

# Unsicherheiten bei der Messung des Absorptionsgrads im Hallraum

Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, volker.wittstock@ptb.de

## Einleitung

Die Messung des Absorptionsgrads im Hallraum nach DIN EN ISO 354 [1] ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Einige Teilaspekte dieser Unsicherheiten, wie z.B. die Frage des Einflusses der Luftabsorption, können mit analytischen Methoden beschrieben und in ihrer Größe erfasst werden. Ein umfassendes Unsicherheitsbudget existiert jedoch nicht, so dass innerhalb des zuständigen ISO-Gremiums der Beschluss gefasst wurde, analog zur Luft- und Trittschalldämmung zu verfahren. Für diese Kenngrößen gibt es mit der ISO/DIS 12999-1 [2] einen Normentwurf, in dem typische aus Ringversuchen ermittelte Standardabweichungen angegeben sind. Diese Werte sind die derzeit besten verfügbaren Schätzwerte für die Unsicherheit, die z.B. bei der Deklaration von Produkteigenschaften verwendet werden. Die Unsicherheiten für den Absorptionsgrad sollen in analoger Weise in Teil 2 von ISO 12999 behandelt werden. Die dazu erforderlichen Untersuchungen werden in diesem Beitrag vorgestellt.

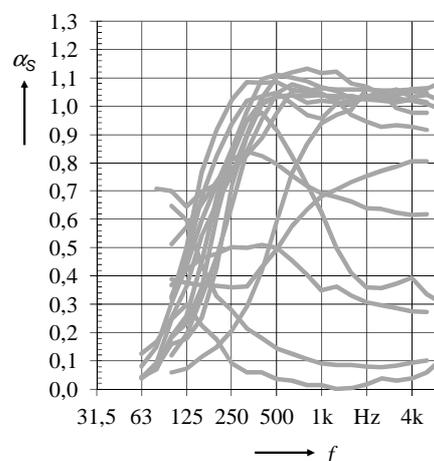
## Vorliegende Ringversuchsergebnisse

Eine Übersicht über alle bislang vorliegenden Ringversuchsergebnisse findet sich in Tabelle 1. Auch die älteren Ergebnisse fanden Berücksichtigung, da sie statistisch unauffällig sind und sich auch das Messverfahren nicht prinzipiell geändert hat.

**Tabelle 1** Ringversuche zur Messung des Absorptionsgrads

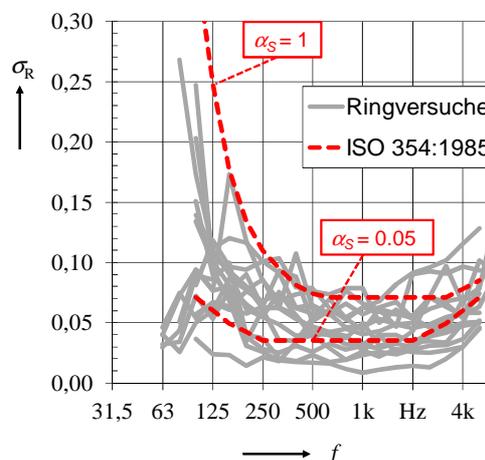
Jahr	Objekt	Hallräume	Organisation
2011	15 mm Filz auf Lattung	22	CEN TC 126 WG 11 [3]
2011	50 mm Glaswolle auf Lattung	22	
2011	12,5 mm Lochgips auf Lattung	22	
2009	100 mm Mineralwolle in Kästen	13	PEUTZ [4]
2009	Schachbrettmuster Sperrholz/MW	13	
2009	18 mm Sperrholz auf 100 mm MW	13	
2009	33 mm Schaum	13	
2006	Unterdecke, Montage A	16	ASTM [5]
2006	Unterdecke, Montage E400	12	
1980	50 mm Mineralwolle	14	AS [6]
1974	10 Baffles	11	NordTest [7]
1974	50 mm Mineralwolle	12	
1974	50 mm Mineralwolle auf Lattung	12	
1974	6 mm Hartfaser auf Lattung	11	
1974	Lochgips auf Lattung	12	

