

Müller-BBM Building Solutions GmbH
Helmut-A.-Müller-Straße 1 - 5
82152 Planegg

Telefon +49(89)85602 0
Telefax +49(89)85602 111

www.mbbm-bso.com

Dr.-Ing. Andreas Meier
Telefon +49(89)85602 325
andreas.meier@mbbm-bso.com

19. September 2023
B77692/34 Version 1 MR/STEG

Vorhang Bühnensamt Mozart, Typ G-100

**Prüfung der Schallabsorption im
Hallraum nach DIN EN ISO 354**

Prüfbericht Nr. B77692/34

Auftraggeber:	Tüchler Bühnen- und Textiltechnik GmbH Rennbahnweg 78 1220 Wien ÖSTERREICH
Bearbeitet von:	Dr.-Ing. Andreas Meier Jan-Lieven Moll
Berichtsdatum:	19. September 2023
Lieferdatum der Prüfobjekte:	28. August 2023 11. September 2023
Prüfdatum:	31. August 2023 14. September 2023
Berichtsumfang:	15 Seiten insgesamt, davon 6 Seiten Textteil 2 Seiten Anhang A 2 Seiten Anhang B 5 Seiten Anhang C

Müller-BBM Building Solutions GmbH
HRB München 278753
USt-IdNr. DE355267779

Geschäftsführer:
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Grundlagen	3
3	Prüfobjekt und Prüfaufbau	4
4	Prüfverfahren	5
5	Auswertung	5
6	Messergebnisse	5
7	Anmerkungen	6

Anhang A: Prüfzeugnisse

Anhang B: Fotos

Anhang C: Beschreibung des Prüfverfahrens,
des Prüfstands und der Prüfmittel

1 Aufgabenstellung

Im Auftrag der Firma Tüchler Bühnen- und Textiltechnik GmbH, 1220 Wien, Österreich, wurde die Schallabsorption des Vorhangs mit der Artikelbezeichnung „Bühnensamt Mozart“ im Hallraum nach ISO 354 [1] ermittelt.

Der Stoff wurde mit 100 mm Abstand zur Rückwand geprüft. Die Prüfungen des Vorhangs erfolgten für eine glatt und eine gerafft hängende Anordnung mit 100 % Stoffzugabe.

2 Grundlagen

Diesem Prüfbericht liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- [1] DIN EN ISO 354: Akustik - Messung der Schallabsorption in Hallräumen (ISO 354:2003); Deutsche Fassung EN ISO 354:2003. 2003-12
- [2] DIN EN ISO 11654: Akustik - Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden - Bewertung der Schallabsorption (ISO 11654:1997); Deutsche Fassung EN ISO 11654:1997. 1997-07
- [3] ASTM C 423-22: Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. Revision: 22. 2022-03.
- [4] ISO 9613-1: Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: calculation of the absorption of sound by the atmosphere. 1993-06
- [5] DIN EN ISO 12999-2: Akustik – Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik Teil 2: Schalldämpfung (ISO 12999-2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 12999-2:2020. 2020-11
- [6] DIN EN ISO 5084: Textilien – Bestimmung der Dicke von Textilien und textilen Erzeugnissen (ISO 5084:1996); Deutsche Fassung EN ISO 5084:1996. 1996-10
- [7] DIN EN ISO 9053-1: Akustik – Bestimmung des Strömungswiderstandes – Teil 1: Verfahren mit statischer Luftströmung (ISO 9053-1:2018); Deutsche Fassung EN ISO 9053-1:2018. 2019-03

3 Prüfobjekt und Prüfaufbau

3.1 Prüfobjekt

Das geprüfte Gewebe lässt sich wie folgt beschreiben (gemäß Herstellerangabe):

- Bezeichnung: Bühnensamt Mozart
- Material: 100 % Baumwolle

Weiter wurden durch die Prüfstelle anhand einer Stichprobe aus dem Prüfmaterial folgende Parameter ermittelt (Stichprobengröße 210 mm x 297 mm):

