

Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Straße 11
82152 Planegg / München
Telefon +49 (89) 85602-0
Telefax +49 (89) 85602-111

www.MuellerBBM.de

Dr.-Ing. Andreas Meier
Telefon +49 (89) 85602-325
Andreas.Meier@MuellerBBM.de

1. März 2010
M77 692/5 mr/jre

Bühnensamt MIDNIGHT

Messung der Schallabsorption im Hallraum gemäß ISO 354

Prüfbericht Nr. M77 692/5

Auftraggeber:	TÜCHLER Bühnen- & Textiltechnik GmbH Rennbahnweg 78 1220 Wien Österreich
Bearbeitet von:	Dr.-Ing. Andreas Meier Jan-Lieven Moll
Berichtsdatum:	1. März 2010
Prüfdatum:	23. Februar 2010
Lieferdatum der Prüfobjekte:	15. Januar 2010
Berichtsumfang:	Insgesamt 12 Seiten, davon 5 Seiten Textteil, 2 Seiten Anhang A, 1 Seite Anhang B und 4 Seiten Anhang C

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Grundlagen	3
3	Prüfobjekte und Prüfbedingungen	3
3.1	Aufbau der Prüfobjekte	3
3.2	Prüfbedingungen	3
4	Prüfverfahren	4
5	Messergebnisse	4
6	Anmerkungen	5

Anhang A:	Prüfzeugnisse	1 – 2
Anhang B:	Fotos	1
Anhang C:	Messverfahren, Nachhallzeiten, Prüfmittelverzeichnis	1 – 4

1 Aufgabenstellung

Im Auftrag der Firma TÜCHLER Bühnen- & Textiltechnik GmbH wurde die Schallabsorption des Bühnensamtes vom Typ Bühnensamt MIDNIGHT glatt hängend und mit Faltenzugabe im Hallraum nach ISO 354 [1] ermittelt.

2 Grundlagen

Diesem Prüfbericht liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- [1] ISO 354: Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen. 2003-12
- [2] ISO 11654 „Akustik – Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden – Bewertung der Schallabsorption.“ 1997-07
- [3] ISO 9613-1: Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere. First edition 1993-06
- [4] ISO 3382: Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen. 2008-06
- [5] EN 29053: Akustik - Materialien für akustische Anwendungen, Bestimmung des Strömungswiderstandes. 1993-05

3 Prüfobjekte und Prüfbedingungen

3.1 Aufbau der Prüfobjekte

Für die Prüfungen wurde folgender Artikel verwendet:

- Bühnensamt MIDNIGHT, Baumwollsamt
- Flächenbezogen Masse ca. 690 g/m² (inklusive Ösen)
- spezifischer Strömungswiderstand gemäß EN 29053 [5] $R_s = \text{ca. } 10.800 \text{ Pa}\cdot\text{s/m}$

Die Angaben zur Masse und dem spezifischen Strömungswiderstand wurden durch Müller-BBM ermittelt.

3.2 Prüfbedingungen

In Tabelle 1 sind die geprüften Anordnungen zusammengefasst.

Tabelle 1. Geprüfte Zustände des untersuchten Artikels

Aufbau Nr.	Artikel	Anordnungen
1	Bühnensamt MIDNIGHT	glatt hängend, Wandabstand 100 mm
2	Bühnensamt MIDNIGHT	100 % Faltenzugabe, Wandabstand 100 mm

Die Samtgewebe wurden jeweils an der Hallraumdecke an einem Stahlwinkel befestigt. Sie wurden jeweils freihängend montiert. Für die Prüfungen wurde kein Umfassungsrahmen verwendet.

Im Anhang B sind Fotos des Prüfaufbaus enthalten.

Der Aufbau der Prüfobjekte im Hallraum wurde durch Mitarbeiter von Müller-BBM ausgeführt. Der Prüfaufbau erfolgte nach ISO 354 [1], Abschnitt 6.2.2. in Montageart Typ G gemäß Anhang B.

Die klimatischen Bedingungen während der Prüfung sind den Prüfzeugnissen im Anhang A zu entnehmen. Die Anordnung der Prüfobjekte im Hallraum kann den Fotos im Anhang B entnommen werden.

4 Prüfverfahren

Die Messungen wurden nach ISO 354 [1] durchgeführt und ausgewertet.

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 ISO 354 [1] bestimmt.

