

Unsicherheiten bei der Messung der Nachhallzeit – In-situ–Ringversuch für bauakustische Messungen 2018

Christoph Lechner¹, Robert Kernöcker²

¹ Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung, 1090 Wien, E-Mail: christoph.lechner@oal.at

² Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, 4021 Linz, E-Mail: robert.kernoecker@ooe.gv.at

Einleitung

Österreich hat in der Durchführung und Auswertung von Ringversuchen bereits Tradition. Erste Ringversuche im Bauakustikbereich wurden 1995 durch Prof. Judith Lang veranstaltet und ausgewertet [1]. 2001 erfolgte ein Ringversuch für Bauakustik im erweiterten Frequenzbereich [2]. Nachdem einige Prüfstellen und Laboratorien die Möglichkeit der mit der Bitte um Teilnahme an Ringversuchen für ihre Akkreditierung und Zertifizierung benötigen, wurde auch 2018 durch den Österreichischen Arbeitsring für Lärmbekämpfung ein Ringversuch organisiert. Hier sollte zum weiteren Wissensgewinn untersucht werden, wie in Übertragungssituation mit hoher Schalldämmung des Luftschalls und des Trittschalls die Unsicherheiten zu beschreiben wäre. Die Ergebnisse dieses Ringversuches wurden bereits publiziert [3] [4]. Dieser Beitrag beschreibt neue Auswertungen zu den Messungen der Nachhallzeiten. Diese werden in Bezug gebracht mit den Unsicherheiten zur Bestimmung der Absorptionsflächen. Weiters wird der Einfluss der Anregungsmethode zur Nachhallzeitmessung beschrieben.

Methoden

Als Prüfobjekt, als welches hohe Schalldämmungen erwarten lässt und indem ein Ringversuch ungestört vonstattengehen kann, wurde eine Musikschule in Steyregg in Oberösterreich gewählt. Dabei wurde sowohl Luftschall als auch Trittschall in vertikaler wie auch horizontaler Übertragungsrichtung untersucht. Den Teilnehmern wurde ein Auswertblatt zur Verfügung gestellt, in dem die Messergebnisse einzutragen waren. Hierin waren auch die Anregungsmethoden, die Art der Mikrofonpositionierung, der Umstand ob sich Personen im Raum befinden und weitere Messeigenheiten einzutragen. Folgende Forschungsfragen wurden für diese erweiterten Auswertungen formuliert:

- Wie groß sind die Unsicherheiten in der Messung der Nachhallzeiten in-Situ?
- Wie stehen diese im Vergleich zu Messungen im Hallraum?
- Gibt es signifikante Einflüsse der Anregungsmethoden für die Nachhallzeit?

Die Aufgabenstellung war ursprünglich die Messung von Luft- und Trittschalldämmung gemäß ISO 16283, Teile 1 [5] und 2 [6]. Damit waren die Ermittlungen der Nachhallzeiten gemäß ISO 3382-2 [7] integrierter Bestandteil.

Tabelle 1 beschreibt Sende- und Empfangsräume sowie die Trennbauteile und deren Geometrien.

Tabelle 1: Beschreibung der Räume und Trennbauteile

Funktion	Beschreibung	Fläche [m ²]	Volumen [m ³]
Senderraum	Klavierzimmer	26	74
Empfangsraum horizontal	Unterrichtsraum	21	59
Empfangsraum vertikal	Konferenzzimmer	28	79
Trennbauteil horizontal	Gipskartonständer-wand 5-fach	15	-
Trennbauteil vertikal	Stahlbetondecke mit abgehängter Gipskartondecke	26	-

Die Abbildung 1 und 2 zeigen die Empfangsräume, welche für die Nachhallzeitmessung herangezogen wurden.



Abbildung 1: Empfangsraum horizontal – Unterrichtsraum im 1. Obergeschoß



Abbildung 2: Empfangsraum vertikal – Konferenzzimmer im Erdgeschoß

Die statistischen Berechnungen und Auswertung erfolgt nach ISO 12999-1 [8]. Die Vergleichbarkeit und Wiederholbarkeitsgrenzen wurden nach ISO 5725 Teil 1 [9] bestimmt, Ausreißer wurden nach ISO 5725 Teil 2 [10] detektiert, allerdings nicht automatisch eliminiert, sondern nur als Verdachtsfälle markiert. 19 der 20 Teilnehmer konnten in dieser Nachbearbeitung berücksichtigt werden. Bei den 5 Wiederholmessungen ergibt sich damit eine ausreichend gute Bedingung für die Aussagekraft des Ringversuchs. Dies erfolgt nach Gleichung (1).

$$p(n - 1) \geq 35 \rightarrow 19(5 - 1) = 76 \geq 35 \quad (1)$$

mit

- p Anzahl der Prüfstellen
- n Anzahl der Mehrfachmessungen

Der Methodenvergleich erfolgte mit dem Mann Whitney-U-Test.