- Dicke gemäß DIN EN ISO 5084 [6] (3 Positionen, Druck 1,00 kPa, Druckstempel 2000 mm²): $d = 1,84 \text{ mm}$
- Spezifischer Strömungswiderstand gemäß DIN EN ISO 9053-1 [7]: $R_s = 3471 \text{ Pa s/m}$
- Flächenbezogene Masse: $m'' = 428 \text{ g/m}^2$

3.2 Prüfaufbau

Der Einbau des Prüfobjektes im Hallraum erfolgte durch Mitarbeiter der Prüfstelle.

Der Aufbau erfolgte gemäß Montagetyp G-100 nach DIN EN ISO 354 [1]. Die Prüf- anordnungen lassen sich wie folgt beschreiben:

- Vorhangbahnen befestigt an einer Metallschiene, die direkt an der Hallraum- decke angebracht wurde, die Höhe der Schiene betrug 90 mm, der Stoff wurde mit 50 mm Überlappung an der Schiene befestigt.
- Konfektioniert als Fertigvorhang, Oberkante mit Gurtbandverstärkung und Ösen alle 10 cm.
- Prüfaufbau mit freien Vorhangkanten seitlich und unten (kein Umfassungs- rahmen).

Die Testanordnungen sind in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1. Übersicht der getesteten Vorhangaufbauten.

Prüfzeugnis Anhang A, Seite	Abstand zur Rückwand	Vorhang	Stoffabmessungen $B \times H$	Prüffläche (ab Unterkante Deckenschiene) $B \times H = S$
1	100 mm	glatt hängend	1 Vorhangbahn 3,77 m x 2,92 m	3,77 m x 2,87 m = 10,82 m ²
2	100 mm	gerafft hängend, 100 % Zugabe	2 Vorhangbahnen, je 3,80 m x 2,85 m mit 20 mm Überlappung	3,80 m x 2,80 m = 10,60 m ²

Weitere Angaben zu den Prüfaufbauten sind in den Prüfzeugnissen in Anhang A und in den Fotos in Anhang B enthalten.

4 Prüfverfahren

Die Messungen wurden nach DIN EN ISO 354 [1] durchgeführt.

Das Prüfverfahren, der Prüfstand und die verwendeten Prüfmittel sind in Anhang C beschrieben.

5 Auswertung

Es wurde der Schallabsorptionsgrad α_s in Terzen zwischen 100 Hz und 5000 Hz gemäß DIN EN ISO 354 [1] bestimmt.

Zusätzlich wurden nach DIN EN ISO 11654 [2] folgende Kennwerte ermittelt:

- Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p in Oktavbändern.
- Bewerteter Schallabsorptionsgrad α_w als Einzahlangabe.

Der bewertete Schallabsorptionsgrad α_w wird aus den praktischen Schallabsorptionsgraden α_p in den Oktavbändern zwischen 250 Hz und 4000 Hz ermittelt.

Nach der ASTM C 423 [3] wurden folgende Kennwerte ermittelt:

- Noise Reduction Coefficient *NRC* als Einzahlangabe
Arithmetischer Mittelwert der Schallabsorptionsgrade in den vier Terzbändern 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz und 2000 Hz; Mittelwert auf 0,05 gerundet.
- Sound Absorption Average *SAA* als Einzahlangabe
Arithmetischer Mittelwert der Schallabsorptionsgrade in den zwölf Terzbändern zwischen 200 Hz und 2500 Hz; Mittelwert auf 0,01 gerundet.

6 Messergebnisse

Die Schallabsorptionsgrade α_s in Terzbändern, die praktischen Schallabsorptionsgrade α_p in Oktavbändern sowie die Einzahlangaben (α_w , *NRC* und *SAA*) sind dem Prüfzeugnis im Anhang A zu entnehmen.

