

24 (1997) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

H.V. Fuchs, G. Pfeiffer¹, M. Roller²

Reflexionsarmer Motor-Akustik-Prüfstand bis 50 Hz

Im Forschungs- und Ingenieurzentrum der BMW AG in München wurde ein Motor-Akustik-Prüfstand mit einem lichten Rohbau-Volumen von nur 339 m³ dank einer neuartigen, nur 25 cm dicken, allseitig reflexionsarmen Wandauskleidung, ähnlich derjenigen im Aeroakustik-Windkanal der Universität Stuttgart [1], für Freifeld-Messungen bis 50 Hz herunter gebaut (Bild 1). Die hier erstmals eingesetzten Breitband-Kompakt-Absorber (BKA) mit glatter, resistenter Oberfläche kommen den harten Einsatzbedingungen hinsichtlich Verschmutzung durch Öltröpfchen und Abrieb durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten entgegen. Sie widerlegen gleichzeitig das weit verbreitete Vorurteil, daß die Anforderungen der Genauigkeitsklasse 1 gemäß DIN 45 635 T. 1 oder ISO 3745 nur mit Keil-, Pyramiden- oder Würfel-Strukturen mit einem Absorptionsgrad von 99 % und einer Bautiefe von einem Viertel der größten zu messenden Wellenlänge an den Begrenzungsflächen zu



Bild 1: Photographische Aufnahme des Motor-Akustik-Prüfstands bei der BMW AG, München, mit einer bis 50 Hz hochwirksamen reflexionsarmen Auskleidung aus Breitband-Kompakt-Absorbem

realisieren seien. Einschränkungen der Freifeld-Bedingungen resultieren vielmehr bei tiefen Frequenzen vor allem aus einer dezentralen Anordnung der Quelle und bei hohen Frequenzen aus in der Praxis üblichen zahlreichen reflektierenden Einbauten.

Das Dilemma kleiner reflexionsarmer Räume bei tiefen Frequenzen

Nach herkömmlicher Vorstellung sollte eine kugelförmige Meßfläche mit einem Radius von λ oder $\lambda/2$ um die Quelle herumgelegt und nirgends näher als $\lambda/4$ an eine Raumauskleidung herangeführt werden. Wenn letztere konventionell ebenfalls $\lambda/4$ tief ausgeführt wird, ergibt sich die untere Grenzfrequenz f_u eines würfelförmigen Freifeldraumes bei zentraler Anordnung einer ebenfalls würfelförmigen Quelle nach Bild 2. Eine außermittige Anordnung einer größeren Quelle wie des Motors im Prüfstand würde das nutzbare Raumvolumen derart verkleinern, daß eine traditionelle Auslegung der Absorber im vorliegenden Fall eigentlich nur auf Frequenzen oberhalb etwa 200 Hz hätte abzielen können.

Andererseits spielt die Geräuschemission der Motoren auch unter 100 Hz eine wichtige Rolle bei der Lärmminde-

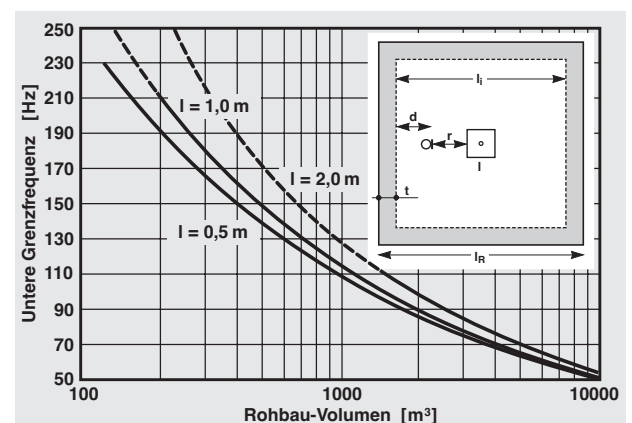


Bild 2: Untere Grenzfrequenz in Abhängigkeit vom Rohbau- und Prüflings-Volumen (—) für $r = \lambda$ und $d = t = \lambda/4$ nach DIN 45635 T. 1 bzw. ISO 3745 bei zentraler Anordnung der ebenfalls würfelförmig angenommenen Quelle. Prüflings-Volumen > 0,5 % des Meßraum-Volumens (---)