Die Ergebnisse des ASTM-Ringversuchs [5] wurden mit einer Prüffläche von nur 6,5 m<sup>2</sup> erzielt, während bei allen anderen Ringversuchen Prüfflächen von ca. 10 m<sup>2</sup> vorlagen. Da sich die ASTM-Ergebnisse jedoch gut in das Gesamtbild einfügen, wurden sie in die Auswertungen einbezogen. Beim Ringversuch in Australien, Neuseeland und Asien [6] wurden auch Messungen in Räumen mit Volumina deutlich unter den nach [1] erforderlichen 150 m<sup>3</sup> durchgeführt. Diese Ergebnisse zeigten insbesondere bei höheren Frequenzen stark abweichende Ergebnisse, so dass sie für die weiteren Auswertungen nicht herangezogen wurden. Darüber hinaus wurden keine Messergebnisse disqualifiziert.



**Bild 1** Mittlere Absorptionsgrade aller Ringversuche

Die mittleren Absorptionsgrade aller vorliegenden Ringversuche decken einen sehr großen Wertebereich ab (Bild 1). Bei mittleren bis hohen Frequenzen liegen sie in etwa zwischen 0 und 1, während bei 125 und 100 Hz immer noch Absorptionsgrade zwischen 0,1 und 0,7 erreicht werden. Die zugehörigen Vergleichs-Standardabweichungen streuen recht stark (Bild 2), wobei die Werte aus der ISO 354 aus dem Jahr 1985 realistische Schätzwerte darstellen, die jedoch für unterschiedliche Absorptionsgrade gültig sind.



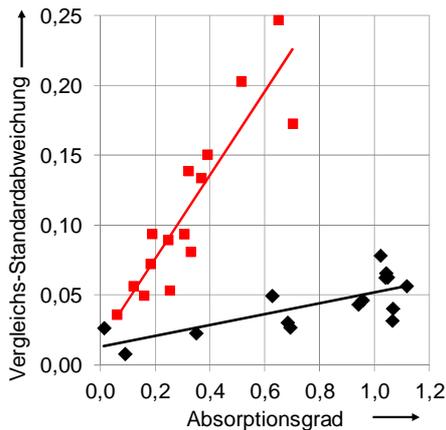
**Bild 2** Mittlere Vergleichs-Standardabweichung aller Ringversuche und Werte aus ISO 354: 1985

## Auswertungen

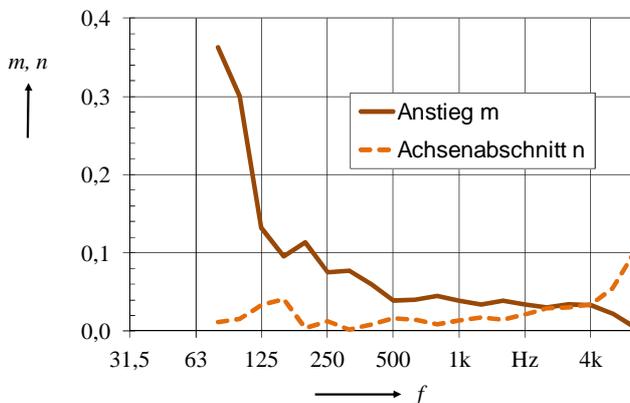
Eine detaillierte Betrachtung der vorliegenden Messergebnisse zeigt, dass die Vergleichs-Standardabweichung vom Absorptionsgrad selbst abhängt. Größere Absorptionsgrade zeigen größere Vergleichs-Standardabweichungen (Bild 3). Es besteht in etwa ein linearer Zusammenhang, so dass als Vorschlag für die zukünftige Norm ISO 12999-2

$$\sigma_{R,12999-2} = m \alpha_s + n \quad (1)$$

angesetzt wurde. Der Anstieg  $m$  und der Achsenabschnitt  $n$  wurden mit einer linearen Regression terzweise aus den Ringversuchsergebnissen berechnet. Der Anstieg fällt mit der Frequenz, während der Achsenabschnitt mit der Frequenz anwächst (Bild 4).



