

Reflexionsarme Räume - eine Frage der Auskleidung

Hans-Joachim Milz, G+H Schallschutz GmbH, 67059 Ludwigshafen

Reflexionsarme Schallmessräume haben sich in der Vergangenheit bei der Messung von schmalbandigen oder sich schnell ändernden Geräuschen bewährt. In den letzten Jahren ist eine Tendenz zu beobachten, die von den allgemein, für alle Messaufgaben, geeigneten Räumen zu für spezielle Aufgaben konzipierte Räume führt. Eine neue Generation von stark bedämpften Räumen ist entstanden.

Moderne Messtechnik und Messräume für spezielle Aufgaben erfordern zwar auch reduzierte Raumreflexionen bzw. reduzierte Raumbückantworten, lassen aber weniger strenge Messumgebungen zu als sie in der ISO 3745 gefordert sind. Statt der reflexionsarmen ISO-3745-Räume können stark bedämpfte Räume eingesetzt werden, die im Folgenden zur Unterscheidung als "hochabsorbierende Räume" bezeichnet werden.

Anhand der Anforderungen an Räume nach ISO 3745 hat G+H Schallschutz hausintern die Anforderungen an die Auskleidung hochabsorbierender Räume definiert und Untersuchungen durchgeführt, welches Freifeldverhalten sich in diesen Räumen einstellt.

Die ISO 3745 fordert für die Auskleidung einen im Kundt'schen Rohr gemessenen Reflexionsfaktor von kleiner 0,1 oberhalb der Grenzfrequenz, dies entspricht einem Absorptionsgrad von mehr als 99 %. Reduzierte Anforderungen auf einen Absorptionsgrad von 90 % führen auf einen Reflexionsfaktor von etwa 0,3. Bei der Entwicklung von Produkten ist beiden Auskleidung die grundsätzliche Messung im Kundt'schen Rohr gemein, für hochabsorbierende Räume werden diese Messungen gewöhnlich durch Absorptionsgradmessungen im Hallraum ergänzt. Kanteneffekte, mangelnde Diffusität und andere Effekte führen oft zu Absorptionsgraden größer 1 und lassen kaum Aussagen über das Verhalten im realen Raum zu. Die Qualität des realen Raumes lässt sich nur, wie es die ISO 3745 vorsieht, durch Messen der tonalen Stehwelligkeit auf kontinuierlichen Pfaden feststellen. Schallausbreitungsmessungen mit Rauschsignalen haben nur eine sehr eingeschränkte Aussagekraft.

Anhand von zwei Beispielen sei die Entwicklung von Flachabsorbent für hochabsorbierende Räume nachvollzogen.

Für ein größeres Objekt ist für eine maximal 400 mm tiefe Absorptionsauskleidung der Absorptionsgrad α_s bis zu einer Frequenz von 25 Hz nachzuweisen. Oberhalb 100 Hz soll der Absorptionsgrad nahezu 1 sein. Bei der Entwicklung zeigt sich sehr schnell, wie das Absorptionsverhalten im unteren Frequenzbereich beeinflusst werden kann. Bild 1 zeigt typische Spektren des Reflexionsfaktors gemäß ISO 10534-2 für drei unterschiedliche Füllungen eines Aufbaus. Ein Kompromiss zwischen tiefer Abstimmung und möglichst gleichmäßigem Verlauf ist zu finden. In einem weiteren Schritt finden Absorptionsgradmessungen im Hallraum (200 m³) statt. Bei normgerechten ISO 354 Messungen ist wegen der Hallraumgröße die untere Grenzfrequenz 100 Hz. In amerikanischen Vorschriften wird man auf der Suche nach Verfahren zur Messung bei tieferen Frequenzen fündig. Dort ist die Mindestraumgröße in

Abhängigkeit von der untersten Messfrequenz angegeben. Allerdings ist die Größe des Messobjektes mit 6,69 m² festgeschrieben. Nimmt man nun die ASTM C 423-90a zur Bestimmung des Raumvolumens und legt die Prüflingsfläche mit λ_g^2 fest, was etwa der ISO 354 entspricht, lässt sich folgende Tabelle aufstellen:

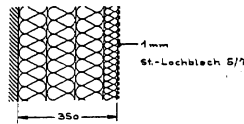
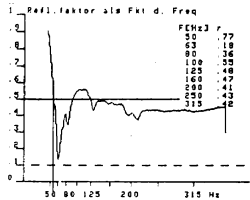
Frequenz [Hz]	Volumen [m ³]	Prüffläche [m ²]
100	160-200	10-12
80	310-400	16-18
63	630-800	25-30
50	1250-1600	40-45
40	2450-3200	65-70
31,5	5050-6400	100-115
25	10100-12800	165-185

Bei Messungen in einer schallharten Halle mit 2000 m³ Volumen und einer Prüflingsfläche von 100 m² kann bis zu einer Frequenz von etwa 40 bis 50 Hz mit einer der Norm entsprechenden Genauigkeit gerechnet werden.

Bild 2 zeigt den Reflexionsfaktor eines 350 mm dicken Aufbaus, der auch in zwei Hallräumen (Volumen 200 und 2000 m³, Prüffläche 12 und 100 m²), gemessen wurde. Bild 3 vergleicht die Absorptionsgrade, die sich aus den unterschiedlichen Messverfahren ergeben. Neben den aus den Reflexionsfaktoren bei den Terzmittenfrequenzen berechneten Absorptionsgraden sind ergänzend die bei den unteren Terzgrenzen berechneten eingetragen. Dies berücksichtigt die steile Flanke des Reflexionsfaktors im unteren Frequenzbereich.

