Auswertung der Schallschutz-Vergleichsmessungen der VMPA-anerkannten Prüfstellen 2016 - 2018

Anatol Worch[1], Sylvia Stange-Kölling[2]

[1] *Saint-Gobain Isover G+H AG für den VMPA, Littenstraße 10, 10731 Berlin, E-Mail:anatol.worch@saint-gobain.com*

[2] *Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig E-Mail: sylvia.stange-koelling@ptb.de*

Einführung

Die Schallschutz-Vergleichsmessungen dienen seit vielen Jahren der Qualitätssicherung bauakustischer Messungen. Für Prüfstellen, die eine Anerkennung des Verbandes der Materialprüfungsanstalten e.V. (VMPA) besitzen, ist die Teilnahme an den Vergleichsmessungen verbindlich. Im Jahr 2012 wurden wesentliche Verfahrensänderungen eingeführt.

In einem dreigliedrigen Verfahren werden seitdem die Schallquellen (Dodekaeder und Hammerwerk) überprüft, die Berichte der Prüfstellen diskutiert und im Rahmen von Vergleichsmessungen die messtechnische Kompetenz der beteiligten Labore sichergestellt [1]. Im Zeitraum 2016 – 2018 fanden die Messungen der Luftschalldämmung einer Tür, der Trittschallpegel einer Treppe und die einer gebäudetechnischen Anlage an der MFPA Leipzig statt. Im Fokus standen wiederum drei praktische Aufgaben, wie in der täglichen Praxis einer schalltechnischen Prüfstelle vorkommen. Die hier unter üblichen Nutzungsbedingungen erzielten Ergebnisse sollen im Folgenden vorgestellt und besondere Aspekte besprochen werden.

Messungen zur Luftschalldämmung

Als Vergleichsmessung für die Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-1 [2] wurde im Rahmen der VMPA-Vergleichsmessungen eine Tür gewählt. Es handelt sich hierbei um eine einfache Innentür mit einer Einfachverglasung. Bei der Wand handelt es sich um eine ehemalige massive Außenwand, so dass eine mögliche Schallübertragung über diesen Weg vernachlässigbar ist. Abbildung 1 zeigt die Messsituation und dokumentiert die PTB-Referenzmessungen.

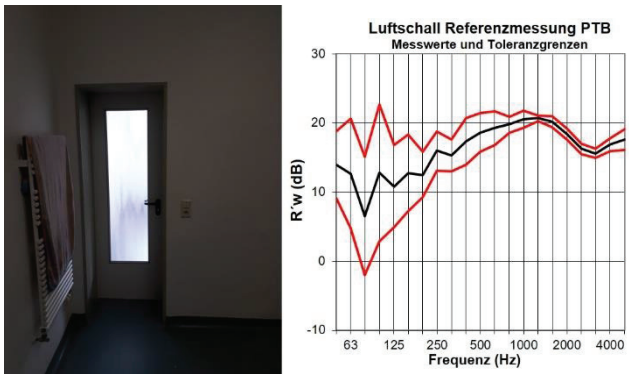

Abbildung 1: Darstellung der Messaufgabe 1, Messung der Luftschalldämmung einer Tür (links) mit den Referenzwerten der PTB (rechts, schwarz = Mittelwerte der PTB-Messungen, rot = Breite des ermittelten Toleranzschlauches).

In Abbildung 2 sind die erzielten Messwerte der insgesamt 82 teilnehmenden VMPA-Schallschutzprüfstellen dargestellt. Zu sehen sind die jeweiligen Abweichungen im Vergleich zur Referenzmessung der PTB.