¹ BMW AG, München

² FAIST Anlagenbau GmbH, Krumbach

rung und dem Sound-Design von Kraftfahrzeugen. Es lag daher nahe, an die Erfahrungen des Instituts für Bauphysik mit raumsparenden Tiefen-Absorbern in einer 1750 m³ großen Meßhalle [1] mit Membran-Absorbern und in Studiöräumen [2] mit Verbund-Platten-Resonatoren anzuknüpfen und eine schlanke reflexionsarme Auskleidung des Motor-Akustik-Prüfstandes vorzuschlagen, die das Raumproblem kleiner Meßkabinen bei tiefen Frequenzen auf auch architektonisch sehr ansprechende Weise löst [3].

Problemlösung mit Breitband-Kompakt-Absorbern

Die gewählte Kombination unterschiedlich abgestimmter BKA wies im Hallraum den in Bild 3 im Vergleich mit der in [1] beschriebenen Auskleidung dargestellten Absorptionsgrad α_s auf. In Bild 4 ist das Ergebnis der Schalldruckpegel-Abnahmemessung für 50 Hz und 800 Hz beispielhaft auf einer Bahn vom Aufstellungsort des Motors zu einer weit entfernten oberen Ecke des Prüfstandes dargestellt [3]. Hier beträgt die Abweichung von der theoretischen Ge-

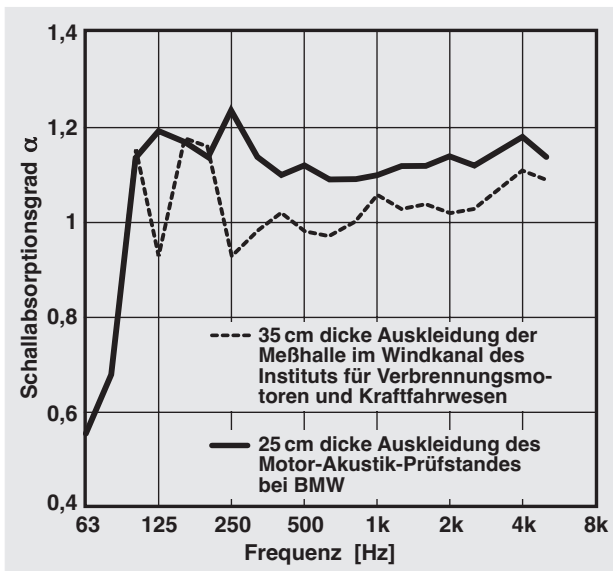


Bild 3: Absorptionsgrad α_s in Abhängigkeit von der Frequenz, gemessen im großen Hallraum des Instituts für Bauphysik

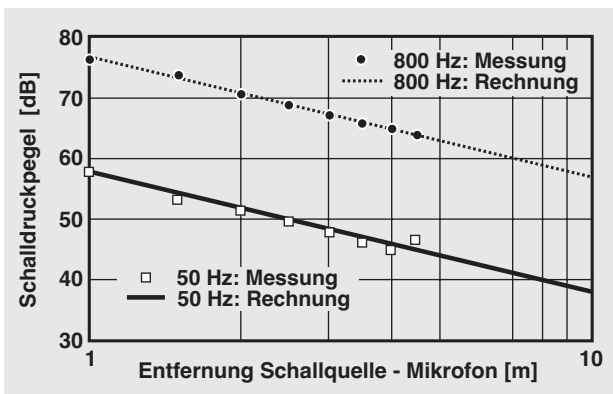


Bild 4: Schalldruckpegelabnahme über der Entfernung auf einer Bahn im oberen Teil des rückwärtigen Raumes im Motor-Akustik-Prüfstand (ohne Gitterrost)