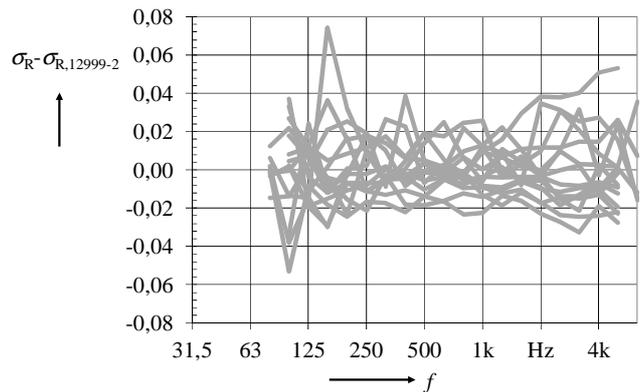
**Bild 3** Vergleichs-Standardabweichung als Funktion vom Absorptionsgrad bei 100 Hz (rot) und 1000 Hz (schwarz) und zugehörige Regressionsgeraden



**Bild 4** Anstieg  $m$  und Achsenabschnitt  $n$  zur Abschätzung der Unsicherheit nach Gl. (1)

In welchem Maße die vorgeschlagene Gleichung (1) mit den ermittelten Eingangswerten  $m$  und  $n$  die vorliegenden Messergebnisse annähert, lässt sich Bild 5 entnehmen. Dort ist die Differenz der tatsächlich auftretenden Vergleichs-Standardabweichungen zur Näherung aufgetragen. Die Differenz streut um ca.  $\pm 0,02$ , wobei 43 % der Werte über der Nulllinie liegen. In Bezug auf die geschätzte Vergleichs-Standardabweichung bedeutet dies, dass in 43 % der Fälle die Schätzung nach Gleichung (1) zu kleine Werte liefert. Um hier zu einer größeren Sicherheit zu kommen und in der künftigen ISO 12999-2 eine eher konservative Schätzung der Unsicherheit anzugeben wird daher vorgeschlagen, den

Achsenabschnitt um 0,02 zu vergrößern. Dann liegen nur noch 12 % der Ringversuchsergebnisse über dem Schätzwert.



**Bild 5** Differenz der Vergleichs-Standardabweichungen aus Ringversuchen und dem Wert berechnet nach Gl. (1)

## Zusammenfassung

Eine umfassende Auswertung von Ringversuchsergebnissen führte zu der Erkenntnis, dass die Vergleichs-Standardabweichung des in Hallräumen gemessenen Absorptionsgrads wesentlich vom Absorptionsgrad selbst abhängt. Diese Abhängigkeit wurde terzweise durch lineare Regression ermittelt. Es wird vorgeschlagen, eine Vergleichsstandardabweichung aus diesen Erkenntnissen abzuleiten, die als derzeit beste Schätzung für die Unsicherheit des in Hallräumen gemessenen Absorptionsgrads verwendet werden kann.

## Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt allen, die Messergebnisse zur Verfügung gestellt haben.

## Literatur

- [1] DIN EN ISO 354, *Akustik - Messung der Schallabsorption in Hallräumen*, 2003
- [2] ISO DIS 12999-1: *Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik - Teil 1: Schalldämmung*, 2012
- [3] A.-C. Thysell: *Test Codes for suspended ceilings. - Sound absorption RRT*. Tyrens AB project no. 224628, 2011
- [4] D. Tompson, M. Vercammen: *Round robin project*. PEUTZ B.V., 2009
- [5] *Interlaboratory Study to establish precision statements for ASTM C423*, Research Report E33-1010, ASTM, 2006
- [6] W.A. Davern, P. Dubout: *First Report on Australasian comparison measurements of sound absorption coefficients*. CSIRO, Melbourne, 1980
- [7] Internordisk Jämförelsemätning av Ljudabsorptionsfaktorn, SP-Rapp. 1974: 30