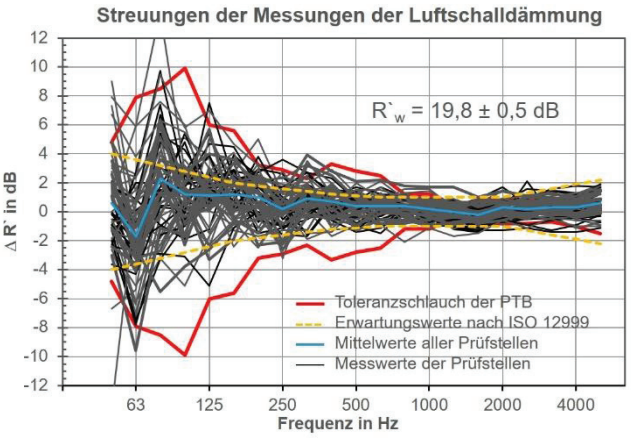

Abbildung 2: Abweichungen der Messergebnisse der Prüfstellen vom Referenzwert für das Luftschalldämmmaß

Im tieffrequenten Bereich lassen sich naturgemäß größere Abweichungen zwischen Referenz- und den Mittelwerten der VMPA-Prüfstellen beobachten. Dies gilt sowohl für die Einzelwerte als auch den Mittelwert der VMPA-Prüfstellen. Eine genauere Analyse der Werte einzelner Prüfstellen ergab, dass oftmals die Ermittlung geometrischer, sozusagen nichtakustischer Parameter die Messergebnisse beeinflusste. Dies war oftmals an einem ansonsten klassischen, jedoch parallelverschobenen Verlauf des Frequenzganges erkennbar. Insbesondere bei der Bestimmung der Übertragungsfläche war dieser Effekt zu beobachten.

Nach Norm ist als Bezugsfläche das lichte Rohbaumaß der Tür heranzuziehen. Gerade bei Messungen im Bestand ist diese Größe jedoch nicht exakt zu ermitteln. Im Laufe der Vergleichsmessungen wurde ein Mittelwert für die Fläche von S = 1,53 ± 0,05 m² ermittelt. Hierbei wurden oftmals folgende Begrenzungen für die Bestimmung der Bezugsfläche herangezogen:

- lichtes Durchgangsöffnung
- Türblattaußenmaß (leicht anregbares Bauteil)
- Mittig der Türzarge
- Außenmaß der Zarge

Die Unterschiede der zugeordneten Bezugsfläche führt zu einer möglichen Parallelverschiebung der Frequenzkurve von bis zu ± 0,4 dB.

Damit bewirkt diese „Messunsicherheit“ bei der Bestimmung der Bezugsfläche mögliche Abweichungen, die in der Größenordnung liegen, wie die im Rahmen der Vergleichsmessung beobachteten Standardabweichung für $R`_w$ von 0,5 dB. Ein analoger Einfluss – auf Grund der Größe der Prüfräume hier nicht thematisiert – ergibt sich für das Raumvolumen des Empfangsraums.

Messungen zum Trittschall

Als Vergleichsmessung für die Trittschallpegel nach DIN EN ISO 16283-2 [3] wurde im Rahmen der VMPA-Vergleichsmessungen eine Treppe gewählt. Es handelt sich hierbei um eine Metalltreppe, die in einem Versuchsgebäude die verschiedenen Ebenen miteinander verbindet. Zu messen war der Treppenlauf vom ersten Podest bis zum Erdgeschoß. Der Empfangsraum war direkt neben dem Podest durch eine speziell abzudichtende Tür vom Treppenhaus getrennt (eine Luftschallkorrektur wurde jedoch von der überwiegenden Mehrheit der Prüfstellen durchgeführt). Die Stufen waren durch fest montierte Holzauflagen abgedeckt, so dass die Hammerwerke ohne Schwierigkeiten auf den Stufen positioniert werden konnten. Abbildung 3 zeigt die Messsituation und dokumentiert die PTB-Referenzmessungen.

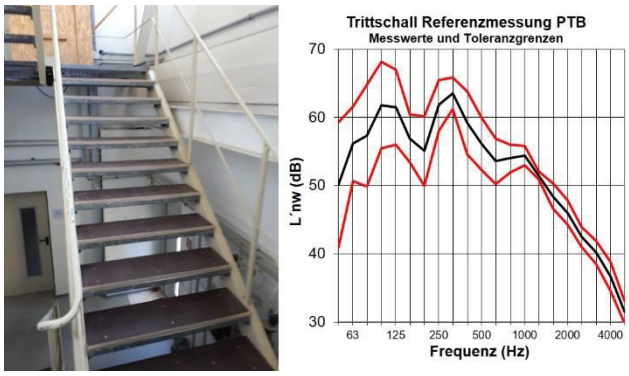

Abbildung 3: Darstellung der Messaufgabe 2, Messung der Trittschallpegel einer Treppe in einen benachbarten Raum (links) mit den Referenzwerten der PTB (rechts, schwarz = Mittelwerte der PTB-Messungen, rot = Breite des ermittelten Toleranzschlauches).

