

Studios für die Industrie

Walter Baumann, Abhay Rajmane

G+H Schallschutz GmbH, 68199 Mannheim, E-Mail: Walter.Baumann@guh-gruppe.de

Abhay.Rajmane@guh-gruppe.de

Einleitung

Akustik-Studios bezeichnen allgemein Einrichtungen zur Aufnahme und Bearbeitung von Schallereignissen. Dabei kann es sich um Musik jeglicher Art handeln, ebenso um Sprache und Geräusche für Hörfunk, Television, Cineastik etc. Im Gegensatz dazu steht in Hörräumen die akustische Wiedergabe im Vordergrund, der von der Raumumgebung möglichst nicht verfälscht werden soll. So werden z.B. in Infotainment-Einrichtungen der Automobil-OEMs Motor- oder andere Bauteilgeräusche synthetisiert und in Hörräumen abgespielt, um sie einem neutralen Auditorium zur Evaluation vorzuspielen. Auch Hersteller von Haushaltsgeräten nutzen Sound design und testen die Wirkung in derartigen Räumen. Im Folgenden werden die Anforderungen an den optimalen Referenzhörerraum definiert und zwei Ausführungen vorgestellt.

Anforderungen

Generell umfasst der Hörbereich etwa 10 Oktaven im Frequenzbereich 20 Hz bis 20 kHz. Bei tiefen Frequenzen gilt es Modenbildung / -überlappung und stehende Wellen zu vermeiden. Im mittleren und hohen Frequenzbereich sollte das akustische Raumfeld keine frühen Reflexionen aufweisen, damit Kammfiltereffekte erst gar nicht auftreten. Wenn die direkte Schallwelle mit ihrer, um ca. 2 – 15 ms verzögerten reflektierten Welle interferiert, werden Stehwelligkeiten generiert, die dann zu unangenehmen, störenden Klangfarben führen. Frühe Reflexionen zwischen 1 kHz und 8 kHz sollen daher mindestens 15 dB unterhalb des Direktsignals liegen. Auch Flatterechos bedingen störende Klangeffekte und sind daher unbedingt zu unterbinden.

Der Schallpegel in Studios liegt in einem Bereich von ca. 10 dB(A) bis ca. 95 dB(A). Insofern sollte ein Störpegel von NR 10 durch geeignete Schalldämm-Maßnahmen und ggf. durch elastische Lagerung angestrebt werden. Bei voller Pegelstärke ist das Vibrieren von Einbauteilen im Studio zu unterbinden, da dies ebenfalls unerwünschte Klangeffekte hervorruft.

Letztlich aber ist der geradlinige Verlauf der spektralen Raumantwort wichtig, der möglichst keine Einbrüche, insbesondere bei tiefen Frequenzen, haben soll.

Die entscheidende Größe ist jedoch die Nachhallzeit, die in den hier relevanten Regelwerken [1], [2], [3] unterschiedlich spezifiziert wird, s. Abbildung 1. In [1], [2] wird die nominelle Nachhallzeit T_m mit Gleichung (1) angegeben, wobei V das Studiovolumen und $V_0 = 100 \text{ m}^3$ das Referenzvolumen bezeichnet.

$$T_m = 0,25 \times \sqrt[3]{V/V_0} \quad [\text{s}] \quad (1)$$

Die Toleranzen sind im Bereich 200 Hz bis 4 kHz mit $\pm 0,05\text{s}$ sehr eng vorgegeben. Ab 4 kHz öffnet [2] die Toleranzgrenzen beidseitig auf $\pm 0,1 \text{ s}$, während [1] diese nur zu kleineren Werten zulässt. Dagegen schreibt IEC 60268-13 [3] eine mittlere Nachhallzeit T_m im Bereich $0,3 \text{ s} < T_m < 0,6 \text{ s}$ im Frequenzbereich zwischen 200 Hz und 4 kHz vor. Das Toleranzband ist mit $\pm 0,15 \text{ s}$ wesentlich weiter angelegt als bei den zuvor genannten Standards.

Realisierung zweier Räume

Zwei Räume unterschiedlicher OEMs aus der Automobilindustrie wurden kürzlich realisiert. Die Rohbau-

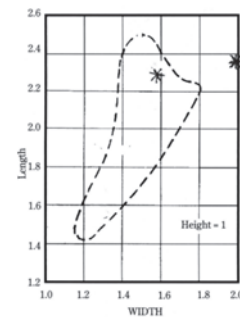


Abbildung 2: Bevorzugte Raumproportionen nach Bolt. [4], sowie Eintrag für die Räume 1 und 2 (durch * markiert).