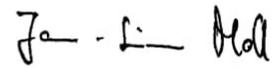
Angaben zur Messunsicherheit sind in Anhang C enthalten. Bei der Zuordnung der Absorptionsgruppe wurde entsprechend DIN EN ISO 11654 [2] die Messunsicherheit nicht berücksichtigt.

7 Anmerkungen

Die ermittelten Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände und beschriebenen Zustände.



Dr.-Ing. Andreas Meier
(Projektverantwortlicher)



Jan-Lieven Moll
(Projektbearbeiter)

Dieser Prüfbericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM.

Schallabsorptionsgrad nach ISO 354

Messung der Schallabsorption in Hallräumen

Auftraggeber: TÜCHLER Bühnen- und Textiltechnik GmbH,
Rennbahnweg 78, 1220 Wien

Prüfgegenstand: Bühnensamt Mozart, Typ G-100, glatt hängend

Vorhangstoff:

Angaben des Auftraggebers

- Bezeichnung Bühnensamt Mozart
- Material 100% Baumwolle

Angaben der Prüfstelle

- flächenbezogene Masse $m'' = 428 \text{ g/m}^2$
- Strömungswiderstand $R_S = 3471 \text{ Pa s/m}$
- Dicke $t = 1,84 \text{ mm}$

Prüfanordnung:

- Montagetyp G-100 nach DIN EN ISO 354
- glatt hängend vor der Hallraumwand
- aufgehängt an 90 mm hoher Deckenschiene an der Hallraumdecke (50 mm Überlappung), Abstand zur Rückwand 100 mm
- Aufbau ohne Umfassungrahmen
- konfektioniert als Fertigvorhang 3770 mm x 2920 mm, Oberkante mit Gurtbandverstärkung und Ösen alle 10 cm
- Prüffläche $B \times H = 3,77 \text{ m} \times 2,87 \text{ m}$ (ab Unterkante Deckenschiene)

Raum: E

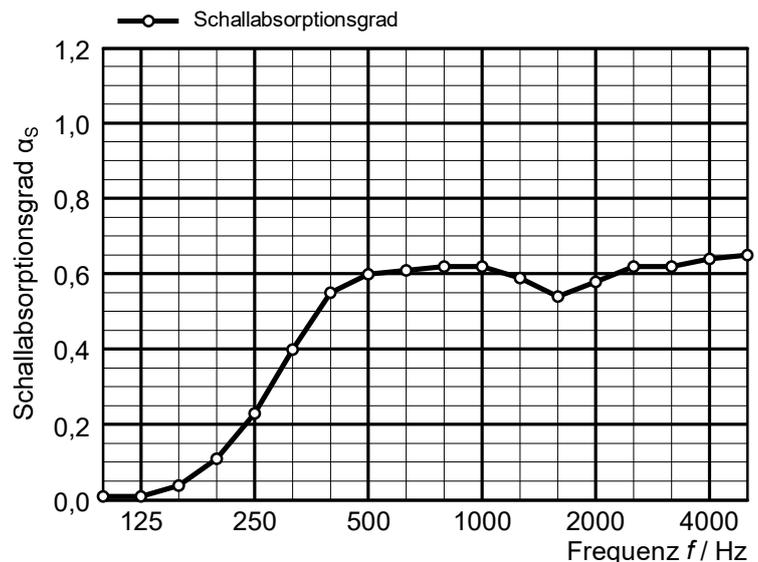
Volumen: 199,60 m³

Prüffläche: 10,82 m²

Prüfdatum: 31.08.2023

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	24,0	46,1	95,0
Mit Probe	24,1	46,0	95,0

Frequenz [Hz]	α_s Terz	α_p Oktave
100	◦ 0,01	
125	◦ 0,01	0,00
160	◦ 0,04	
200	0,11	
250	0,23	0,25
315	0,40	
400	0,55	
500	0,60	0,60
630	0,61	
800	0,62	
1000	0,62	0,60
1250	0,59	
1600	0,54	
2000	0,58	0,60
2500	0,62	
3150	0,62	
4000	0,64	0,65
5000	0,65	