Ergebnisse

Die Ergebnisse für das Konferenzzimmer sind in Abbildung 3 als Box-Plots enthalten.

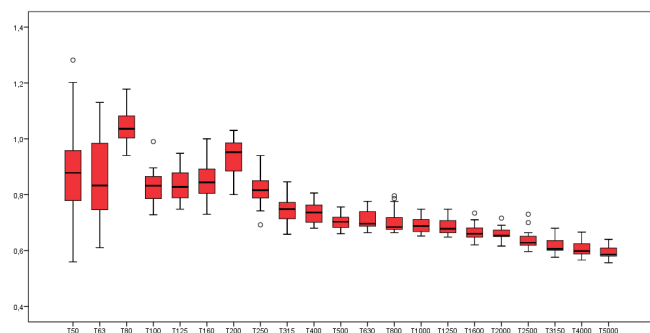


Abbildung 3: Box-Plot der Mittelwerte der Nachhallzeiten im Konferenzzimmer.

Die Ergebnisse für die Messung der Nachhallzeiten im Unterrichtsraum sind in Abbildung 4 als Box-Plot dargestellt.

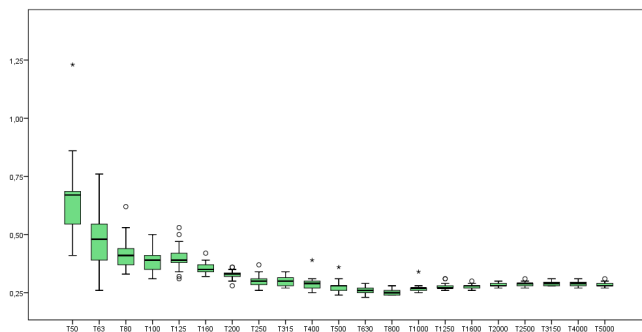


Abbildung 4: Box-Plot der Mittelwerte der Nachhallzeiten im Unterrichtsraum

Diskussion

Entsprechend ISO 12999 [8] ist die Vergleichsstandardabweichung der nach ISO 354 [11] gemessenen äquivalenten Schallabsorptionsfläche in Terzbändern unter Anwendung von nachstehender Gleichung zu berechnen.

XXX Formel in die Folien!

Mittelwerte und Vergleichsstandardabweichungen sind in Abbildung 4 für den Unterrichts- und Konferenzraum angegeben.

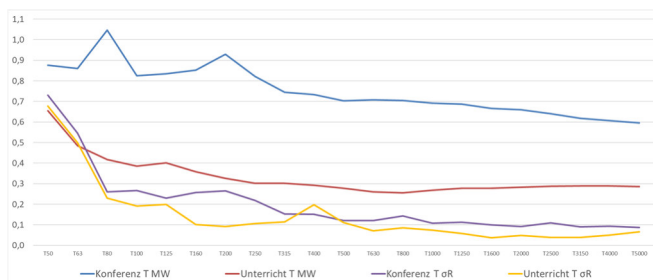


Abbildung 4: Mittelwerte und Vergleichsstandardabweichungen für die Nachhallzeit

Aus den Vergleichsstandardabweichungen für die Nachhallzeiten wurden jene für die äquivalente Absorptionsfläche berechnet. Diese sind in Abbildung 5 mit dem Vorschlagswerten von ISO 12999-2 [12] gegenübergestellt.

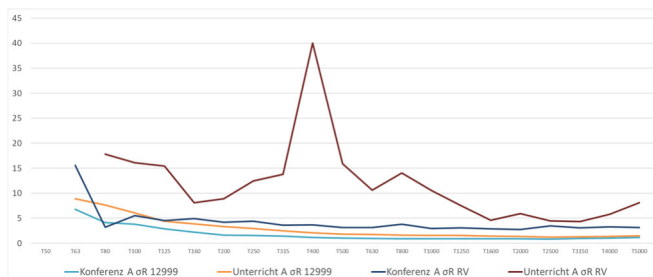


Abbildung 5: Gegenüberstellung der Vergleichsstandardabweichungen für die Absorptionsfläche des Ringversuchs mit den Werten aus EN ISO 12999-2

Der Vergleich der Anregungsmethoden zeigt das Ergebnis des statischen Tests zur Entscheidung, ob es einen Unterschied zwischen den Anregungsmethoden gibt. In Abbildung 6 werden die Ergebnisse als p-Werte dem festgelegten Signifikanzniveau von 0,05 gegenübergestellt.