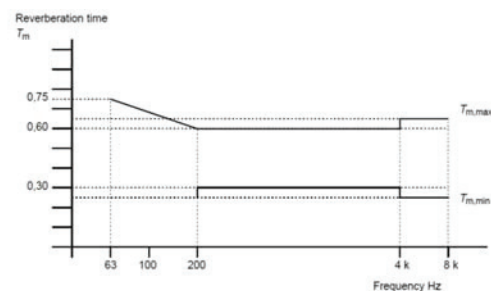
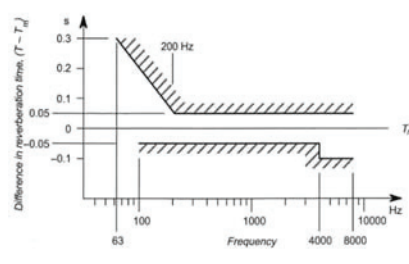
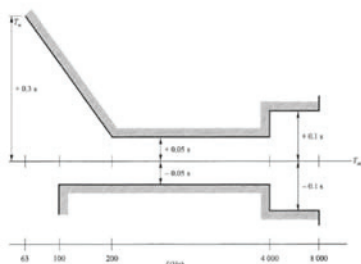


Abbildung 1: Nachhallzeiten und deren Toleranzen in den Normen ITU-R BS 1116-1[1] links, EBU Tech 3277 [2] mittig, ISO 60268-13 [3] rechts.

Innenmaße waren für Raum 1 mit $L \times B \times H = 7,6 \times 6,3 \times 3,1$ m (Volumen $V_1 = 148 \text{ m}^3$) und für Raum 2 mit $8,5 \times 5,9 \times 3,7$ m ($V_2 = 185 \text{ m}^3$) fix vorgegeben. Ein Blick auf die von Bolt definierte Fläche (Abbildung 2) für die optimalen Raumproportionen zeigt, dass die Dimensionen für Raum 2 günstig gewählt waren, die von Raum 1 nicht.

Ausstattung: Etwa 2/3 der Wände von Raum 1 wurden mit speziellen mikroperforierten Platten ausgekleidet, deren Absorptionsgrad aus Abbildung 3 zu ersehen ist.

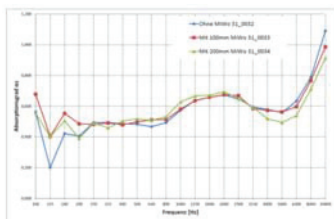


Abbildung 3: Absorptionsgrad der mikroperforierten Wandverkleidung von Raum 1 (ausgeführt mit 200 mm Mineralwolle)

Die Decke wurde mit absorbierenden Modulen (Bild 4) ausgestattet, der Boden mit Velours-Teppichboden (6 mm Flor) belegt. Zudem wurde ringsum das Deckenfries als Kantenabsorber (Querschnitt 500 x 500 mm) für tiefe Frequenzen eingebaut.

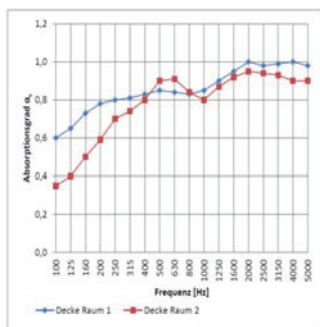


Abbildung 4: Absorptionsgrad der eingesetzten Deckenmodule

Raum 2 wurde vergleichsweise einfach ausgestattet: die Wände wurden mit absorbierenden Holzschlitzplatten, deren Absorptionsgrad aus Abbildung 5 zu ersehen ist, verkleidet. Der Boden wurde ebenfalls mit Veloursteppich ausgelegt, die Decke mit Modulplatten (Abb. 4) ausgestattet.

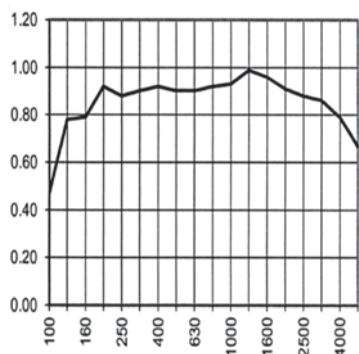


Abbildung 5: Schallabsorptionsgrad nach ISO 354 der eingesetzten Holzschlitzplatten (NH-Akustik)

Ergebnisse

Abb. 6 zeigt die erzielten Nachhallzeiten für Raum 1 und Raum 2 im Rahmen der Vorgaben nach IEC 60268-13. Obwohl Raum 1 nach dieser Norm dimensioniert, ausgelegt und gebaut wurde, liegt die Nachhallzeitkurve zu tief

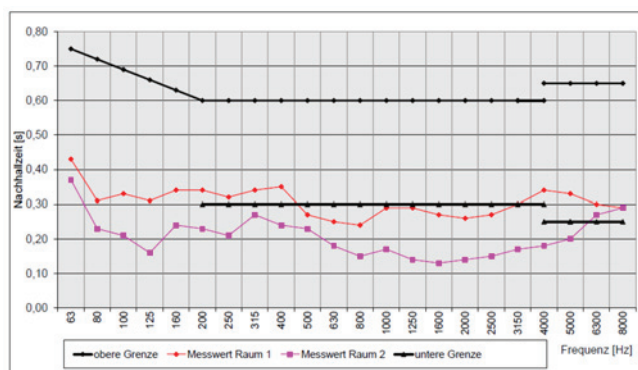


Abbildung 6: Nachhallzeiten der beiden Räume in den Grenzen von IEC 60268-13

(Mittelwert $T_{m,1} = 0,28 \text{ s}$) und unterschreitet die Normvorgaben $T_{m,iso} = 0,4 \text{ s}$ deutlich. Raum 2 ein weist dagegen ein 1,7-fach höheres Volumen auf, dennoch liegen dessen Nachhallzeiten noch niedriger ($T_{m,2} = 0,19 \text{ s}$), da generell der

