

Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Str. 11
82152 Planegg bei München

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

www.MuellerBBM.de

M. Eng. Philipp Meistring
Telefon +49(89)85602 228
Philipp.Meistring@mbbm.com

30. Oktober 2018
M146189/03 MSG/STEG

**Vorhangstoff Silence,
Art.-Nr. 10809
Zimmer + Rohde GmbH**

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

Prüfbericht Nr. M146189/03

Auftraggeber:	Zimmer + Rohde GmbH Zimmermühlenweg 14-18 61440 Oberursel Deutschland
Bearbeitet von:	M. Eng. Philipp Meistring Jan-Lieven Moll
Berichtsdatum:	30. Oktober 2018
Lieferdatum der Prüfobjekte:	16. Oktober 2018
Prüfdatum:	25. Oktober 2018
Berichtsumfang:	Insgesamt 12 Seiten davon 5 Seiten Textteil, 1 Seite Anhang A, 1 Seite Anhang B, 1 Seiten Anhang C und 4 Seiten Anhang D.

Müller-BBM GmbH
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

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

Anhang A: Prüfzeugnis (Deutsch)

Anhang B: Prüfzeugnis (Englisch)

Anhang C: Fotos

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

1 Aufgabenstellung

Im Auftrag der Firma Zimmer + Rohde GmbH in 61440 Oberursel war die Schallabsorption des Vorhangstoffs Silence, Artikel Nr. 10809 nach DIN EN ISO 354 [1] im Hallraum zu ermitteln. Der Stoff wurde in einer gerafften Anordnung mit 100 % Stoffzugabe und einem Abstand von 100 mm zur Rückwand geprüft.

Die Messergebnisse sollen nach DIN EN ISO 11654 [2] und ASTM C 423 [4] bewertet werden.

2 Grundlagen

Diesem Prüfbericht liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- [1] DIN EN ISO 354: Akustik - Messung der Schallabsorption in Hallräumen. 2003-12
- [2] DIN EN 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. June 1993
- [4] ASTM C 423-17: Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. Revision: 17. February 2017
- [5] DIN EN 29053: Materialien für akustische Anwendungen, Bestimmung des Strömungswiderstandes. Mai 1993

3 Prüfobjekt und Prüfaufbau

3.1 Prüfobjekt

Das geprüfte Gewebe wird vom Hersteller wie folgt beschrieben:

- Hersteller / Vertrieb Zimmer + Rohde GmbH
- Vorhangstoff Silence, Artikel Nr. 10809
- Material 91 % PES C, 9 % PES

Durch die Prüfstelle wurden weiter folgende Parameter ermittelt:

- Dicke: $d = 0,45 \text{ mm}$
- Flächenbezogene Masse: $m'' = 105 \text{ g/m}^2$
- Spezifischer Strömungswiderstand gemäß DIN EN 29053 [5]: $R_s = 332 \text{ Pa s/m}$

3.2 Prüfaufbau

Der Einbau der Prüfobjekte im Hallraum erfolgte durch Mitarbeiter der Prüfstelle. Die Prüfobjekte wurden in einer gerafften Anordnung geprüft.

Bei den Anordnungen waren folgende Konstruktionsmerkmale gegeben:

- 100 % Stoffzugabe, geraffte Anordnung
- Aufbau aus einer Vorhangbahn mit den Abmessungen von $B \times H = 7,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m}$
- lichter Abstand zur Rückwand 100 mm, Aufbau ohne Umfassungsrahmen
- Befestigung direkt unter der Hallraumdecke an einem Stahlwinkel ($h = 50 \text{ mm}$)
- Abmessungen der Prüffläche (ab Unterkante Stahlwinkel): $B \times H = 3,50 \text{ m} \times 2,95 \text{ m}$
- Prüffläche gesamt $S = 10,33 \text{ m}^2$

Weitere Informationen zum Prüfaufbau sind dem Prüfzeugnis im Anhang A (deutschsprachig) und Anhang B (englischsprachig) zu entnehmen.

In Anhang C sind Fotos der Prüfanordnung enthalten.

4 Prüfverfahren

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

Das Prüfverfahren, der Prüfstand und die verwendeten Prüfmittel sind in Anhang D 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 423-17 [4] 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 (deutschsprachig) und Anhang B (englischsprachig) zu entnehmen.

7 Anmerkungen

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



M. Eng. Philipp Meistring
(Für den technischen Inhalt verantwortlich)

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.



