

20 (1993) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

H.V. Fuchs, J. Hunecke, X. Zha, T. Zhang, X. Zhou

Maßnahmen gegen das “Dröhnen” von Aufnahme- und Wiedergabe-Räumen

Übertragungsfunktion kleiner Räume

Bei den Eigenfrequenzen, die zu bestimmten Schwingungs-Moden eines Raumes gehören, klingt der Raum auch bei nur kurzzeitiger Anregung besonders lange nach, wenn für diese keine Absorption im Raum vorhanden ist. Durch dieses “Festhalten” einzelner Frequenzanteile wird das Klangbild einer Wiedergabe auf unnatürliche Weise verzerrt. Außerdem ändert sich der Klangeindruck für den Hörer, wenn er sich im Raum auch nur um wenige cm bewegt, weil besagte Moden im Raum stehende Wellen ausbilden, ein Phänomen, das es in größeren Räumen oder bei höheren Frequenzen nicht gibt. Der Raum in **Bild 1** hat bei einer Deckenhöhe von 2,30 m und einer Grundfläche von 6,23 m x 7,08 m = 44,1 m² ein Volumen von 101,4 m³. Die Decke besteht aus abgehängten Gipskartonplatten.



Bild 1: Der fertig eingerichtete Vorführraum: Hinter der Grünpflanze in der Raumecke stehen die Membran-Absorber, daneben zu beiden Seiten die porösen Absorber [3]

Für die Messung der Nachhallzeit wurden 12 gepolsterte Stühle in der Mitte des Raumes aufgestellt. Er entspricht damit recht gut einem normalen Wohnzimmer; er konnte während der Tonmeistertagung 1992 in Karlsruhe [1] als Vorführraum für Mehrkanal-Produktionen von den teilnehmenden Referenten benützt werden.

Zunächst wurde der Raum im Ausgangszustand auf konventionelle Weise nach DIN 52 216 vermessen. Die obere

Graphik des **Bildes 2** zeigt für den Frequenzbereich von 80 bis 5000 Hz die Nachhallzeit in einzelnen Terzen. Unterhalb von 80 Hz ist es nicht mehr sinnvoll, die Nachhallzeit für eine Terz anzugeben, sondern sie muß für jede Raum-Mode einzeln bestimmt werden [2]. Dazu wurde im Bereich von 20 bis 100 Hz mit einem Zweikanal-Spektrum-Analysator die Übertragungsfunktion für den Schalldruck zwischen zwei gegenüberliegenden Raumecken bestimmt.

Die untere Graphik des **Bildes 2** gibt den Betrag der Übertragungsfunktion wieder. Die einzelnen Resonanz-Spitzen zeigen die Lage der Raum-Moden deutlich an. Moderne Spektrum-Analysatoren erlauben es, durch mathematische Fit-Funktionen die Halbwertsbreite Δf und Resonanzfrequenz f_0 mehrerer Moden gleichzeitig zu bestimmen. Sie werden beispielsweise in Form von Polen der Übertragungsfunktion ausgegeben. Die Halbwertsbreite einer solchen Resonanz läßt sich dann in eine entsprechende “äquivalente Nachhallzeit” T_{60} umrechnen, wie in [3] ausführlicher dargestellt wird.

Bild 3 zeigt die berechnete Verteilung des Schalldruckquadrats auf den Begrenzungsflächen des Raumes am Beispiel einer bestimmten Raum-Mode bei 55,1 Hz. Raumakustische Maßnahmen müssen also in diesem Beispiel ab etwa 50 Hz getroffen werden, um ein störendes Nachklingen mit äquivalenten Nachhallzeiten (gemäß **Bild 3** oben) von mehr als 2,5 s zu vermeiden. Nur so ließe sich auch die für hochwertige Mehrkanal-Vorführungen mit im Raum verteilten Lautsprecher-Systemen wünschenswerte gleichmäßige Beschallung des Raums erreichen.

Anordnung geeigneter Absorber im Raum

Ein konkretes Beispiel soll zeigen, wie es gelingt, mit kompakten Absorbern so in eine gezielte Wechselwirkung mit dem stehenden Wellenfeld zu treten, daß das Dröhnen bei tiefen Frequenzen in kleinen Räumen weitgehend vermieden werden kann. Durch weitere Maßnahmen bei mittleren und hohen Frequenzen gelingt es, einen Raum zu schaffen, der durchweg als verfärbungsfrei, transparent und angenehm beurteilt wird. Dazu wurden Membran-Absorber [4] auf 50 bis 125 Hz abgestimmt. Die 14 Elemente waren bei einer Bautiefe von 100 mm je 1 x 1 m² groß. Sie wurden in den Raumecken flach an der Wand plaziert (**Bild 1**). Für

den Bereich ab 125 Hz kamen 60 0.5 x 0.5 m² große Elemente aus 100 mm dicken Schaumstoff-Platten zum Einsatz. Sie wurden in Lochblech-Körbe mit einem Lochflächenanteil von 56 % montiert. Der Schaumstoff war einseitig verhautet. Damit bestand die Möglichkeit, die offene porige oder die geschlossene Oberfläche dem Raum zuzuwenden, um die Absorption bei sehr hohen Frequenzen variieren zu können. Durch Einlegen einer Kunststoffolie zwischen Lochblech und Schaumstoff standen alternativ auch Absorber zur Verfügung, die nur im mittleren Frequenzbereich absorbieren. So war es möglich, vor Ort eine genaue Feinabstimmung der Nachklingzeit vorzunehmen. Bild 2 zeigt die sehr gleichmäßige Nachklingzeit von etwa 0.35 s für den Vorführraum im endgültigen Zustand mit 12 Stühlen. Selbst bei 50 Hz steigt sie nur noch auf 0.7 s an.

