

Schallschutz-Vergleichsmessungen in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt im Jahr 2019

Sylvia Stange-Kölling, Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, sylvia.stange-koelling@ptb.de

Einführung

Im Rahmen des Zulassungsverfahrens von Prüfstellen, die zur Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse anerkannt sind, überträgt das Deutsche Institut für Bautechnik den technisch-fachlichen Teil der Überprüfung an die Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Die Prüfstellen müssen nach abgeschlossenem Zulassungsverfahren in einem dreijährigen Turnus in der PTB an Vergleichsmessungen teilnehmen. Durch diese Maßnahme soll gewährleistet werden, dass der einmal festgestellte Qualitätsstandard erhalten bleibt. Die Teilnahme an den Vergleichsmessungen steht aber auch anderen Prüfstellen offen. Diese Möglichkeit wird von einer wachsenden Zahl von Prüfstellen im Rahmen ihres Qualitätsmanagements genutzt.

Aufgabenstellung

Grundsätzlich müssen eine Luft- und Trittschallmessung, sowie eine Zusatzaufgabe durchgeführt werden [1]. Für diesen Vergleichsmessungszyklus wurde in einem Deckenprüfstand mit einer Holzbalkendecke, die mittels einer Wabenschüttung und verschraubten Trockenestrichplatten akustisch verbessert wurde (Bild 1), sowohl die Luftschalldämmung als auch der Normtrittschallpegel bestimmt.



Bild 1: Aufbau auf der Holzbalkendecke

Als Zusatzaufgabe wurde der Absorptionsgrad eines Mineralwollabsorbers im schiefwinkligen Hallraum nach EN ISO 354 [4] bestimmt. Hierfür wurde das Material aus dem entsprechenden Normvorschlag ausgewählt. Das Material wurde passend zugeschnitten, die nach Norm notwendige Umrandung wurde vorgefertigt. Für die sechs Referenzmessungen und die Messungen der Prüfstellen wurde dasselbe Material verwendet.

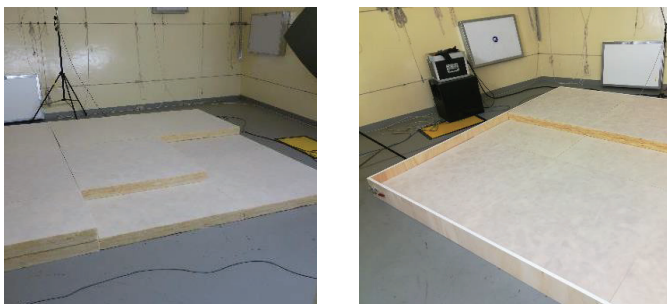


Bild 2: Einbau des Absorbers im schiefwinkligen Hallraum

Referenzmessungen

Für jedes Prüfobjekt wurden aus jeweils $n = 6$ unabhängigen Messungen der PTB der Mittelwert als Vergleichswert und die kritischen Grenzen (95%-Vertrauensbereich) nach (1) und (2) berechnet.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1) \quad x_{\text{krit}} = 2,571 \cdot s \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + 1} \quad (2)$$

Die Ergebnisse der Referenzmessungen zeigen grundsätzlich einen unauffälligen Verlauf. Allerdings streuen die Trittschallpegel weiter als erwartet (Bild 3).

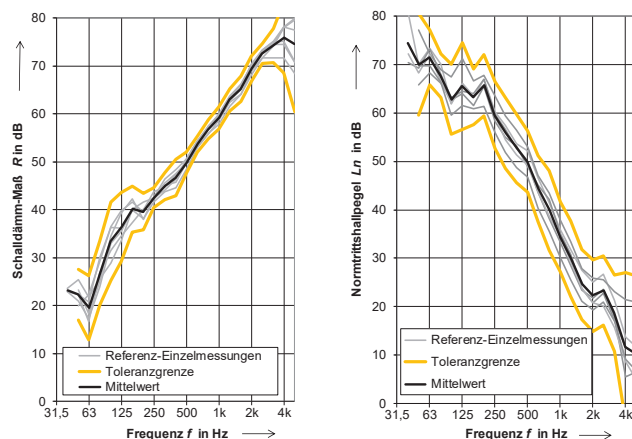


Bild 3: Ergebnisse der Referenzmessungen für Luft- und Trittschall

Eine Betrachtung der Einzelergebnisse der Trittschallmessungen zeigt eine chronologische Abhängigkeit der Ergebnisse. Die Messungen wurden über einen Zeitraum von zwei Monaten durchgeführt, in dieser Zeit hat sich die Schalldämmung der Decke verbessert und einen stationären Zustand erreicht. Es ist daher zu erwarten, dass die Messungen der Prüfstellen eine etwas bessere Schalldämmung, bzw. einen niedrigeren Trittschallpegel zeigen und weniger streuen.