Durch die DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

Schallabsorptionsgrad nach ISO 354

Messung der Schallabsorption in Hallräumen

Auftraggeber: Zimmer + Rohde GmbH, Zimmermühlenweg 14-18, 61440 Oberursel
Prüfgegenstand: Stoff Typ Silence, Art.-Nr. 10809,
 Geraffte Anordnung mit 100 % Stoffzugabe und 100 mm Wandabstand

Prüfobjekt:

- Stoff Typ Silence, Artikel Nr. 10809
- Material 91 % PES CS, 9 % PES
- flächenbezogene Masse $m'' = 105 \text{ g/m}^2$
- spezifischer Strömungswiderstand $R_S = 332 \text{ Pa s/m}$
- Dicke $d = 0,45 \text{ mm}$

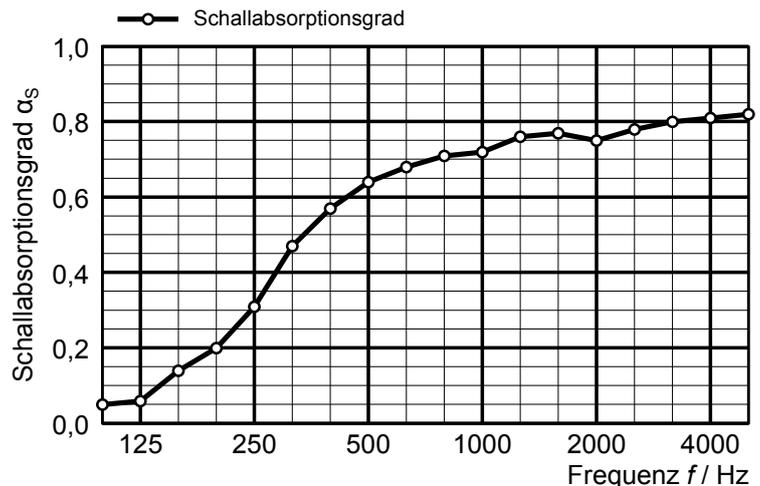
Prüfaufbau:

- Anordnung des Vorhangs in Anlehnung an Typ G-100 gemäß DIN EN ISO 354, Aufbau ohne Umfassungsrahmen
- geraffte Anordnung (100 % Stoffzugabe), 100 mm lichter Abstand zur Rückwand
- eine Vorhangbahn $B \times H = 7,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m}$
- Befestigung direkt unter der Hallraumdecke an einem Stahlwinkel ($h = 50 \text{ mm}$)
- Prüffläche $B \times H = 3,50 \text{ m} \times 2,95 \text{ m}$ (ab Unterkante Stahlwinkel)

Raum: Hallraum
 Volumen: $199,60 \text{ m}^3$
 Prüffläche: $10,33 \text{ m}^2$
 Prüfdatum: 25.10.2018

Frequenz [Hz]	α_s Terz	α_p Oktave
100	0,05	0,10
125	0,06	
160	0,14	
200	0,20	0,35
250	0,31	
315	0,47	
400	0,57	0,65
500	0,64	
630	0,68	
800	0,71	
1000	0,72	0,75
1250	0,76	
1600	0,77	0,75
2000	0,75	
2500	0,78	
3150	0,80	0,80
4000	0,81	
5000	0,82	

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	20,9	45,7	95,5
Mit Probe	20,9	45,5	95,5



o Absorptionsfläche kleiner als $1,0 \text{ m}^2$
 α_s Schallabsorptionsgrad nach ISO 354
 α_p Praktischer Schallabsorptionsgrad nach ISO 11654

Bewertung nach ISO 11654: Bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w = 0,65 (H)$ Schallabsorberklasse: C	Bewertung nach ASTM C423: Noise Reduction Coefficient $NRC = 0,60$ Sound Absorption Average $SAA = 0,61$
--	--

MÜLLER-BBM

Planegg, 30.10.2018
 Prüfbericht Nr. M146189/3

Anhang A
 Seite 1

Sound absorption coefficient ISO 354

Measurement of sound absorption in reverberation rooms

Client: Zimmer + Rohde GmbH,
Zimmermühlenweg 14-18, 61440 Oberursel, Germany

Test specimen: Fabric type Silence, art.-no. 10809,
arranged as curtain (folded with 100 % fabric addition and 100 mm distance)

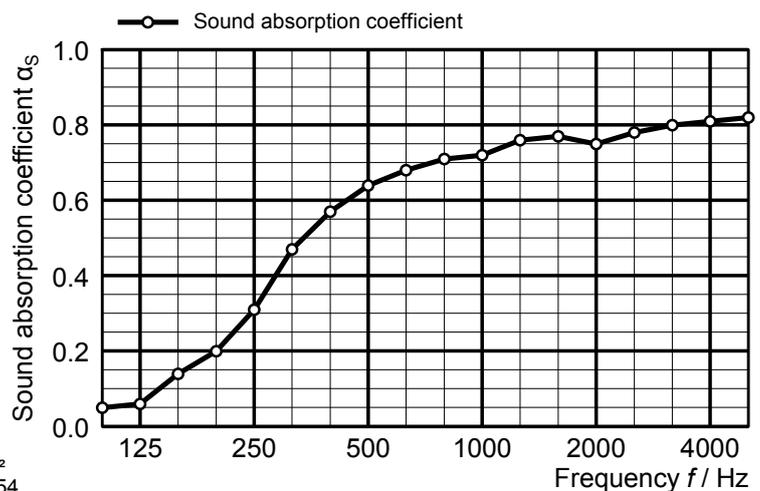
- Material details:**
- fabric type Silence, article no. 10809
 - material 91 % PES CS, 9 % PES
 - area specific mass $m'' = 105 \text{ g/m}^2$
 - airflow resistance $R_S = 332 \text{ Pa s/m}$
 - thickness $d = 0.45 \text{ mm}$