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

- Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p in Oktavbändern
- Bewerteter Schallabsorptionsgrad α_w als Einzelangabe:

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

6 Messergebnisse

Die Schallabsorptionsgrade α_s in Terzbändern, die praktischen Schallabsorptionsgrade α_p in Oktavbändern sowie die Einzelangabe α_w sind den Prüfzeugnissen im Anhang A, Seiten 1 – 2 zu entnehmen.

7 Anmerkungen

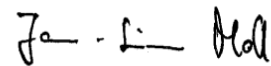
Die ermittelten Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfobjekte und die an den Messtagen vorgefundenen Verhältnisse.

Die Prüfstelle wird vom Verband der Materialprüfungsämter e. V. im Verzeichnis der VMPA-Schallschutzprüfstellen unter der Nummer VMPA-SPG-194-97-BY geführt.

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.



Dr.-Ing. Andreas Meier



Jan-Lieven Moll

MÜLLER-BBM

Akkreditiertes Prüflaboratorium
nach DIN EN ISO/IEC 17025



VMPA-SPG-194-97-BY

Schallabsorptionsgrad nach ISO 354

Messung der Schallabsorption in Hallräumen

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

Prüfgegenstand: Bühnensamt MIDNIGHT
Aufbau: glatt hängend, Montageart G-100 gemäß ISO 354

Aufbau:
Bühnensamt MIDNIGHT, schwarz, Samt sichtseitig
Schwer entflammbar nach DIN 4102 B1
Dicke ca. 2 mm

Zustand:
glatt hängend, Wandabstand 100 mm
Die Montageart entspricht dem Typ G-100 gemäß ISO 354

Flächengewicht ca. 690 g/m² (inkl. Ösen)
Spezifischer Strömungswiderstand gemäß EN 29053: $R_s = \text{ca. } 10.800 \text{ Pa s/m}$

Abmessungen des Vorhangs ohne Befestigungsstruktur: Breite 3,50 m x Höhe 3,00 m
An der Hallraumdecke ist ein Stahlwinkel mit einer Schenkellänge von 6 cm befestigt. Die Abhängung des Materials erfolgte an dem Stahlwinkel mittels Gummischlaufen. Zwischen Stahlwinkel und Vorhangoberkante bestand eine Überlappung von 2 cm.

Raum: Hallraum
Volumen: 199,60 m³
Prüffläche: 10,50 m²
Prüfdatum: 23.02.2010

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	19,5	36,8	93,5
Mit Probe	19,7	36,4	93,6

Akkreditiertes Prüflaboratorium
nach ISO/IEC 17025

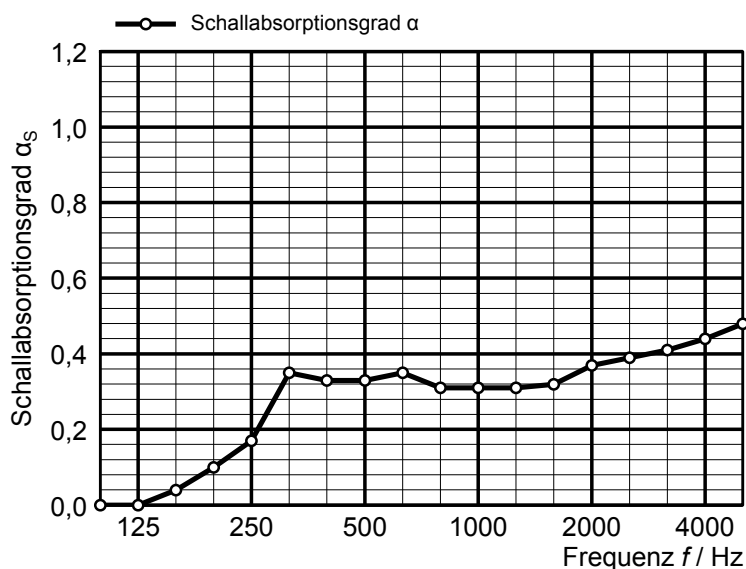


Frequenz [Hz]	α_s Terz	α_p Oktave
100	◦ -0,00	
125	◦ 0,00	0,00
160	◦ 0,04	
200	0,10	
250	0,17	0,20
315	0,35	
400	0,33	
500	0,33	0,35
630	0,35	
800	0,31	
1000	0,31	0,30
1250	0,31	
1600	0,32	
2000	0,37	0,35
2500	0,39	
3150	0,41	
4000	0,44	0,45
5000	0,48	