In Abbildung 4 sind die erzielten Messwerte der insgesamt 17 durchgeführten Messkampagnen dargestellt. Zu sehen sind die jeweiligen Abweichungen im Vergleich zur Referenzmessung der PTB.

In Abbildung 4 wurden bewusst die Mittelwerte der Messkampagnen gezeigt, um auf prinzipielle Schwierigkeiten bei der Auswertung solcher Ringversuche hinzuweisen. Im Vergleich zu den Referenzmessungen der PTB ergaben die Messungen der VMPA-Prüfstellen, dass im tieferen Frequenzbereich geringere Pegel, bei höheren Frequenzen höhere Pegel ermittelt wurden. Besonders augenscheinlich wird der beobachtete Effekt bei 400 Hz. Hier waren sich alle Prüfstellen einig, Werte unterhalb des nach ISO 12999-1 [4] zu erwartenden Toleranzbereichs zu ermitteln.

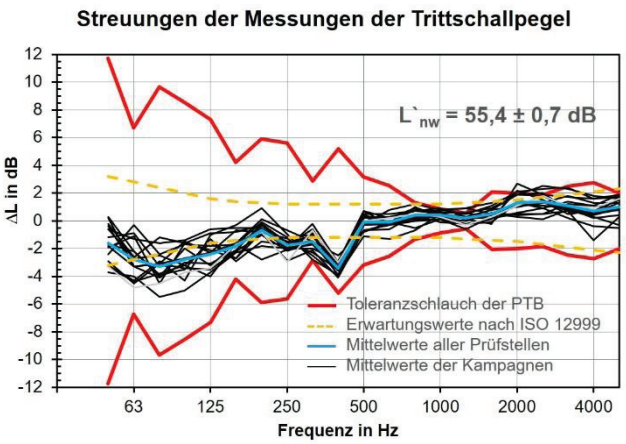

Abbildung 4: Abweichungen der Messergebnisse der Prüfstellen vom Referenzwert für die Trittschallpegel

In Abbildung 5 sind Standardabweichungen der Messungen der VMPA-Prüfstellen im Vergleich zu den Referenzmessungen der PTB dargestellt. Während mit steigender Teilnehmeranzahl die VMPA-Prüfstellen die Erwartungen nach ISO 12999-1 erfüllen, sind im Bereich von 1000 – 1250 Hz die Standardabweichungen der PTB deutlich und damit selbst der Toleranzschlauch mit einer 95%-Wahrscheinlichkeit geringer als der Erwartungswert nach ISO 12999-1.

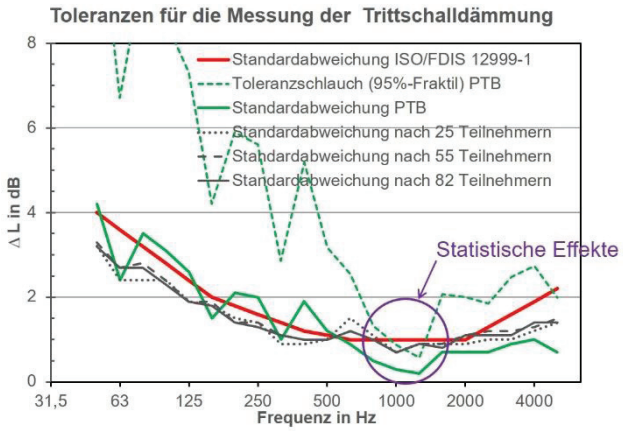

Abbildung 5: Vergleich der erzielten Standardabweichungen der Vergleichsmessungen für Trittschall mit den Referenzwerten der PTB und den Normwerten

Hier zeigt sich der statistische Charakter der Schallmessungen. Das Ziel einer klassischen Messung von Schalldruckpegeln in einem Raum ist es, mit einer ausreichenden Anzahl von Einzelmessungen an verschiedenen Positionen im Raum ein möglichst exaktes Abbild des diffusen Schallfeldes zu erhalten. Die einzelnen Werte sind durchaus statistisch verteilt und genügen in aller Regel der Normalverteilung.