- Test arrangement:**
- curtain arrangement following type G-100 acc. to EN ISO 354, without enclosing frame
 - folded arrangement (100 % fabric addition), 100 mm clear distance to the reflective wall
 - one web $B \times H = 7.00 \text{ m} \times 3.00 \text{ m}$
 - fixed directly underneath the ceiling on a metal rail ($h = 50 \text{ mm}$)
 - test surface width x height = $3.50 \text{ m} \times 2.95 \text{ m}$ (starting at the lower edge of the metal rail)

Room: Reverberation Room
Volume: 199.60 m^3
Size: 10.33 m^2
Date of test: 2018-10-25

Frequency [Hz]	α_s 1/3 octave	α_p octave
100	◦ 0.05	0.10
125	◦ 0.06	
160	0.14	
200	0.20	0.35
250	0.31	
315	0.47	
400	0.57	0.65
500	0.64	
630	0.68	
800	0.71	0.75
1000	0.72	
1250	0.76	
1600	0.77	0.75
2000	0.75	
2500	0.78	
3150	0.80	0.80
4000	0.81	
5000	0.82	

	θ [°C]	$r. h.$ [%]	B [kPa]
without specimen	20.9	45.7	95.5
with specimen	20.9	45.5	95.5



◦ Equivalent sound absorption area less than 1.0 m^2
 α_s Sound absorption coefficient according to ISO 354
 α_p Practical sound absorption coefficient according to ISO 11654

Rating according to ISO 11654: Weighted sound absorption coefficient $\alpha_w = 0.65 (H)$ Sound absorption class: C	Rating according to ASTM C423: Noise Reduction Coefficient $NRC = 0.60$ Sound Absorption Average $SAA = 0.61$
--	---

Vorhangstoff Silence Art.-Nr. 10809, Zimmer + Rohde GmbH



Abbildung C.1. Geraffte Prüfanordnung im Hallraum (frontale Ansicht).



Abbildung C.2. Geraffte Prüfanordnung im Hallraum (Schrägansicht).

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 sind:

- 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}

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 [3]. 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] enthalten.

2 Prüfverfahren

2.1 Beschreibung des Hallraums

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

Der Hallraum weist ein Volumen von $V = 199,6 m^3$ und eine Raumbofläche von $S = 216 m^2$ 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 m x 2,4 m und sechs Verbundbleche mit den Abmessungen 1,2 m x 1,2 m gekrümmt und unregelmäßig im Raum aufgehängt.

In Abbildung D.1 sind Zeichnungen des Hallraums dargestellt.