◦ 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 $\alpha_w = 0,35$

Schallabsorberklasse: D

MÜLLER-BBM

Planegg, 01.03.2010
Prüfbericht Nr. M77 692/5

J. Heier

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 MIDNIGHT
Aufbau: 100% Faltenzugabe, Montageart G-100 gemäß ISO 354

Aufbau:
Bühnensamt MIDNIGHT, schwarz, Samt sichtseitig
Schwer entflammbar nach DIN 4102 B1
Dicke ca. 2 mm

Zustand:
100% Faltenzugabe, Wandabstand 100 mm
Die Montageart entspricht dem Typ G-100 gemäß ISO 354

Flächengewicht ca. 690 g/m² (inkl. Ösen)
Spezischer Strömungswiderstand gemäß DIN EN 29053: $R_s = \text{ca. } 10.800 \text{ Pa s/m}$

Abmessungen des Vorhangs ohne Befestigungsstruktur: Breite 3,70 m x Höhe 3,00 m
An der Hallraumdecke ist ein Stahlwinkel mit einer Schenkellänge von 6 cm befestigt. Die Abhängung des Materials erfolgte an dem Stahlwinkel mittels Gummischlaufen. Zwischen Stahlwinkel und Vorhangoberkante bestand eine Überlappung von 2 cm.

Raum: Hallraum
Volumen: 199,60 m³
Prüffläche: 11,10 m²
Prüfdatum: 23.02.2010

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	19,5	36,8	93,5
Mit Probe	19,9	37,3	93,7

Akkreditiertes Prüflaboratorium
nach ISO/IEC 17025

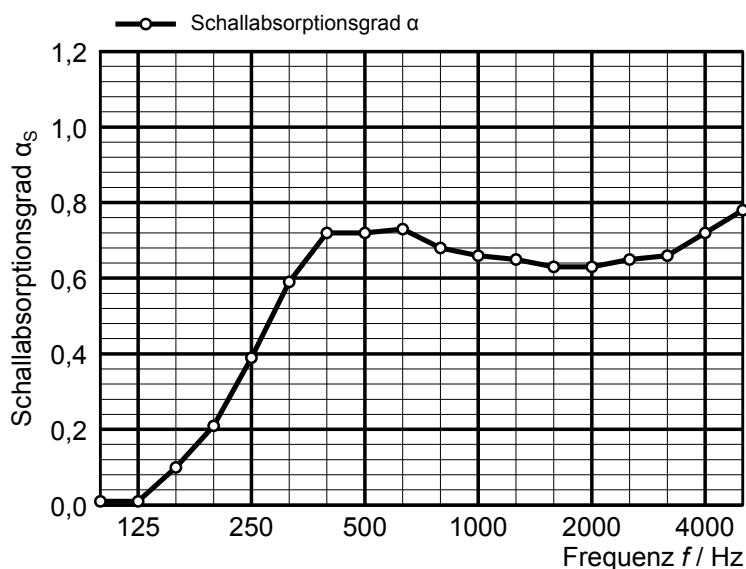


Frequenz [Hz]	α_s Terz	α_p Oktave
100	0,01	
125	0,01	0,05
160	0,10	
200	0,21	
250	0,39	0,40
315	0,59	
400	0,72	
500	0,72	0,70
630	0,73	
800	0,68	
1000	0,66	0,65
1250	0,65	
1600	0,63	
2000	0,63	0,65
2500	0,65	
3150	0,66	
4000	0,72	0,70
5000	0,78	

◦ 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 $\alpha_w = 0,65$

Schallabsorberklasse: C

MÜLLER-BBM

Planegg, 01.03.2010
Prüfbericht Nr. M77 692/5

J. Heis

Anhang A
Seite 2



Foto B.1 Prüfungsaufbau im Hallraum – Bühnensamt MIDNIGHT glatt hängend (Aufbau 1)