◦ Absorptionsfläche kleiner als 1,0 m²
 α_s Schallabsorptionsgrad nach ISO 354
 α_p Praktischer Schallabsorptionsgrad nach ISO 11654

Bewertung nach ISO 11654: Bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w = 0,55$ Schallabsorberklasse: D	Bewertung nach ASTM C423: Noise Reduction Coefficient NRC = 0,50 Sound Absorption Average SAA = 0,51
--	--

MÜLLER-BBM

Planegg, 19.09.2023
 Prüfbericht Nr. B77 692/34

J. Meier

Anhang A
 Seite 1

Schallabsorptionsgrad nach ISO 354

Messung der Schallabsorption in Hallräumen

Auftraggeber: TÜCHLER Bühnen- und Textiltechnik GmbH,
Rennbahnweg 78, 1220 Wien

Prüfgegenstand: Bühnensamt Mozart, Typ G-100, gerafft hängend

Vorhangstoff:

Angaben des Auftraggebers

- Bezeichnung Bühnensamt Mozart
- Material 100%Baumwolle

Angaben der Prüfstelle

- flächenbezogene Masse $m'' = 428 \text{ g/m}^2$
- Strömungswiderstand $R_S = 3471 \text{ Pa s/m}$
- Dicke $t = 1,84 \text{ mm}$

Prüfanordnung:

- Anordnung in Anlehnung an Montagetyp G-100 nach DIN EN ISO 354
- gerafft hängend vor der Hallraumwand
- aufgehängt an 90 mm hoher Deckenschiene an der Hallraumdecke (50 mm Überlappung), Abstand zur Rückwand 100 mm
- Aufbau ohne Umfassungrahmen
- zwei konfektionierte Fertigvorhänge 3800 mm x 2850 mm, 20 mm Überlappung am Stoß, Oberkante mit Gurtbandverstärkung und Ösen alle 10 cm
- Prüffläche $B \times H = 3,80 \text{ m} \times 2,80 \text{ m}$ (ab Unterkante Deckenschiene)

Raum: E

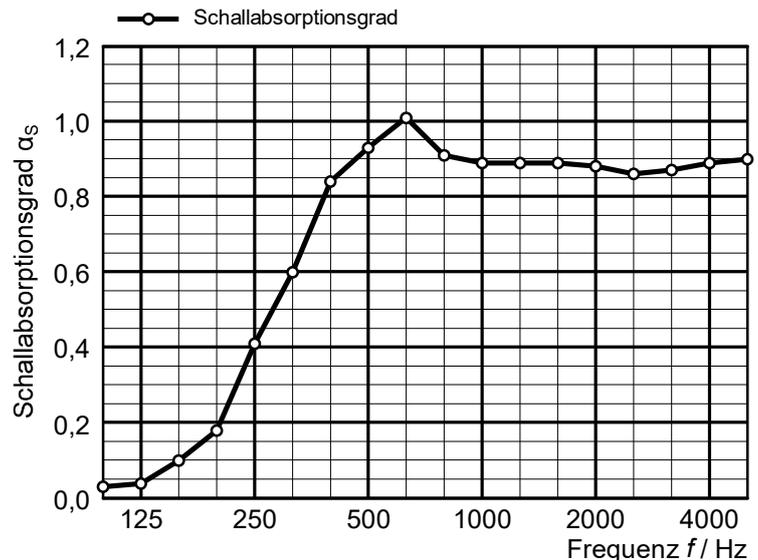
Volumen: 199,60 m³

Prüffläche: 10,60 m²

Prüfdatum: 14.09.2023

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	24,2	60,6	95,7
Mit Probe	24,3	61,0	95,7