Prüfung der Lautsprecher und Hammerwerke

Vor Messbeginn der Prüfstellen werden die verwendeten Lautsprecher und Hammerwerke einer Prüfung auf Normkonformität [5] unterzogen. Insgesamt wurden 25 Lautsprecher und 14 Hammerwerke geprüft. Um die Rundumcharakteristik der Lautsprecher zu bestimmen werden die minimalen und maximalen Abweichungen des Pegels vom Mittelwert für jede Terz bestimmt. Die Abweichungen dürfen eine bestimmte Grenze nicht überschreiten (Bild 4).

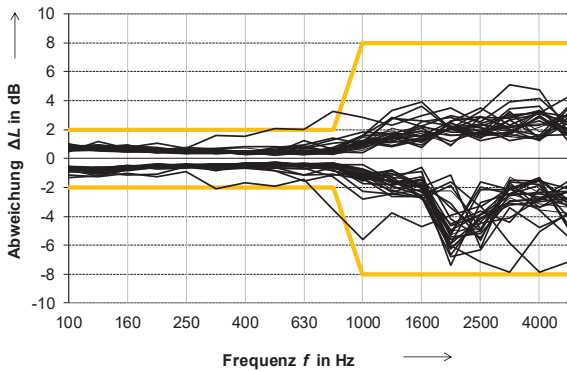


Bild 4: Prüfergebnisse aller Bauakustiklautsprecher

Die Prüfung der Hammerwerke erfolgt für verschiedene Prüfgrößen, von denen die meisten unkritisch sind. Probleme treten vorrangig bei den kinematischen Größen, wie den Zeitintervallen zwischen den einzelnen Schlägen und der Fallgeschwindigkeit auf (Bild 5).

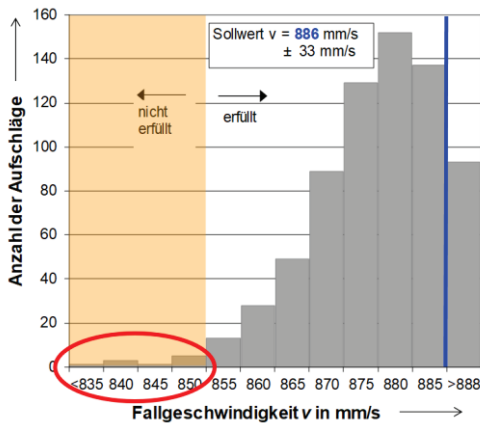


Bild 5: Fallgeschwindigkeiten aller Hämmer

Ein Lautsprecher und ein Hammerwerk konnten die Anforderungen nicht erfüllen. In diesen Fällen werden eigene Ersatzgeräte oder Leihgeräte der PTB für die Messungen genutzt.

Luft- und Trittschallmessungen der Prüfstellen

Die Luftschalldämmungsmessung wurde von elf Prüfstellen durchgeführt. Die Messungen erfolgten auf Grundlage der Normenreihe DIN EN ISO 16283 [2,3]. Die Ergebnisse liegen gut innerhalb der kritischen Grenzen. Es zeigen sich insgesamt sieben Überschreitungen der Toleranzgrenzen, diese Zahl liegt unterhalb des statistisch zu erwartenden Wertes. Der Normtrittschallpegel wurde von sieben Prüfstellen gemessen, da die freiwillig teilnehmenden Prüfstellen nur die Messungen durchführen, die für ihr Qualitätsmanagement relevant sind. Hier liegt nur eine Überschreitung der Toleranzgrenzen vor. Alle Ergebnisse erfüllen die Anforderungen. (Bild 6).

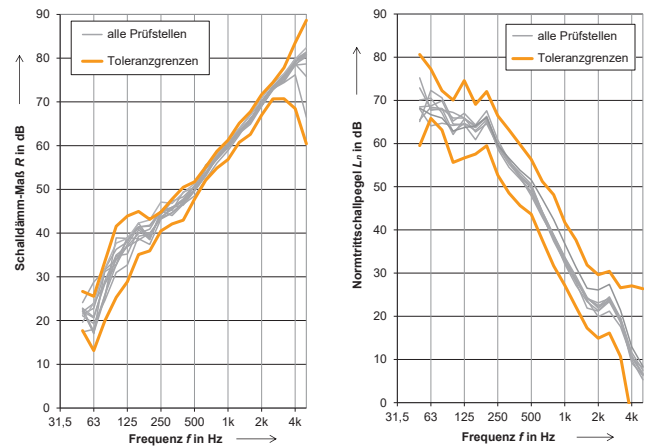


Bild 6: Messergebnisse der Prüfstellen für Luft- und Trittschall

Die Betrachtung der Abweichungen der Luftschalldämmung vom Referenzwert zeigt deutlich, dass die Ergebnisse insgesamt ein bisschen höher liegen. Die Prüfstellen haben also eine etwas bessere Schalldämmung gemessen, was dem erwarteten Ergebnis entspricht (Bild 7).