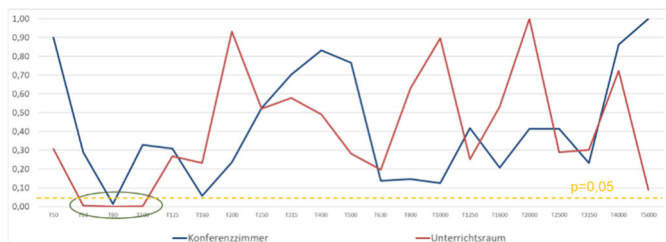


Abbildung 6: p-Werte der Vergleiche der Anregungsmethoden zur Nullhypothese, Es gibt keinen signifikanten Unterschied; eingekreist die Werte mit $p < 0,05$

EINFÜGEN IN WELCHE RICHTUNG MW ABWEICHEN

Nach EN ISO 12999 Teil 2 [12] ist es nach heutigem Kenntnisstand unmöglich, Modelle für Schalldämpfungsmessungen nach ISO 354 [11] und Bewertungen nach ISO 11654 [13] oder ähnlich zu formulieren. Um Sicherheiten dennoch bestimmen zu können wird in diesem Vorschlagsdokument das Konzept der Vergleich- und der Wiederholpräzision angewendet. Beobachtete Messunsicherheiten werden wahrscheinlich durch unterschiedliche Laborausführungen verursacht. Wenn das Verfahren nach ISO 354 [11] zur Messung der Schalldämpfung abgeändert wird, können andere Unsicherheiten als in diesem Dokument angegeben, anwendbar sein.

Abbildung 5 zeigt, dass die in diesem Ringversuch tatsächlich ermittelten Unsicherheiten weit größer sind als jene des Dokuments ISO 12999-2 [12].

Schlussfolgerungen

Die Vergleichstandardabweichungen der Nachhallzeitmessungen liegen im mittleren Frequenzbereich bei 0,1 bis 0,2 Sekunden. Diese Werte sind weitgehend unabhängig von der Größe und der Bedämpfung des Raumes. Ausgedrückt als Unsicherheit bei der Ermittlung der Dämpfung sind Raumvolumen und Bedämpfung die entscheidenden Eingangsparameter. Für die Bestimmung der bauakustischen Einzaleingaben haben die Unsicherheiten der Nachhallzeitmessungen keinen relevanten Einfluss bei der Bestimmung der äquivalenten Absorptionsfläche sehr wohl. Angaben im erweiterten Frequenzbereich unter 100 Hz in üblichen Räumen sollten besser unterbleiben.

Literatur

- [1] Lang J.: Ergebnisse von zwei Ringversuchen für bauakustische Messungen in Gebäuden.; UBA-BE-067; Umweltbundesamt Wien 1996
- [2] Lechner C.: Ringversuch für bauakustische Messungen 2001; UBA-BE-207; Umweltbundesamt Wien 2002
- [3] Lechner C.: Ringversuch für bauakustische Messungen 2018; ÖAL Monografie 1, Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung, Wien 2019
- [4] Lechner C., Kernöcker R.: Round Robin Test on Building Acoustics with High Sound Insulation; INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and

Conference Proceedings, InterNoise19, Madrid, Spain, pages 1-995, pp. 249-256(8)

- [5] ÖNORM EN ISO 16283-1:2018, Akustik — Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau — Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 16283-1:2014 + Amd 1:2017)
- [6] ÖNORM EN ISO 16283-2:2016, Akustik — Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau — Teil 2: Trittschalldämmung (ISO 16283-2:2015)
- [7] ÖNORM EN ISO 3382-2:2009, Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen (ISO 3382-2:2008 + Cor 1:2009) (konsolidierte Fassung)
- [8] ÖNORM EN ISO 12999-1:2015, Akustik — Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik – Teil 1: Schalldämmung (ISO 12999-1:2014)
- [9] ISO 5725-1, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions (1994-12-15, einschließlich Technisches Korrigendum 1:1998)
- [10] DIN ISO 5725-2:2002, Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen — Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens (ISO 5725-2:1994, einschließlich Technisches Korrigendum 1:2002)
- [11] ÖNORM EN ISO 354:2003, Akustik - Messung der Schallabsorption in Hallräumen (ISO 354:2003)
- [12] ÖNORM EN ISO 12999-2:2020; Akustik - Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik - Teil 2: Schalldämpfung (ISO 12999-2:2020)
- [13] Entwurf ÖNORM EN ISO 11654:2018 Akustik - Schallabsorber - Bewertung von Schallabsorptionsgraden (ISO/DIS 11654:2018)