Die Wahrscheinlichkeit, dass verschiedene Messteams in einem Frequenzbereich nahezu identische Werte ermitteln, ist gering, aber durchaus vorhanden. Gleichzeitig kommt hinzu, dass die PTB nur in einem kleinen Zeitraum die Messungen für den Toleranzschlauch durchführen konnte. Mögliche weitere veränderbare Einflussparameter wie

Temperatur/Luftdruck etc. können nur teilweise in ihrer Vollständigkeit erfasst werden. Abhilfe wäre nur durch mehrere Messungen der PTB zu unterschiedlichen Jahreszeiten zur vollständigen Erfassung der tatsächlichen Bandbreite möglich.

Nach dem statistischen Ansatz nach Bayes, siehe [5], werden mit dem Vorgehen bei den VMPA-Vergleichsmessungen nicht alle möglichen Einflussfaktoren in der Standardabweichung erfasst. Die Schwierigkeit im Rahmen der Durchführung solcher Vergleichsmessungen ist, dass einerseits diese „Unzulänglichkeiten" erst im Laufe der Messungen erkannt werden können und dass andererseits die hier beschriebenen Effekte nicht exakt voneinander unterscheidbar sind.

Messungen gebäudetechnischer Anlagen

Zur Messung einer gebäudetechnischen Anlage wurde in einem kleinen Laborraum ein einfacher Lüfter mit zwei Leistungsstufen installiert. Die Messaufgabe bestand in der Bestimmung des maximalen Schalldruckpegels $L_{AF,max,n}$ für beide Lüftungsstufen jeweils einmal mit und einmal ohne Eckposition nach DIN EN ISO 10052 [6] in Anlehnung an DIN 4109-4 [7]. Der Laborraum ist einseitig mit Schränken ausgestattet, die Decke ist mit absorbierendem Material verkleidet, so dass lediglich die Raumecke vorne rechts der Eingangstür und die Raumecke hinten direkt unterhalb des Lüfters als mögliche schallharte Ecken zur Verfügung. Abbildung 6 zeigt die Messsituation und dokumentiert die Zahlenwerte der PTB-Referenzmessungen.

Stufe 1 ohne Ecke:
$L_{AF,max,n}$ = 56,4 ± 0,5 dB

Stufe 1 mit Ecke:
$L_{AF,max,n}$ = 57,2 ± 1,6 dB

Stufe 2 ohne Ecke:
$L_{AF,max,n}$ = 60,3 ± 1,4 dB

Stufe 2 mit Ecke:
$L_{AF,max,n}$ = 62,0 ± 1,5 dB

Abbildung 6: Darstellung der Messaufgabe 3, Messung der maximalen Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ des Lüfters im Laborraum (links) mit den Referenzwerten der PTB (rechts).

Bei der Auswertung der durchgeführten Messungen der VMPA-Prüfstellen fiel als erstes auf, dass die Wahl der Eckposition nicht eindeutig war. Etwa 2/3 der Labore hat sich für die näher an der Schallquelle gelegene Ecke unterhalb des Lüfters entschlossen. Hier stand die Interpretation der Norm in dem Sinne im Vordergrund, dass die schallharte Ecke als lauteste Ecke verstanden wurde. Bei den anderen Prüfstellen überwog die Sorge, dass die Ecke direkt unterhalb des Lüfters zu nah an der Schallquelle sei und damit der Direktschall überwiegen könnte.