Frequenz [Hz]	α_s Terz	α_p Oktave
100	0,03	
125	0,04	0,05
160	0,10	
200	0,18	
250	0,41	0,40
315	0,60	
400	0,84	
500	0,93	0,95
630	1,01	
800	0,91	
1000	0,89	0,90
1250	0,89	
1600	0,89	
2000	0,88	0,90
2500	0,86	
3150	0,87	
4000	0,89	0,90
5000	0,90	



◦ Absorptionsfläche kleiner als 1,0 m²
 α_s Schallabsorptionsgrad nach ISO 354

α_p Praktischer Schallabsorptionsgrad nach ISO 11654

Bewertung nach ISO 11654: Bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w = 0,70$ (MH) Schallabsorberklasse: C	Bewertung nach ASTM C423: Noise Reduction Coefficient NRC = 0,80 Sound Absorption Average SAA = 0,77
---	--

MÜLLER-BBM

Planegg, 19.09.2023
Prüfbericht Nr. B77 692/34

J. Meier

Anhang A
Seite 2

Bühnensamt Mozart, Fa. Tüchler Bühnen- und Textiltechnik GmbH



Abbildung B.1. Vorhang glatt hängend im Hallraum: Frontalansicht.



Abbildung B.2. Vorhang glatt hängend im Hallraum: Schrägansicht.

\\S-muc-fs01\allefirmen\B\Proj\077\B77692\B77692_34_Pbe_1D.DOCX:21. 09. 2023

Bühnensamt Mozart, Fa. Tüchler Bühnen- und Textiltechnik GmbH



Abbildung B.3. Vorhang gerafft hängend im Hallraum, 100 % Stoffzugabe:
Schrägsicht.

Angaben zum Prüfverfahren zur Ermittlung der Schallabsorption im Hallraum

1 Messgröße Schallabsorptionsgrad

Es wurde der Schallabsorptionsgrad α_s des Prüfobjekts bestimmt. Hierzu wurde die mittlere Nachhallzeit im Hallraum ohne und mit Prüfobjekt ermittelt. Die Berechnung des Schallabsorptionsgrads erfolgte nach folgender Gleichung:

$$\alpha_s = \frac{A_T}{S}$$

$$A_T = 55,3 V \left(\frac{1}{c_2 T_2} - \frac{1}{c_1 T_1} \right) - 4 V (m_2 - m_1)$$

Dabei ist:

- α_s Schallabsorptionsgrad;
- A_T Äquivalente Schallabsorptionsfläche des Prüfobjekts in m^2 ;
- S die vom Prüfobjekt überdeckte Fläche in m^2 ;
- V Hallraumvolumen in m^3 ;
- c_1 Schallgeschwindigkeit in Luft im Hallraum ohne Prüfobjekt in m/s ;
- c_2 Schallgeschwindigkeit in Luft im Hallraum mit Prüfobjekt in m/s ;
- T_1 Nachhallzeit im Hallraum ohne Prüfobjekt in s ;
- T_2 Nachhallzeit im Hallraum mit Prüfobjekt in s ;
- m_1 Luftabsorptionskoeffizient im Hallraum ohne Prüfobjekt in m^{-1} ;
- m_2 Luftabsorptionskoeffizient im Hallraum mit Prüfobjekt in m^{-1} .

Als Fläche des Prüfobjekts wurde die vom Prüfobjekt überdeckte Fläche verwendet.

Die unterschiedliche Dissipation der Schallausbreitung in Luft wurde gemäß Abschnitt 8.1.2 DIN EN ISO 354 [1] berücksichtigt. Die Berechnung der Luftabsorptionskoeffizienten erfolgte nach ISO 9613-1 [4]. Die klimatischen Bedingungen während der Prüfung sind in den Prüfzeugnissen aufgeführt.

