

4.2 Der Hörraum

4.2.1 Beschreibung des Hörraums

Als Abhörraum für den Hörvergleich wurde der Raum 698 (das sogenannte „Archiv“) im Erich-Thienhaus-Institut eingerichtet. Um die gering nachteiligen, geometrischen Gegebenheiten zu kompensieren, war es notwendig, einige akustische Anpassungen zur Erfüllung der Richtlinien der European Broadcasting Union (EBU)⁴⁰ und der International Telecommunication Union (ITU)⁴¹ bezogen auf die Nachhallzeit und die Hintergrundgeräusche für Abhörräume vorzunehmen.

Der Raum hat mit seinen Seitenabmessungen von 5,58m x 5,63m x 2,75m (L x B x H) eine nahezu quadratische Grundfläche von 31,4m² und ein Volumen von 86,4m³. Er wird auf zwei rechtwinklig zueinander liegenden Außenwänden von doppelverglasten Doppel-Fenstern (mit einem ca. 15cm breiten Luftzwischenraum) ab ca. 90cm oberhalb vom Fußbodenniveau, und zwei gegenüberliegenden Wänden begrenzt. An den Wänden stehen – jeweils über die gesamte Breite – offene Regalsysteme, die gleichzeitig als Diffusoren und Reflektoren zum Einsatz kamen; die Decke ist holzverschalt.

Zur klanglichen Optimierung wurde die gesamte Fensterfront des Raumes mit Akustikelementen bestückt, wobei abwechselnd einerseits deren stoffbezogene Frontseite als Breitband-Absorber und andererseits deren Rückseite aus massivem Holz als Reflektor verwendet wurde. Der oberhalb der Akustikelemente verbleibende, lichtdurchlassende Spalt von ca. 30cm Höhe wurde mit einem Vorhang verkleidet. Um frühe Fußbodenreflexionen zu vermeiden, wurde der Linoleum-Fußboden plan mit schwerem Vorhangstoff und zusätzlich – mit einer Tiefe von 1,80m und über die gesamte Raumbreite symmetrisch zum Referenz-Abhörpunkt – mit einem weiteren Teppich bedeckt. Weiterhin wurden in den vorderen Ecken des Raumes zwei 2,10m hohe und 90cm breite, freistehende, breitbandig absorbierende Akustikelemente aufgestellt. Durch diese, die Akustik verändernden, Maßnahmen ließen sich stehende Wellen und Flatterechos vermeiden und die Auflagen der internationalen Richtlinien einhalten.

⁴⁰ EBU Tech.3276 – 2nd edition (5/1998).

⁴¹ ITU-R BS.775 und ITU-R BS.1116-1.

4 Versuchsbeschreibung

Entsprechend den Empfehlungen der ITU⁴² für die Lautsprecheranordnung von L, C, R, LS und RS bei Multi-Channel-Soundsystemen wurden die Manger-Lautsprechersysteme auf einem Kreis angeordnet. Dabei betrug die Basisbreite B zwischen L und R – sowie daraus folgend ebenso der Kreisradius – 2,20m. Die Lautsprechersysteme LS und RS wurden in einem 110°-Winkel zur Mittelsenkrechten (Referenzabhörpunkt – Center) äquidistant positioniert. Aus dieser Anordnung ergab sich ein Abstand von ca. 1m zu den umgebenden Wänden. Die Lautsprecher – für L und R kamen Aktivsysteme (Manger MSS-Studiomonitore), für C, LS und RS Passivsysteme (Manger Zerobox 109) mit dem gleichen Schallwandler der Firma Manger zum Einsatz – wurden auf eine einheitliche Höhe von 1,27m gebracht und mittels Betonplatten vom Fußboden entkoppelt (alle Angaben beziehen sich auf den Mittelpunkt der Schallwandlermembran).

Weiterhin sei erwähnt, dass links vor dem Probanden ein niedriger Tisch (40x40x35cm) stand, der neben dem Stax-Verstärker und Stax-Kopfhörer auch das Tablett mit den Steuerungsmodulen für die ABX-Software enthielt und auf dessen Oberplatte ein TFT-Monitor installiert war. Dieser Tisch beeinflusste mit einer Gesamthöhe von ca. 80cm den Direktschall nicht.

Der folgenden Grafik Nr.21 können der Grundriss, die Möblierung und die Lautsprecheranordnung entnommen werden:

⁴² ITU-R BS.1116-1 1997: 21.

