verfahren hierzu vorgestellt, mit dem sich Monte-Carlo-Simulationen umgehen lassen [7].

Die Unsicherheiten des Schalldämm-Messverfahrens nach ISO 140, verursacht durch Unsicherheiten der Pegelmessung, endliche Mittelung von Rauschen und örtlich schwankenden Schallfeldern, durch endlich genaue Flächenbestimmungen u.s.w. seien hier noch erwähnt. Sie spielen allerdings eine eher untergeordnete Rolle gegenüber den vorerwähnten Anteilen.

Konsequenzen

Im Rahmen der Neubearbeitung der DIN 4109 wurden Vorschläge erarbeitet, wie künftig die Unsicherheiten des Schalldämm-Maßes zu behandeln sind. Im Weiteren wird angenommen, dass die sog. erweiterte Unsicherheit U gleich der (einfachen) Standardabweichung σ gesetzt wurde, dass also ein um U verminderter Schalldämmwert in etwa 85% der Fälle erreicht oder überschritten wird.

Kennzeichnung der Bauteile

Die Laboratorien sind für die Unsicherheit der Messung verantwortlich, die sich aus dem Messverfahren selbst und den erlaubten Variationen der Prüfstände ergeben. Die Laboratorien können (und müssen wohl künftig) diese Unsicherheit in ihrem Prüfbericht angeben. Dieser Unsicherheitsanteil beschreibt die Unsicherheit der Messung ausschließlich bezüglich des speziellen geprüften Objektes. Aus sehr vielen Ringversuchen hat sich diese "Messunsicherheit" zu 1,2 dB ergeben. Der Hersteller eines Bauteils müsste sich zusätzlich Informationen darüber verschaffen, wie sehr sein Bauteil streut. Hierin gehen Produktionsschwankungen, Abmessungseinflüsse sowie ggf. Wechselwirkungen mit der Umgebung im eingebauten Zustand ein. Eine Möglichkeit besteht darin, mehrere Messungen durchführen zu lassen. Eine wesentliche Verringerung dieser Art Unsicherheit wird allerdings nur erreicht, wenn diese Messungen an jeweils anderen Exemplaren des Bauteiltyps in verschiedenen Laboratorien durchgeführt werden. Zur Reproduzierbarkeit von Bauteilen liegen wegen des hohen Untersuchungsaufwandes bisher nur wenige Erfahrungen vor, die der speziellen Situation von Ringversuchen entstammen. Hierbei werden solche Tests mit dem speziellen Ziel durchgeführt, die Streuungen der

Bauteile so gering wie möglich zu halten. Die Unsicherheiten liegen in diesen Fällen bei ca 0,4 dB, was als absolute Untergrenze anzusehen ist. Realistische Werte könnten eher bei 1 dB liegen. Ein Hersteller eines schalldämmenden Bauteils müsste für sein Produkt dann die kombinierte Unsicherheit aus Messung und Reproduzierbarkeit des Produkts angeben gemäß

$$u_{ges} = \sqrt{u_{mess}^2 + u_{repr}^2}.$$

Dieser Wert soll auch im künftigen Bauteilkatalog der DIN 4109 angegeben werden.

Prognoserechnung

Da die Prognoserechnung nach DIN EN 12354 die Eingangsgrößen und das Ergebnis mit einer Formel verknüpft, kann eine Unsicherheitsberechnung nach GUM durchgeführt werden. Künftig wird die Berechnung der resultierenden Schalldämmung in einem Gebäude ohne jegliche Abzüge ("Vorhaltemaße") vorgenommen, danach eine getrennte Unsicherheitsberechnung für das Ergebnis vorgenommen und dann entschieden, um wieviel das errechnete Ergebnis über dem geforderten Schalldämmwert liegen muss, um diesen ausreichend sicher einzuhalten.

Nachmessung am Bau

Die Unsicherheit bei Baumessungen beträgt ca 0,8 dB. Bei der Nachmessung am Bau bestehen drei Möglichkeiten: das Ergebnis liegt samt seinem Unsicherheitsintervall oberhalb des Anforderungswertes (= Anforderung erfüllt) oder komplett darunter (= nicht erfüllt) oder der Unsicherheitsbereich überstreicht den geforderten Wert. In diesem Fall kann durch Mittelung über weitere Messungen anderer Messteams die Streuung solange verkleinert werden, bis eine eindeutige Aussage möglich ist.

Literatur

- [1] DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau", 1989
- [2] DIN EN 12354 "Bauakustik - Berechnung der bauakustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften", 2000
- [3] ISO 140-2 "Messung der Schalldämmung, Angaben der Genauigkeitsanforderungen", 1991
- [4] DIN 4109, Beiblatt 2 "... Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz", 1989
- [5] Wittstock, V.; Bethke, C.; The role of static pressure and temperature in building acoustics. Journal of Building Acoustics, Vol. 10, No 2, 2003, 159-176
- [6] DIN EN ISO 140-1 "... Anforderungen an Prüfstände", 2005
- [7] Wittstock, V.; On the uncertainty of single-number quantities for rating airborne sound insulation. ACUSTICA un. with ACTA ACUSTICA, Vol. 93, No 3, 2007, 375-386
- [8] GUM, siehe DIN V ENV 13005 (aktuelle Ausgabe:1999-06) *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*.