Ein besonders kleiner Vollraum mit den lichten Maßen 3,3 x 3,1 x 2,0 m ist mit nur 250 mm tiefen Absorbent ausgestattet. Bild 4 vergleicht den im Kundt'schen Rohr gemessenen Reflexionsfaktor mit dem im Hallraum gemessenen Absorptionsgrad. Im realen Raum stellt sich bei der Messung nach ISO 3745 eine nahezu frequenzunabhängige Stehwelligkeit von etwa 5 dB ein, dies entspricht einem Reflexionsfaktor von etwa 0,25 bis 0,30 bzw. einem Absorptionsgrad von etwa 0,94 bis 0,91. Die Bilder 5 und 6 zeigen einige Messkurven. Im realen Raum stellen sich die Verhältnisse ein, wie sie aus der Messung im Kundt'schen Rohr zu erwarten sind. Die Hallraummessungen täuschen eine zu hohe Qualität der Absorbent vor.

Schallausbreitungsmessungen mit breitbandigen Signalen täuschen mit abnehmender Kohärenzlänge des Signales eine zunehmende Qualität des Raumes vor, wie Bild 7 zeigt.



- Hallraum 2000 m³, 100 m²
- Hallraum 200 m³, 12 m²
- berechnet aus r(f)
- berechnet aus r(fu)

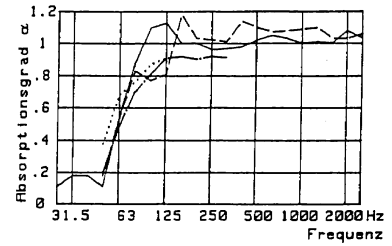
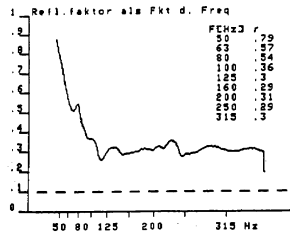
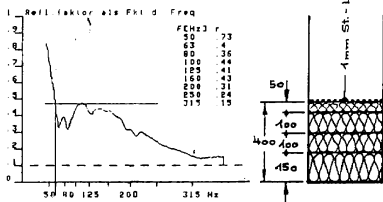


Bild 2 Reflexionsfaktor 350 mm Flachabsorber

Bild 3 Absorptionsgrad 350 mm Flachabsorber

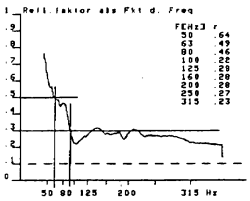


Bild 1 Einstellen des Reflexionsfaktors

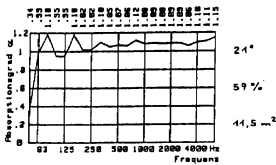
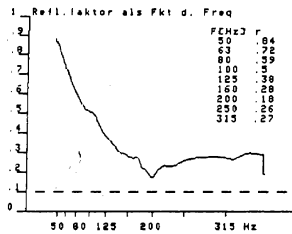


Bild 4 Vergleich zwischen Reflexionsfaktor und Absorptionsgrad

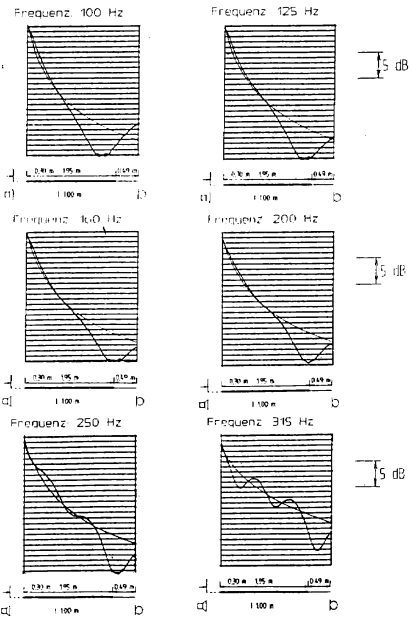


Bild 5 Stehelligkeit im realen Raum

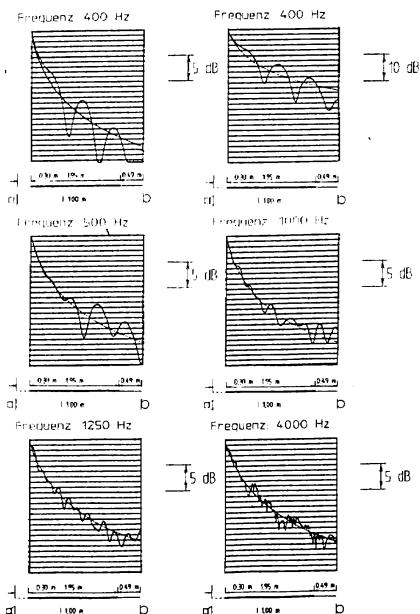


Bild 6 Vergleich zwischen Reflexionsfaktor und Absorptionsgrad

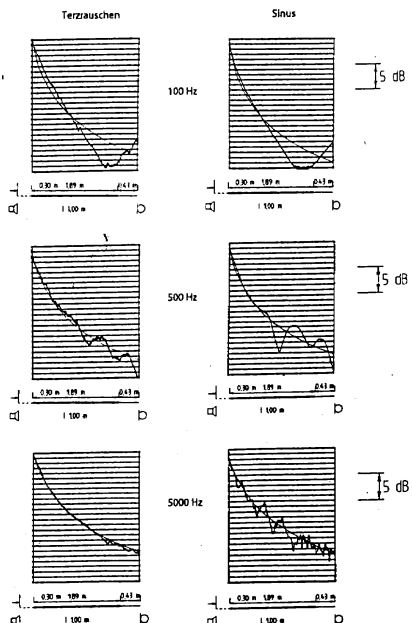


Bild 5 Vergleich 1/r-Messung mit Terzrauschen und Ton