Als Ergebnis wurde von den VMPA-Prüfstellen folgende Werte (hier Stufe 1 des Lüfters) erhalten:

- ohne Ecke $L_{AF,max,n}$ = 55,3 ± 1,8 dB
- Ecke, gesamt $L_{AF,max,n}$ = 56,2 ± 2,3 dB
- vordere Ecke $L_{AF,max,n}$ = 56.7 ± 2,1 dB
- hintere Ecke $L_{AF,max,n}$ = 55,3 ± 2,3 dB

Im Vergleich zu den Referenzmessungen fällt auf, dass die Differenzen zwischen mit und ohne Eckposition ähnlich gering ausfallen wie ursprünglich erwartet. Im Rahmen der erreichbaren Genauigkeit ist kein signifikanter Unterschied zwischen der Messung mit Eckposition und der Messung ohne Eckposition erkennbar. Schlussendlich bleibt festzuhalten, dass für die Messung der maximalen Schalldruckpegel gebäudetechnischer Anlagen der Verzicht auf die Eckposition nach DIN 4109-4 bestätigt wurde.

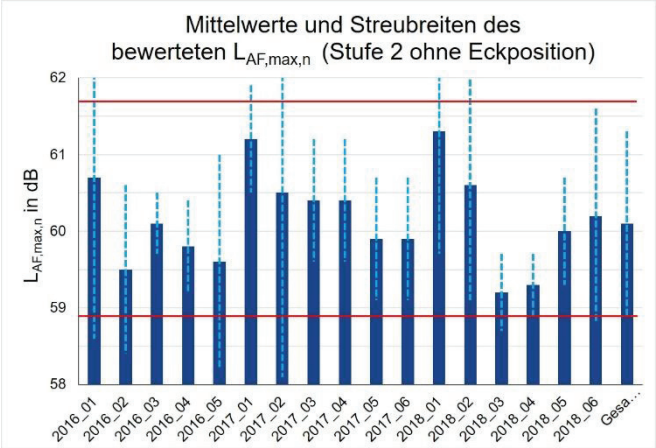

Abbildung 7: Darstellung der Messaufgabe 3 im der zeitlichen Abfolge, Mittelwerte der einzelnen Messzyklen mit den berechneten Standardabweichungen 2, die roten Linien zeigen den Toleranzschlauch.

In Abbildung 7 ist der zeitliche Verlauf der erzielten mittleren Maximalpegel für die Lüfterposition 2 ohne Eckposition (bessere Vergleichbarkeit) dargestellt. Deutlich ist die Pegelabnahme während der Sommerzeit erkennbar. Zu Beginn war dieses Verhalten während der Messung nicht erklärbar. Die ersten Verdachtsmomente einer Drift innerhalb des Lüfters wurden im zweiten Jahr widerlegt. Hier konnten exakt die Referenzwerte reproduziert werden. Analysen bezüglich Windgeschwindigkeit und -richtung sowie anderen Einflussgrößen ergaben zunächst auch keinen reproduzierbaren Zusammenhang.

Per Zufall konnte dann im Rahmen einer Messung die Ursache für die starken Schwankungen identifiziert werden. Während der Aufzeichnungsphase des Pegel-Zeit-Verlaufs wurde eine weitere Labortür zum Flur geöffnet und der Pegel im Empfangsraum mit dem Lüfter sank solange die gegenüberliegende Tür offen stand um mehr als 1 dB ab.

Der Lüfter arbeitet gegen den vorliegenden Strömungswiderstand innerhalb der Räumlichkeiten an. Im Winter sind die Fenster überwiegend geschlossen, der Strömungswiderstand ist entsprechend hoch. Je wärmer es wird, desto mehr werden in den Laboren die Fenster gekippt bis hin zum

Hochsommer, wo oftmals zusätzlich die Außentüren ständig geöffnet waren, damit warme, überhitzte Innenraumluft nach außen abgeführt werden konnte. Im Sommer ist der Gesamtströmungswiderstand innerhalb des Gebäudes geringer und dies äußert sich in einen deutlich geringerem Geräuschniveau des Lüfters. Es werden von den Prüfstellen deutlich geringere Maximalpegel ermittelt.