4 Versuchsbeschreibung

4.2.2 Messungen im Hörraum

4.2.2.1 Nachhallzeit

Der Nachhall wird durch die Reflexionen der umgebenden Wände des Hörraums bestimmt, die den Hörer mehr als 15ms nach dem Direktschall erreichen. Um wahrnehmbare akustische Effekte wie z.B. Flatterechos zu vermeiden, sollte er möglichst diffus sein.

Die nominale Nachhallzeit T_m eines Hörraumes, also das arithmetische Mittel der mit einem Terzbandfilter gemessenen (frequenzabhängigen) Nachhallwerte über einen Frequenzbereich von 200Hz bis 4kHz, sollte in einem Bereich von

$$0,2 < T_m < 0,4 \text{ s}$$

liegen. Hierbei ist die Nachhallzeit, als eine natürliche Klangeigenschaft eines Raumes, in Abhängigkeit zum Raumvolumen zu sehen und wird laut EBU⁴³ und ITU⁴⁴ wie folgt als Richtwert definiert:

$$T_m = 0,25 * \left(\frac{V}{V_0} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ s}$$

wobei gilt: V = Raumvolumen des Hörraumes (in m^3)

V_0 = Referenz-Raumvolumen von 100m^3

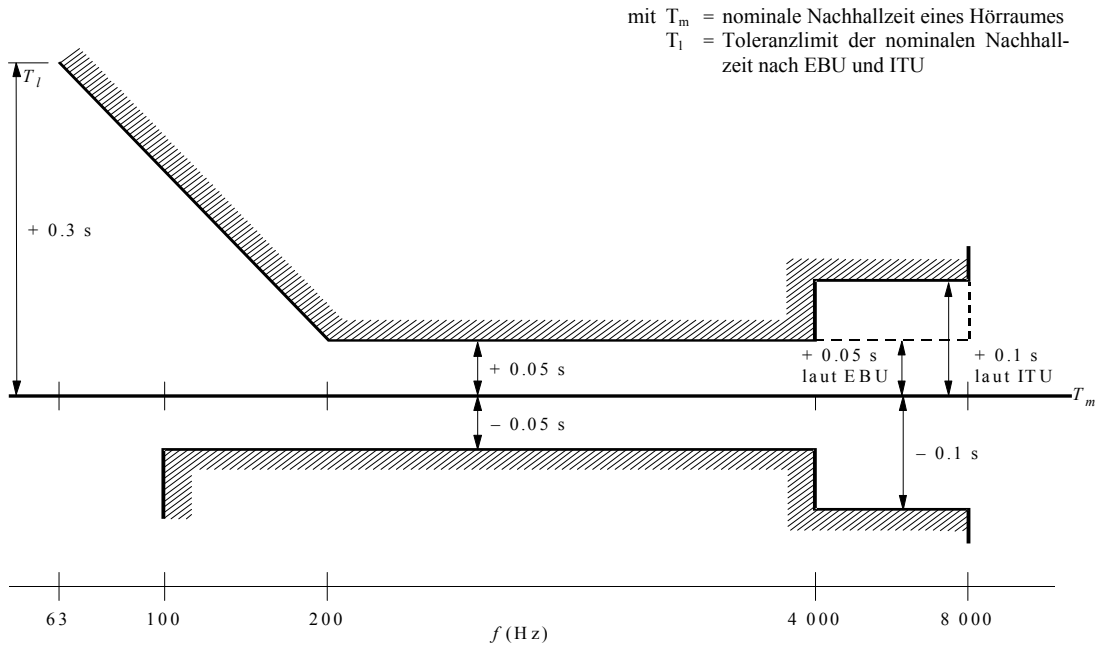
Aus dieser Formel errechnet sich für den Test-Hörraum eine nominale Nachhallzeit T_m von 0,238s.

Sowohl EBU als auch ITU geben für die mit Terzbandfilterung im Bereich zwischen 63Hz und 8kHz zu messende Nachhallzeit T ein Toleranzlimit an, wobei sich dieses geringfügig zwischen 4 und 8kHz unterscheidet: Während die ITU ein Limit von $\pm 0,1\text{s}$ angibt, toleriert die EBU in demselben Bereich lediglich einen Spielraum von $-0,1$ bis $+0,05\text{s}$, wie aus der folgenden Grafik Nr.22 ersichtlich wird:

⁴³ EBU Tech. 3276 – 2nd edition 1998: 6.