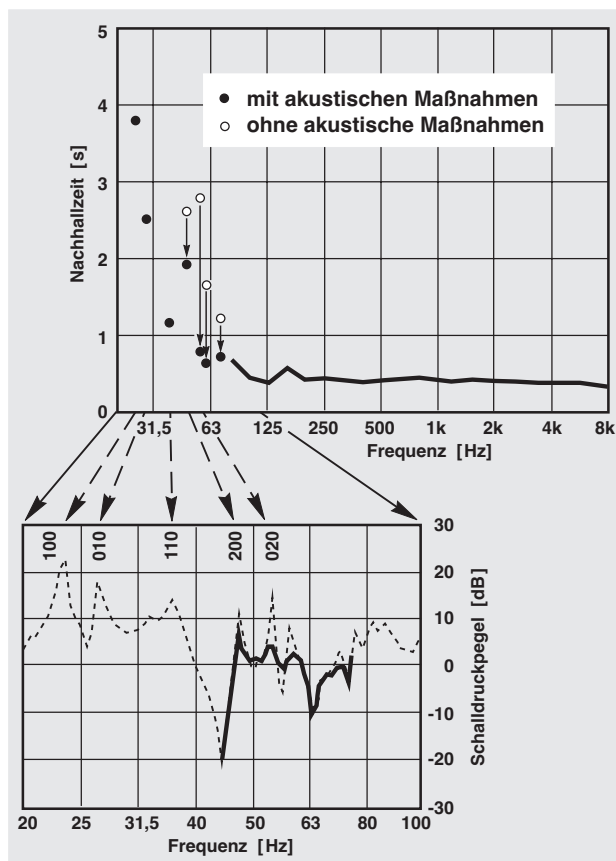


Bild 2: Die äquivalente Nachhallzeit (oben) und Übertragungsfunktion (unten) des Vorführraumes mit 12 gepolsterten Stühlen, ohne Zuhörer.

Ausblick

Die durchweg positive Resonanz der Zuhörer auf der Tonmeistertagung 1992 [1] machte deutlich, wie wichtig eine gute Raumakustik für die Wiedergabe von Mehrkanal-Produktionen ist. Diese in der Studientechnik schon lange beachtete Tatsache wird auch für den Heimbereich in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Die einzelnen Komponenten zur Musikreproduktion haben auch hier mittlerweile eine Qualität erreicht, die den Raum zum schwächsten Glied in der Übertragungskette werden ließen. Es sollte gezeigt wer-

den, daß diese hieraus resultierende raumakustische Aufgabe in kleinen Räumen nicht nur eine gewisse Nachhallzeit-Regulierung, sondern eine gezielte Beeinflussung einzelner Raum-Moden bei tiefen Frequenzen erforderlich macht.

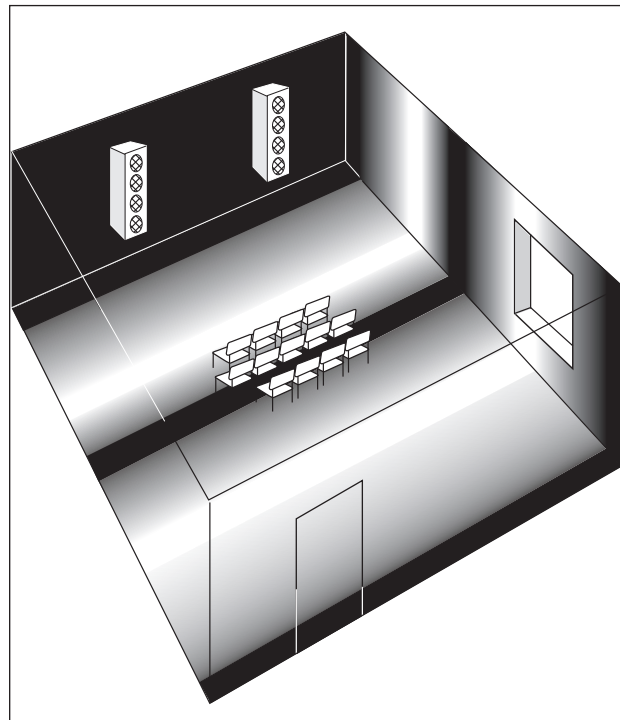


Bild 3: Berechnete Schalldruckverteilung auf den Wänden des Vorführraumes nach Bild 1 für eine bestimmte Raum-Mode [3].

Literatur

- [1] Hunecke, J.; Fuchs, H.V.; Zhou, X.; Zhang, T.: Einsatz von Membran-Absorbern in der Raumakustik. In: 17. Tonmeister-tagung Karlsruhe 17.-20. Nov. 1992, Verlag K.G. Saur, München 1993, S. 205-219.
- [2] Oelmann, J.; Zha, X.: Zur Messung von "Nachhallzeiten" bei geringer Eigenfrequenzdichte. Rundfunktechnische Mitteilungen 30 (1986), H. 6, S. 257-268.
- [3] Fuchs, H.V.; Hunecke, J.: Der Raum verdirbt die Übertragungsgüte - Kompakte Membran-Absorber für tiefe Frequenzen schaffen Abhilfe. Studio Magazin 16, Nr. 168 (1993), H. 4, S. 30-37.
- [4] Fuchs, H.V.: Zur Absorption tiefer Frequenzen in Tonstudios. Rundfunktechnische Mitteilungen 36 (1992), H. 1, S. 1-11.



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