Angaben zur Wiederholpräzision und zur Vergleichspräzision des Messverfahrens sind in DIN EN ISO 354 [1] und DIN EN ISO 12999-2 [5] enthalten. Für den Einzahlwert α_w wird in DIN EN ISO 12999-2 [5] eine Vergleichsstandardabweichung von $\sigma_R = 0,035$ angegeben. Dieser Wert entspricht der in Ringversuchen ermittelten Vergleichsstandardunsicherheit und beschreibt die Standardunsicherheit von im Prüfstand gewonnenen Prüfergebnissen für ein Bauteil unter Vergleichsbedingungen. Für ein anzustrebendes Vertrauensniveau von 95 % resultiert ein Erweiterungsfaktor von $k = 2,0$ und eine erweiterte Unsicherheit von $U = \pm 0,07$ für den ermittelten bewerteten Schallabsorptionsgrad α_w .

2 Prüfverfahren

2.1 Beschreibung des Hallraums

Der Hallraum entspricht den Anforderungen nach DIN EN ISO 354 [1].

Der Hallraum weist ein Volumen von $V = 199,6 \text{ m}^3$ und eine Raumbofläche von $S = 216 \text{ m}^2$ auf.

Es sind sechs ungerichtete Mikrofone sowie vier Dodekaeder fest im Hallraum installiert. Zur Erhöhung der Diffusität sind sechs Verbundbleche mit den Abmessungen $1,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$ und sechs Verbundbleche mit den Abmessungen $1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ gekrümmt und unregelmäßig im Raum aufgehängt.

In Abbildung C.1 sind Zeichnungen des Hallraums dargestellt.

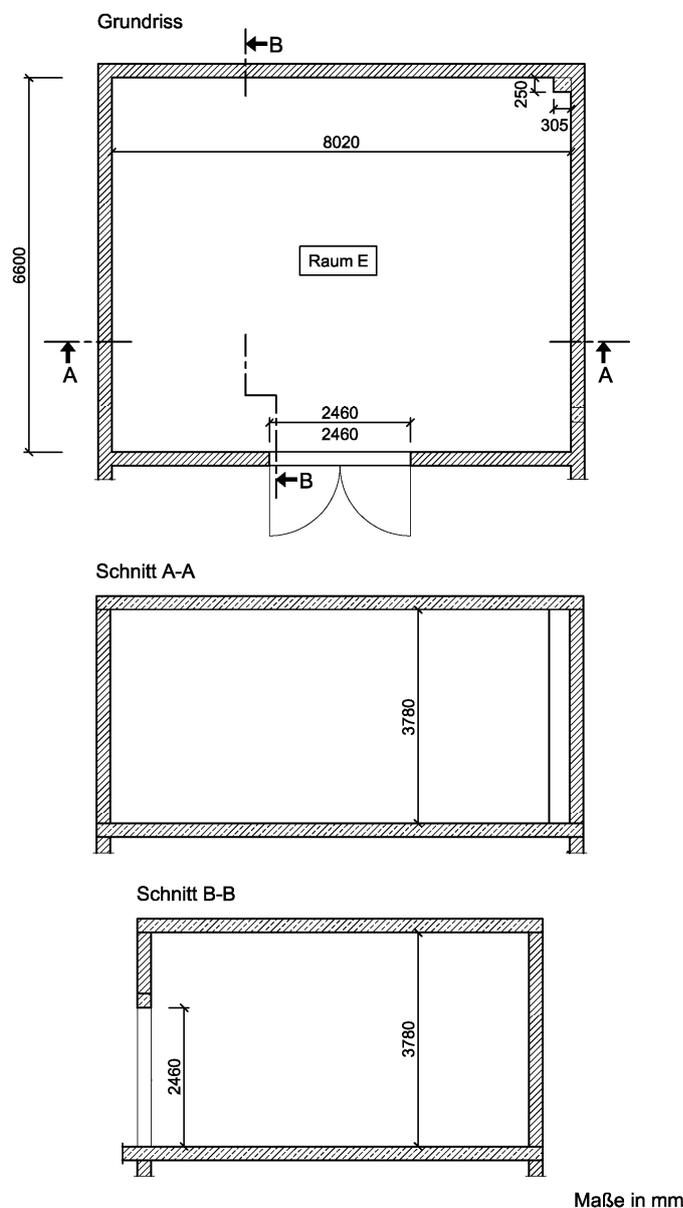


Abbildung C.1. Grundriss und Schnitte des Hallraums.