⁴⁴ ITU-R BS. 1116-1 1997: 17.

4 Versuchsbeschreibung



Grafik Nr.22: Toleranzlimit der nominalen Nachhallzeit nach EBU (gestrichelte Linie) und ITU (durchgezogene Linie).⁴⁵

Aus der folgenden Tabelle werden die Nachhallzeit T , sowie die Abweichung ΔT von der nominalen Nachhallzeit $T_m = 0,238\text{s}$ (nach EBU-Norm) des Hörraumes ersichtlich (gemessen am Referenz-Abhörplatz in einer Höhe von 1,20m):

Frequenz in Hz	60	80	100	125	160	200	250	315
Nachhallzeit in s	0,510	0,370	0,390	0,220	0,240	0,250	0,230	0,280
ΔT in s	+0,272	+0,132	+0,152	-0,018	+0,002	+0,012	-0,008	+0,042
Frequenz in Hz	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k
Nachhallzeit in s	0,270	0,230	0,240	0,240	0,230	0,200	0,230	0,230
ΔT in s	+0,032	-0,008	+0,002	+0,002	-0,008	-0,038	-0,008	-0,008
Frequenz in Hz	2,5	3,15k	4k	5k	6,3k	8k		
Nachhallzeit in s	0,200	0,220	0,210	0,210	0,200	0,190		
ΔT in s	-0,038	-0,018	-0,028	-0,028	-0,038	-0,048		

Grafik Nr.23: Nachhallzeiten des Hörraumes.

Die Nachhallzeit-Messungen wurden mit dem Messgerät B&K 2231, der Kapsel B&K 4155 und dem aufsteckbaren B&K Terz- und Oktavfilter-Modul, Typ 1625, durchgeführt.

⁴⁵ In Anlehnung an ITU-R BS. 1116-1 1997: 17.

4 Versuchsbeschreibung

4.2.2.2 Hintergrundgeräusch

Laut EBU⁴⁶ und ITU⁴⁷ muss das kontinuierliche Hintergrundgeräusch, das durch Klimaanlage oder andere externe oder interne Quellen verursacht werden kann, im Hörbereich in einer Höhe von 1,20m über Fußbodenniveau gemessen werden. Hintergrundgeräusche impulsartiger, zyklischer oder tonaler Art sollten dabei auf keinen Fall wahrnehmbar sein.

Für empfohlene Werte geben sowohl EBU als auch ITU sogenannte Noise-Rating-Kurven an – dabei sollten möglichst die Werte der Noise-Rating-Curve NR 10 erreicht bzw. unterschritten, auf keinen Fall jedoch die der Noise-Rating-Curve NR 15 überschritten werden. Die im Hörraum erzielten Werte, sowie die der Noise-Rating-Curve NR 10 und 15 sind aus der nachfolgenden Tabelle und der Grafik Nr.25 ersichtlich. Die Messungen wurden mit dem Messgerät B&K 2231 und der Kapsel B&K 4155 durchgeführt:

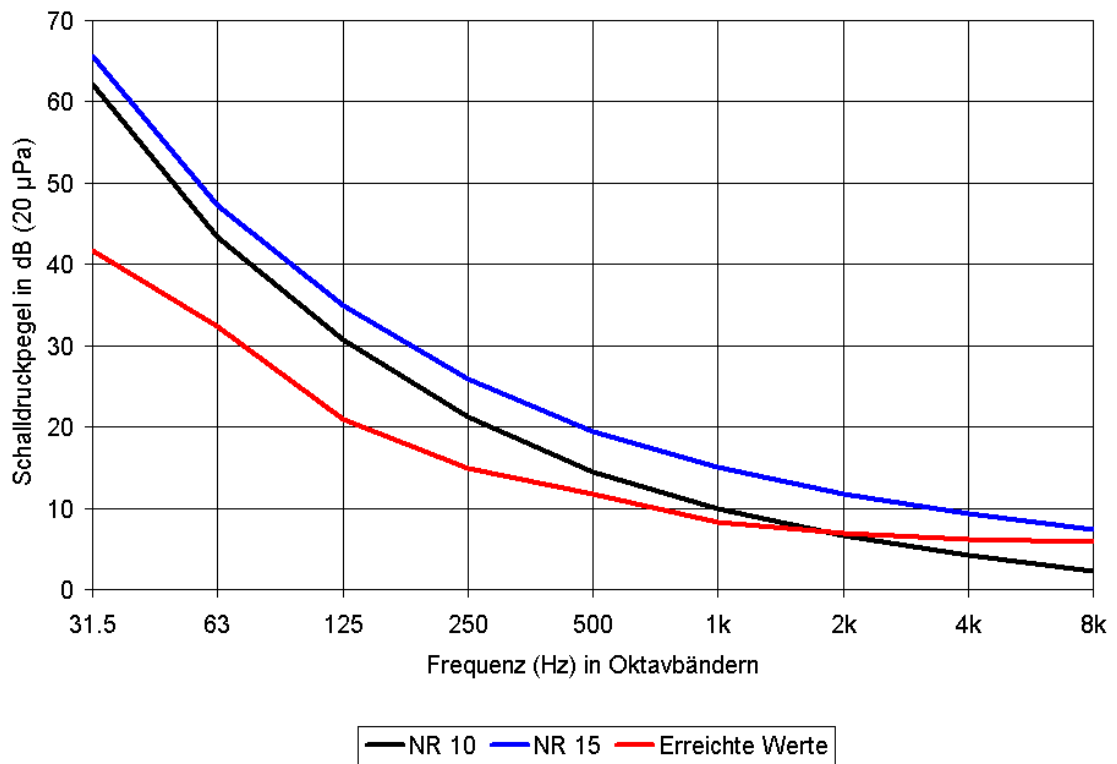
Frequenz in Hz	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
NR 10	62,2	43,4	30,7	21,3	14,5	10,0	6,6	4,2	2,3
NR 15	65,6	47,3	35,0	25,9	19,4	15,0	11,7	9,3	7,4
Erreichte Werte	41,7	32,3	20,9	14,9	11,8	8,3	6,9	6,1	5,8

Grafik Nr.24: Hintergrundgeräusch in dB/SPL bezogen auf 20µPa nach EBU/ITU und erreichte Werte im Hörraum.

⁴⁶ EBU Tech. 3276 – 2nd edition 1998: 8.

⁴⁷ ITU-R BS. 1116-1 1997: 18.

Noise-Rating-Curve



Grafik Nr.25: Noise-Rating-Curves NR 10 und NR 15 und erreichte Werte im Hörraum.⁴⁸

4.2.2.3 Abhörpegel

Der Referenz-Abhörpegel $L_{LISTref}$ ist definiert als bevorzugter Abhörpegel, der mit Hilfe eines Rosa Rauschens bei -18dB (in Bezug auf dB Fullscale) am Referenz-Abhörpunkt – separat für jeden Kanal – eingemessen wird. Dies soll einen gleichen Schalldruckpegel in unterschiedlichen Hörräumen sicherstellen.

Laut EBU⁴⁹ und ITU⁵⁰ sollte die Verstärkung des Wiedergabekanals so eingestellt werden, dass sich folgender Schalldruckpegel (A-bewertet) am Referenzabhörpunkt ergibt:

$$L_{LISTref} = 85 - 10 \log(n) \text{ dB(A)}$$

wobei gilt: n = Anzahl der Wiedergabekanäle

⁴⁸ In Anlehnung an ITU-R BS. 1116-1 1997: 21.

⁴⁹ EBU Tech. 3276 – 2nd edition 1998: 8.

⁵⁰ ITU-R BS. 1116-1 1997: 18.

4 Versuchsbeschreibung

Bei fünf Wiedergabekanälen lässt sich ein Referenzschalldruckpegel $L_{LISTref}$ von 78,01dB(A) (gewählt 78dB(A)) berechnen. Dabei sollte der Unterschied zweier Kanäle zueinander nicht mehr als 1dB betragen. Aufgrund des nicht konstanten Schalldruckpegels bei Rosa Rauschen wurden die Kanäle wegen der Relevanz einer absoluten Pegelgleichheit zusätzlich mit einem 1kHz Sinuston bei -18dB eingemessen, wodurch eine Genauigkeit von 0,2 – 0,4 dB (0,1dB bei Sinuston) bei Rosa Rauschen erzielt werden konnte.

Gemessen wurde auch hier mit dem Messgerät B&K 2231 und der Kapsel B&K 4155.