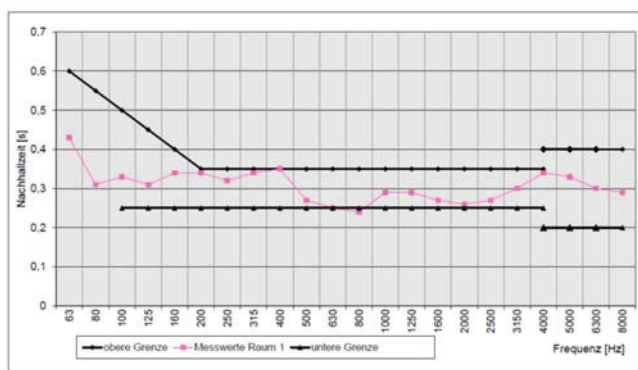


Abbildung 7: Nachhallzeit Raum 1 in den Grenzen nach ITU-R [1]; offset der Grenzen +0,02

Wandabsorber höhere Absorptionswerte und eine größere Fläche aufweist. Reduziert man die Grenzkurven um 0,2 s, liegen die Werte beider Räume im Toleranzfeld.

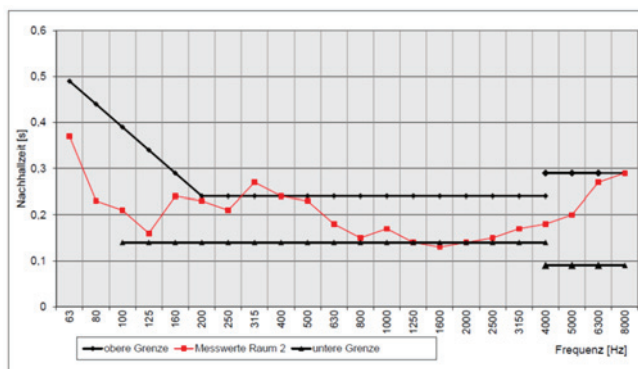


Abbildung 8: Nachhallzeit Raum 2 in den Grenzen nach ITU-R [1]; offset der Grenzen -0,06

Eine strengere Bewertung muss nach ITU-R [1] oder EBU [2] folgen. Abbildung 7 zeigt nochmals die Messwerte für Raum 1 in den Toleranzen nach [1]. Die Werte bleiben innerhalb der strengen Grenzen von $\pm 0,05$ s; die Toleranzbänder sind allerdings hier mit einem Offset von $+0,02$ s beaufschlagt. Für Raum 2 ist die Situation in Abbildung 8 dargestellt; hier beträgt der Toleranzband-Offset $-0,06$ s. Nach dieser Vorschrift errechnet sich die mittlere Nachhallzeit für Raum 1 $T_{m,EBU,1} = 0,28$ s, für Raum 2 soll sie $T_{m,EBU,2} = 0,30$ s betragen.

Bewertung

Absolut entscheidend ist der geradlinige Verlauf der Nachhallzeit und daher die Einhaltung der Toleranzgrenzen nach ITU-R [1] oder EBU [2]. Selbst ein relativ einfacher Rechteckraum (ohne schräge, reflektierenden Flächen, ohne Kantenabsorber) mit breitbandig hohen Absorptionsgraden führt fast zum Ziel.

Die absoluten Vorgabewerte der Standards für die mittleren Nachhallzeiten sind jedoch zu hinterfragen. IEC 60268-13 [3] schreibt keine Korrelation zur Raumgröße vor, sondern offenbar gleiche Werte unabhängig vom Raumvolumen. Wenn die Einhaltung der Toleranzen an erster Stelle steht, sind auch die Absolutwerte nach EBU [1] schwer einzuhalten. Die Absolutvorgaben für die mittleren Nachhallzeiten der relevanten Regelwerke sind verschieden. Die Tendenz muss jedenfalls zu niedrigen Werten gehen, da sonst auch das Risiko von Flatterechos in Kauf genommen wird. Diese müssen dann aufwändig mit zusätzlichen Reflektoren und diffus streuenden Wandflächen eliminiert werden.

Literatur

- [1] ITU-R BS.1116-1:(1994-1997) Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound 2019 Homepage,
- [2] EBU Tech. 3276–2nd edition 1998 - Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two-channel B.
- [3] IEC 60268-13 2nd editon 1998-03 sound system equipment – part 13: listening tests on loudspeaker
- [4] A. Everest: “The Master Handbook of Acoustics” 4th ed. 2001; Chap. 13