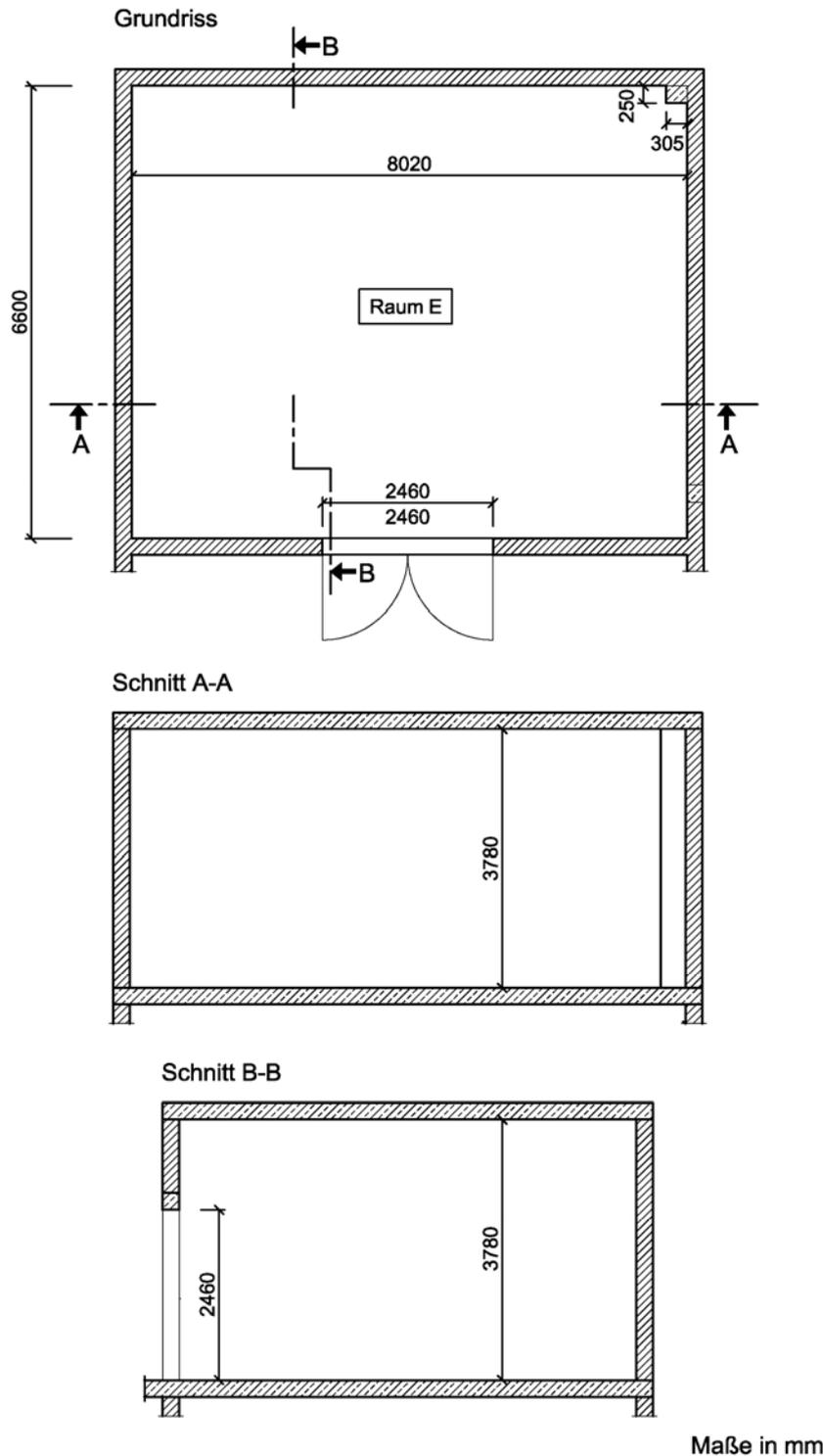


Abbildung D.1. Grundriss und Schnitte des Hallraums.

2.2 Messung der Nachhallzeit

Die Ermittlung der Impulsantworten erfolgte nach dem indirekten Verfahren. Als Prüf-signal wurde ein Gleitsinus mit einem Rosa Spektrum verwendet. Mit und ohne Prüf-objekte wurden jeweils 24 unabhängige Lautsprecher-Mikrofon-Kombinationen er-fasst. 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 rück-wärtsintegrierten Impulsantwort verwendet wurde.

Die ermittelten Nachhallzeiten sind in Tabelle D.1 aufgeführt.

Tabelle D.1. Nachhallzeiten ohne und mit Prüfobjekt.

Frequenz f / Hz	Nachhallzeit T / s	
	T_1 (ohne Prüfobjekt)	T_2 (mit Prüfobjekt)
100	5,04	4,65
125	5,13	4,70
160	5,36	4,33
200	5,16	3,89
250	5,16	3,42
315	4,92	2,82
400	5,22	2,66
500	5,34	2,54
630	5,19	2,43
800	4,87	2,31
1000	5,06	2,34
1250	5,20	2,29
1600	5,03	2,23
2000	4,70	2,20
2500	3,96	1,98
3150	3,29	1,78
4000	2,56	1,54
5000	2,08	1,34

2.3 Prüfmittel

In Tabelle D.2 sind die verwendeten Prüfmittel aufgeführt.

Tabelle D.2. Prüfmittel.

Name	Hersteller	Typ	Serien-Nr.
AD-/DA-Wandler	RME	Fireface 802	23811470
Verstärker	APart	Champ 2	09050048
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD360A	372828
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD360A	372829
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD360A	372830
Dodekaeder	Müller-BBM	DOD360A	372831
Mikrofon	Microtech	M370	1355
Mikrofon	Microtech	M370	1356
Mikrofon	Microtech	M360	1786
Mikrofon	Microtech	M360	1787
Mikrofon	Microtech	M360	1788
Mikrofon	Microtech	M360	1789
Mikrofonspeisegerät	MFA	IV80F	330364
Hygro-/Thermometer	Testo	Saveris H1E	01554624
Barometer	Lufft	Opus 10	030.0910.0003.9. 4.1.30
Mess- und Auswertesoftware	Müller-BBM	Bau 4	Version 1.11