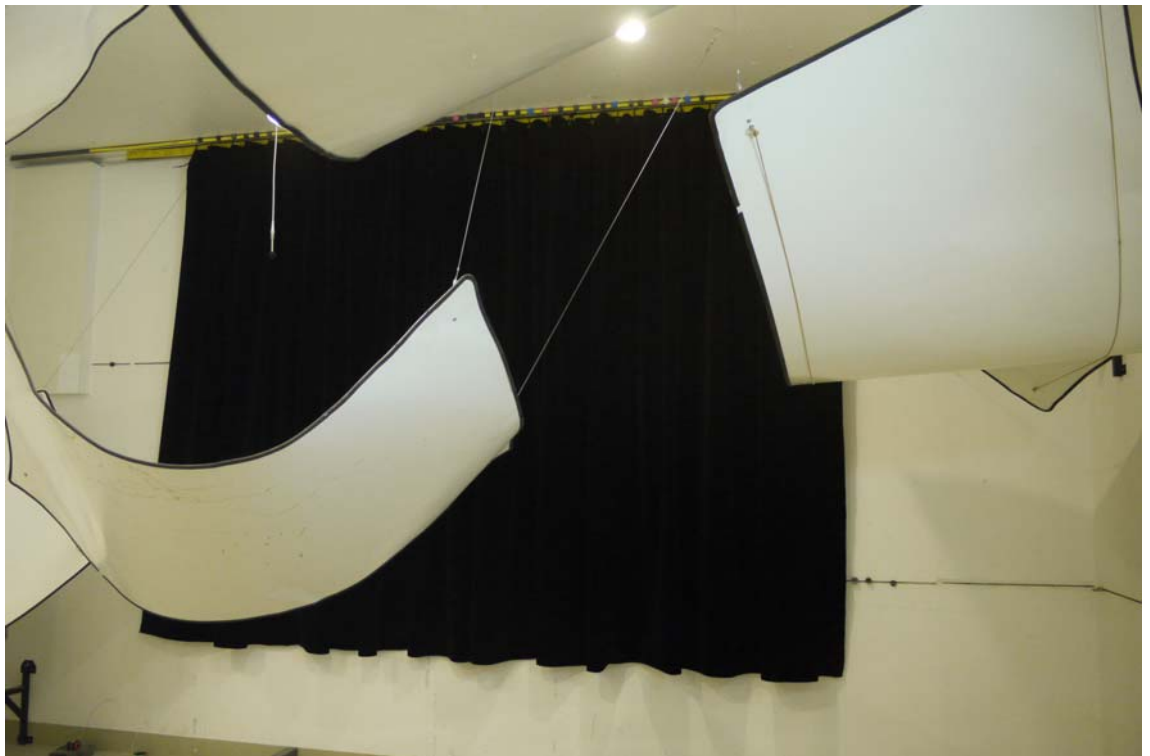


Foto B.2 Prüfungsaufbau im Hallraum – Bühnensamt MIDNIGHT mit Falten (Aufbau 2)

Angaben zum Prüfverfahren zur Ermittlung der Schallabsorption im Hallraum

1 Messgröße

Es wurde der Schallabsorptionsgrad α 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 ISO 354 [1] berücksichtigt. Die Berechnung der Luftabsorptionskoeffizienten erfolgte nach ISO 9613-1 [3]. Die klimatischen Bedingungen während der Prüfung sind in den Prüfzeugnissen aufgeführt.

Angaben zur Wiederholpräzision und zur Vergleichpräzision des Messverfahrens sind in ISO 354 [1] enthalten.

2 Prüfverfahren

2.1 Beschreibung des Hallraums

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

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

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

In Abbildung 1 sind Zeichnungen des Hallraums dargestellt.