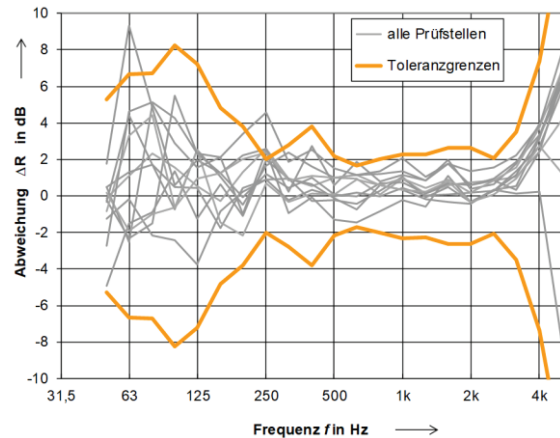


Bild 7: Abweichungen vom Referenzwert, Luftschalldämm-Maß

Für die Trittschallmessung streuen die Ergebnisse sehr viel weniger, als es die Referenzmessungen erwarten ließen. Außerdem zeigt sich, dass die Prüfstellen tendenziell etwas niedriger liegen, also eine etwas bessere Dämmung gemessen haben (Bild 8).

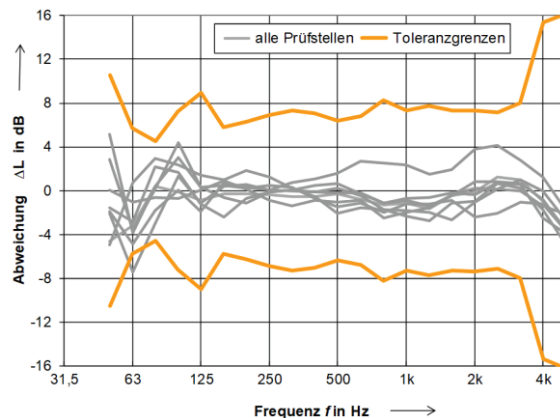


Bild 8: Abweichungen vom Referenzwert, Normtrittschallpegel

Zusatzaufgabe Absorptionsgradmessung

Neun Prüfstellen führten die Messungen im schiefwinkligen Hallraum durch. Jede Prüfstelle musste den Absorber selbstständig ein- und ausbauen. Die Durchführung der Messung erfolgte nach Norm [4], lediglich der Frequenzbereich wurde auf 50 Hz – 10 kHz erweitert.

Vergleichswert und Toleranzbereich wurden analog zu Luft- und Trittschall aus sechs Referenzmessungen ermittelt. Die Ergebnisse der Referenzmessungen stimmen gut überein. Die große Streuung bei 10 kHz zeigt, dass die Begrenzung des Frequenzbereiches in der Norm sinnvoll ist. Allerdings treten auch bei tiefen Frequenzen vereinzelt größere Streuungen auf, besonders deutlich wird das, wenn man die Abweichungen vom Mittelwert betrachtet. Hier zeigen sich bei 100 Hz und 200 Hz größere Streuungen (Bild 9).

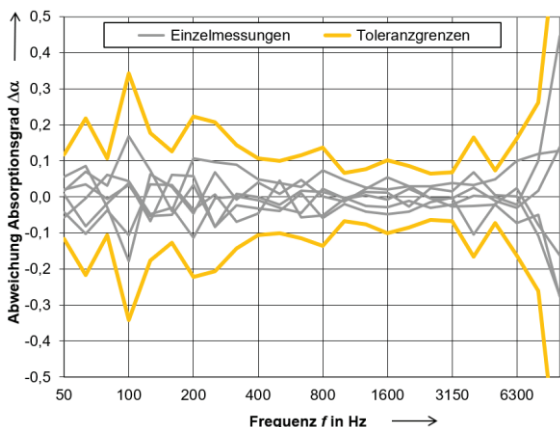


Bild 9: Referenzmessungen, Absorptionsgrad, Abweichungen vom Mittelwert

Die Ergebnisse der Prüfstellen spiegeln auch genau das wider. Die Breite der Streuungen ist besonders bei 100 Hz und 200 Hz auffällig, hier liegen die Ergebnisse zwischen 0,3 und 0,9 bzw. zwischen 0,5 und 1,0 (Bild 10).