Auf Bitte des Gutachters wurde zur Überprüfung der beschriebenen Hypothese im Rahmen einer Messkampagne von einer Prüfstelle eine weitere zusätzliche Messung durchgeführt. Die erste Messung erfolgte einmal unter den gegebenen Bedingungen (Juni, frühsommerlich warm, einige Fenster in Kippstellung, Außentüren geschlossen), direkt im Anschluss unter Wiederholbedingungen erfolgte die Messung mit abgedichteter Labortür (Stufe 1 / Stufe 2):

- undichte Tür $L_{AF,max,n}$ = 57,2 / 60,5 dB
- gedichtete Tür $L_{AF,max,n}$ = 60,2 / 65,5 dB

Die Abdichtung der Tür führt zu einem Anstieg der Maximalpegel um 3 – 5 dB. Die Änderung der Fensterstellungen im Gebäude im Jahres- bzw. teilweise auch im Tagesverlauf führt zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Zusammenfassung und Empfehlungen für die Praxis

Die Durchführung von akustischen Vergleichsmessungen im Rahmen des 3-stufigen QS-Verfahrens des VMPA liefert nicht nur für die Prüfstellen die direkte Rückmeldung, ob ihr Vorgehen bei den Messungen zu gleichen Ergebnissen wie die PTB führt, sondern bietet auch die Möglichkeit von den Erkenntnissen während der Messkampagnen und den Erfahrungen der Prüfstellen zu lernen.

Als zentrale wichtige Erkenntnisse für die Praxis haben sich in Laufe des 3-jährigen Vergleichs folgende Schwerpunkte ergeben:

- Teilweise in Abweichung von der Norm sollten für bei kleinere Abmessungen folgende Rundungsempfehlungen eingehalten werden:
  - bei Prüfflächen < 20 m² auf 0,1 m²
  - bei Volumina < 50 m³ auf 0,1 m³

  Hier ist der relative Fehler in einer Größenordnung, dass das akustische Messergebnis durch die Rundung maßgeblich beeinflusst werden kann. Oberhalb der angegebenen Grenzen ist die relative Abweichung vernachlässigbar.
- Die Bestimmung der Bezugsfläche muss praktisch im gutachterlichen Ermessen liegen. Die Bezugsgröße „lichtes Rohbaumaß“ soll das Gesamtbauteil berücksichtigen, welches im eingebauten Zustand jedoch kaum exakt zu ermitteln ist. Die Erfahrungen aus den Vergleichsmessungen haben deutlich gemacht, dass insbesondere bei geringen Abmessungen die Wahl der Bezugsfläche einen großen Einfluss auf das nachzuweisende Luftschalldämm-Maß hat.
- Die Messungen der gebäudetechnischen Anlage (hier Lüfter) belegen, dass der nach DIN 4109-4 [7] mögliche Verzicht auf die Eckposition zulässig und bestätigen damit die während des ersten Zyklus [1] gemachten Erfahrungen.
- Gerade bei Lüftungsanlagen stellt sich bei schalltechnischen Untersuchungen die Problematik, dass einige für das akustische Vergalten relevante Einflussfaktoren während der Messung nicht kontrollierbar sind. Auch die Fensterstellung in Nachbarwohnungen können einen signifikanten Einfluss haben.
  Ähnlich wie bei Armaturenprüfungen (beispielsweise der Fließdruck der Armatur) bleibt hier nur die Möglichkeit, die Messbedingungen vollständig zu dokumentieren, damit erzielte Messergebnisse auf ihre Plausibilität überprüft und nachvollzogen werden können.

Literatur

[1] Worch, A., Stange-Kölling, S., Wittstock, V.: *Schallschutz-Vergleichsmessungen der VMPA anerkannten Prüfstellen 2013-2015*, DAGA 2017 Aachen

[2] DIN EN ISO 16283-1 *Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung*, Ausgabe 04.2018

[3] DIN EN ISO 16283-2 *Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäude Akustik n und von Bauteilen - Teil 2: Trittschalldämmung*, Ausgabe 11.2018

[4] ISO 12999-1 Acoustics - *Determination and application of measurement uncertainties in building acoustics - Part 1: Sound insulation*: 2014

[5] ISO/IEC Guide 98-3 *Messunsicherheit – Teil 3: Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (GUM),* Ausgabe 09.2008

[6] DIN EN ISO 10052. *Akustik - Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren* (ISO 10052:2004); Deutsche Fassung EN ISO10052:2004

[7] DIN 4109-4 *Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen*, Ausgabe 07.2016