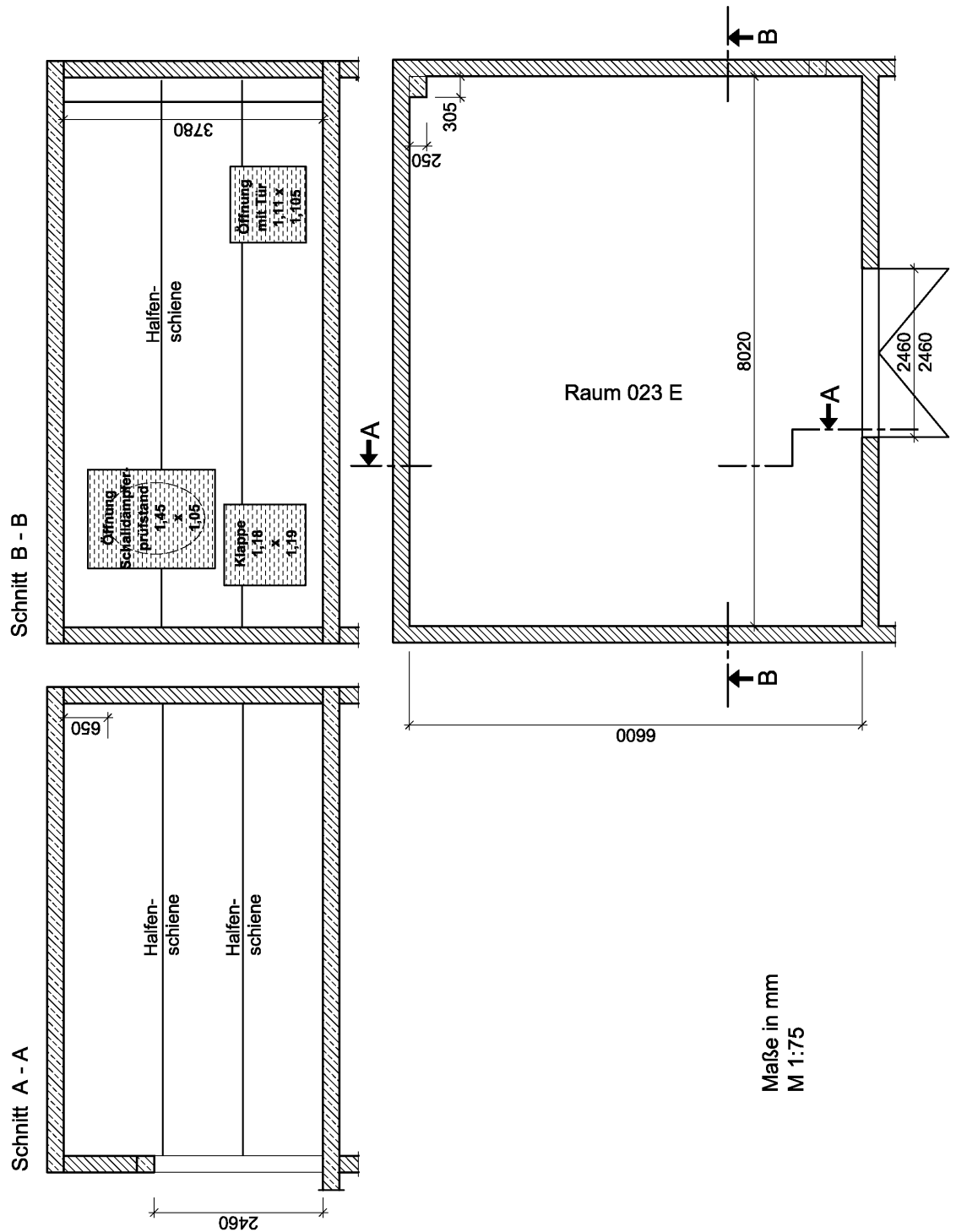


Abbildung 1. Grundriss und Schnitte des Hallraums nach ISO 354

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 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 1 aufgeführt.

Frequenz in Hz	Nachhallzeit T in s		
	T_1 (ohne Prüfobjekt)	T_2 (mit Prüfobjekt)	
	Anhang A Seite 1	Anhang A Seite 1	Anhang A Seite 2
100	5,38	5,38	5,29
125	4,97	4,94	4,86
160	5,39	5,01	4,52
200	5,42	4,60	3,87
250	5,36	4,14	3,11
315	5,04	3,18	2,48
400	4,96	3,23	2,22
500	5,09	3,30	2,25
630	5,12	3,24	2,23
800	5,18	3,39	2,33
1000	5,52	3,52	2,44
1250	5,54	3,55	2,47
1600	5,26	3,41	2,46
2000	4,71	3,01	2,33
2500	4,05	2,68	2,14
3150	3,18	2,23	1,86
4000	2,43	1,80	1,53
5000	1,82	1,42	1,24

Tabelle 1. Nachhallzeiten ohne und mit Prüfobjekten

Prüfmittelverzeichnis

Bezeichnung	Hersteller	Typ	Serien-Nr.
Soundkarte	RME	Multiface II	22460388
Verstärker	Sonus	PSA 550	059700963
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD130B	265201
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD130B	265202
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD130B	265203
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD130B	265204
Mikrofon	Microtech	M360	1783
Mikrofon	Microtech	M360	1785
Mikrofon	Microtech	M360	1786
Mikrofon	Microtech	M360	1787
Mikrofon	Microtech	M360	1788
Mikrofon	Microtech	M360	1789
Thermo-/Baro-/Hygrometer	Greisinger electronic	GFTB 100	2007080601
Mess- und Auswertesoftware	Müller-BBM	Bau 4	Version 1.6