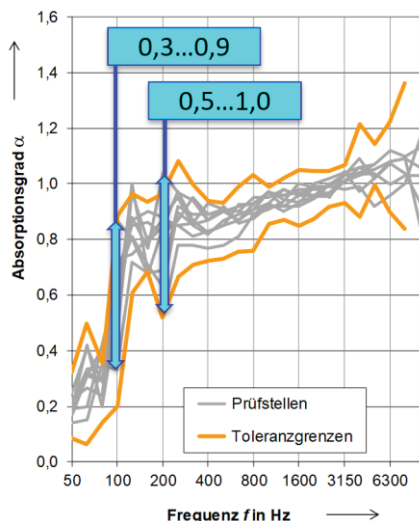


Bild 10: Ergebnisse der Prüfstellen, Absorptionsgrad

Im tiefen Frequenzbereich wird die Breite des Toleranzschlauches vollständig ausgereizt und bei 100 Hz bzw. 200 Hz teilweise auch überschritten. (Bild 11).

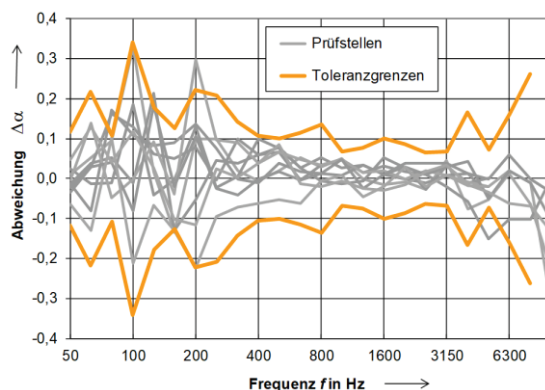


Bild 11: Ergebnisse der Prüfstellen, Absorptionsgrad, Abweichungen vom Mittelwert

Ein Blick auf die Standardabweichungen verdeutlicht die Auffälligkeit der Ergebnisse. Die Vergleichsmessungen in der PTB sind eine Besonderheit, da hier verschiedene Messteams mit ihrem Equipment dasselbe Prüfobjekt in demselben Prüfraum messen. Es handelt sich also weder um Vergleichs- noch Wiederholbedingungen. Ein Vergleich mit denen aus der DIN EN ISO 12999-2 [6] zeigt aber eine gute Übereinstimmung mit den Wiederholbedingungen, lediglich bei 100 Hz und 200 Hz werden die Standardabweichungen für Vergleichsbedingungen erreicht, bzw. sogar überschritten. (Bild 12).

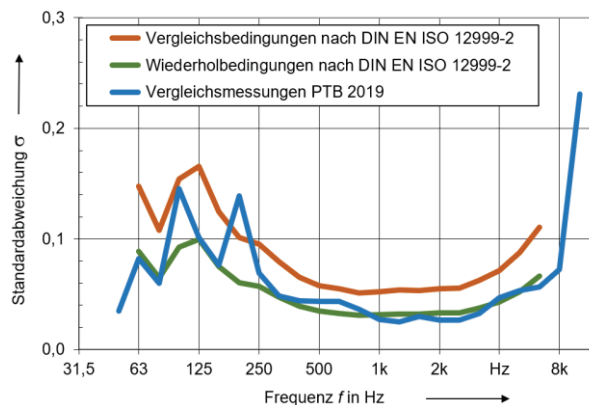


Bild 12: Vergleich der Standardabweichungen

Ursachenforschung Absorptionsgradmessung

Um eine mögliche Ursache für diese große Streuung der Ergebnisse zu finden, wurden zusätzliche Auswertungen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden chronologisch und nach der Art der Anregung betrachtet.

Die chronologische Betrachtung soll klären, ob sich das Absorbermaterial durch Alterung und/oder mechanische Beanspruchung verändert haben könnte. Ein weiterer Faktor, der Einfluss auf das Ergebnis haben könnte, ist die Art der Anregung. Der überwiegende Teil der Prüfstellen verwendete abgeschaltetes Rauschen. Lediglich drei Prüfstellen nutzten ein Sweep- bzw. MLS-Signal als Anregung.

Eine Abhängigkeit ist für beide Einflussgrößen weder bei 100 Hz noch bei 200 Hz erkennbar (Bild 13 bis 16).