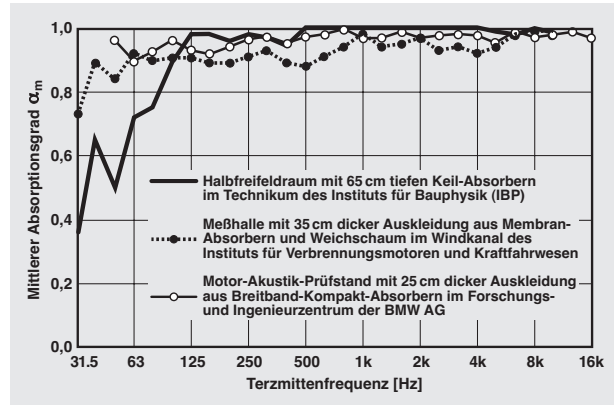


Bild 5: Mittlerer Absorptionsgrad in Abhängigkeit von der Terzmittenfrequenz, ermittelt nach [4] in drei reflexionsarmen Räumen:

raden bei 50 Hz erst bei einem Abstand von 4,5 m mit 1,6 dB etwas mehr als der Anforderung nach Genauigkeitsklasse 1 entspricht. Selbst auf den ungünstigsten Bahnen zu den anderen Raumecken beträgt dieser Abstand noch ausreichende 2 m bei 50 Hz, da der Standardmeßabstand in diesem Prüfstand auf 1,5 m festgelegt wurde.

Aus den Abweichungen von den Geraden lassen sich nach Diestel [4] entsprechende mittlere Absorptionsgrade α_m der Raumauskleidung im Einbauzustand ermitteln. Bild 5 zeigt z.B. den mittleren Absorptionsgrad für einen fast 1000 m³ großen reflexionsarmen Raum des Instituts für Bauphysik mit fünfseitiger Auskleidung mit 65 cm langen Mineralfaserkeilen. Erwartungsgemäß knickt die Kurve ab 125 Hz (entsprechend $\lambda/4$) zu tieferen Frequenzen steil ab. Die Ergebnisse aus der 1750 m³ großen Meßhalle des Kfz-Windkanals des Instituts für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen der Universität Stuttgart erreicht zwar bei mittleren und hohen Frequenzen nicht ganz die Werte des Laborraumes im Institut für Bauphysik wegen der zahlreichen Einbauten. Dies ist aber, wie in [1] gezeigt werden konnte, zum Erreichen der Genauigkeitsklasse 1 auch gar nicht nötig. Dafür bleibt der mittlere Schallabsorptionsgrad unterhalb 125 Hz weit oberhalb der Werte des IBP-Raumes und fällt erst unterhalb 63 Hz etwas ab. Allenfalls im, vom Motor aus gesehen, rückwärtigen oberen Teil des BMW Raumes mit seinen nur 339 m³ läßt sich das "Freifeld" mit dem in den viel größeren Meßräumen vergleichen. Trotz der massiven Einbauten weist der neue Motor-Akustik-Prüfstand in diesem Bereich bis 50 Hz herunter auch höhere α_m -Werte als der Raum des Instituts für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen auf.

Literatur

- [1] Eckoldt, D.; Fuchs, H.V.; Frommhold, W.: Alternative Schallabsorber für reflexionsarme Meßräume. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 41 (1994), H. 6, S. 162-170.
- [2] Zha, X.; Fuchs, H.V.; Hunecke, J.: Raum- und bauakustische Gestaltung eines Mehrkanal-Abhörzimmers. Rundfunktechnische Mitteilungen 40 (1996), H. 2, S. 49-57.
- [3] Babuke, G.; Teige, K.: Akustische Abnahmemessungen in einem Motor-Akustik-Prüfstand. Interner Bericht B-TA 1/1997 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik.
- [4] Diestel, H.G.: Messung des mittleren Reflexionsfaktors der Wandauskleidung in einem reflexionsarmen Raum. Acustica 20 (1968), H. 2, S. 101-104.



Fraunhofer Institut Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
 D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
 D-83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0