2.2 Messung der Nachhallzeit

Die Ermittlung der Impulsantworten erfolgte nach dem indirekten Verfahren. Als Prüfsignal wurde ein Gleitsinus mit einem Rosa Spektrum verwendet. Mit und ohne Prüfobjekte wurden jeweils 24 unabhängige Lautsprecher-Mikrofon-Kombinationen erfasst. Die Auswertung der Nachhallzeit erfolgte nach DIN EN ISO 354 [1], wobei eine lineare Regression zur Berechnung der Nachhallzeit T_{20} aus dem Pegel der rückwärtsintegrierten Impulsantwort verwendet wurde.

Die ermittelten Nachhallzeiten sind in Tabelle C.1 und Tabelle C.2 aufgeführt.

Tabelle C.1. Nachhallzeiten ohne und mit Prüfobjekten (Anhang A, Seite 1).

Frequenz f / Hz	Nachhallzeit T / s	
	T_1 (ohne Prüfobjekt)	T_2 (mit Prüfobjekt)
	Anhang A Seite 1	
100	5,60	5,52
125	6,12	5,94
160	6,21	5,70
200	5,26	4,41
250	5,68	3,93
315	5,48	3,16
400	5,53	2,72
500	5,47	2,59
630	5,26	2,53
800	4,98	2,44
1000	5,09	2,46
1250	5,13	2,53
1600	5,09	2,64
2000	4,84	2,49
2500	4,13	2,21
3150	3,47	2,00
4000	2,76	1,73
5000	2,27	1,52

Tabelle C.2. Nachhallzeiten ohne und mit Prüfobjekten (Anhang A, Seite 2).

Frequenz f / Hz	Nachhallzeit T / s	
	T_1 (ohne Prüfobjekt)	T_2 (mit Prüfobjekt)
	Anhang A Seite 2	
100	5,51	5,27
125	6,18	5,68
160	6,19	5,17
200	5,15	3,92
250	5,72	3,22
315	5,46	2,61
400	5,52	2,17
500	5,44	2,03
630	5,21	1,89
800	4,94	1,98
1000	5,06	2,03
1250	5,04	2,03
1600	5,10	2,04
2000	4,87	2,01
2500	4,28	1,92
3150	3,67	1,79
4000	2,98	1,59
5000	2,54	1,45

2.3 Prüfmittel

In Tabelle C.3 sind die verwendeten Prüfmittel aufgeführt.

Tabelle C.3. Prüfmittel.

Bezeichnung	Hersteller	Typ	Serien-Nr.
AD-/DA-Wandler	RME	Fireface 802	23811470
Verstärker	APart	Champ 2	17120171
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD360A	372828
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD360A	372829
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD360A	372830
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD360A	372831
Mikrofon	Microtech Gefell	M370	1355
Mikrofon	Microtech Gefell	M370	1356
Mikrofon	Microtech Gefell	M360	1786
Mikrofon	Microtech Gefell	M360	1787
Mikrofon	Microtech Gefell	M360	1788
Mikrofon	Microtech Gefell	M360	1789
Mikrofonspeisegerät	MFA	IV80F	330364
Hygro-/Thermometer	Testo	Saveris H1E	01554624
Barometer	Lufft	Opus 10	057.0410.0003.9. 4.1.30
Mess- und Auswertesoftware	Müller-BBM	Bau 4	Version 1.11
Messsystem Strömungs- widerstand	Müller-BBM	M89319-00	315003
Mess- und Auswertesoftware	Müller-BBM Acoustic Solution	m ars	Version 1.23.8256. 29682
Dickenmessgerät	Hans Schmidt & Co GmbH	D-2000-C0913	2985
Waage	Kern	KB1200-2N	W1402353