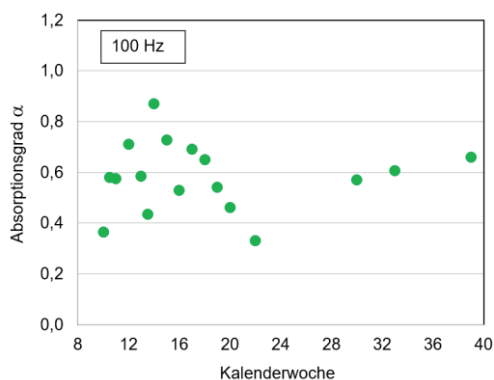


Bild 13: Absorptionsgrad bei 100 Hz, chronologisch

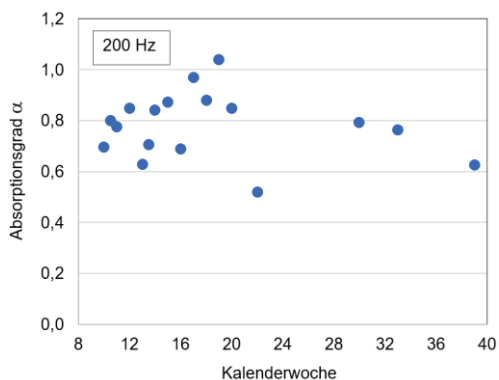


Bild 14: Absorptionsgrad bei 200 Hz, chronologisch

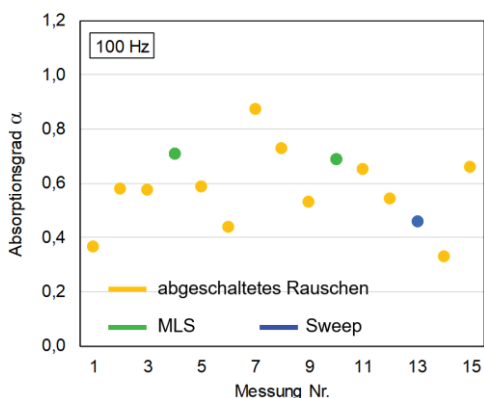


Bild 15: Absorptionsgrad bei 100 Hz, in Abhängigkeit von der Anregung

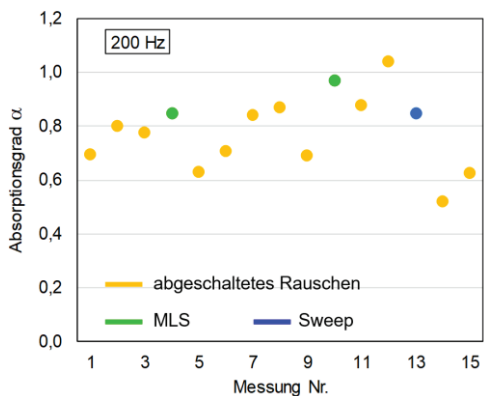


Bild 16: Absorptionsgrad bei 200 Hz, in Abhängigkeit von der Anregung

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der Luft- und Trittschallmessungen stimmen im Rahmen der erwarteten Unsicherheit gut überein.

Die überprüften Geräte befanden sich in einem guten Zustand, einzelne Ausfälle unterstreichen aber die Notwendigkeit regelmäßiger Prüfungen.

Die Bestimmung des Absorptionsgrades bereitete keine Schwierigkeiten, allerdings zeigten sich in zwei Terzen unerwartet große Abweichungen. Weitere Untersuchungen zur Klärung der Ursache für die große Streuung wurden zum Einfluss der Luftfeuchtigkeit, zur Position des Probekörpers und zur Wahl der Mikrofonpositionen angestellt. Außerdem wurden mit demselben Probekörper sieben unabhängige Messungen im rechtwinkligen Hallraum der PTB durchgeführt. Diese Ergebnisse sind in [7] aufgeführt.

Die Schallschutz-Vergleichsmessungen haben sich als Maßnahme zur Qualitätssicherung bewährt.

Literatur

- [1] *Richtlinien der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt für Schallschutz-Vergleichsmessungen* Fassung 1999
- [2] DIN EN ISO 16283-1: 2018 *Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau – Teil 1: Luftschalldämmung*
- [3] DIN EN ISO 16283-2: 2020 *Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau – Teil 2: Trittschalldämmung*
- [4] EN ISO 354: 2003 *Akustik - Messung der Schallabsorption in Hallräumen*
- [5] DIN EN ISO 10140-5: 2010 + A1: 2014, *Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen*
- [6] DIN EN ISO 12999-2: 2020 *Akustik - Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik - Teil 2: Schalldämpfung*
- [7] V. Wittstock, H. Bietz: *Untersuchungen zur Anwendbarkeit eines Referenzabsorbers für Absorptionsgradmessungen nach dem Hallraumverfahren*. DAGA 2021, Wien