

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

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

www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. (FH) Dominik Reif
Telefon +49(89)85602 3566
Dominik.Reif@mbbm.com

21. Dezember 2016
M122701/04 RFD/STY

Stellwand „Silent“ der Fa. Febrü

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

Prüfbericht Nr. M122701/04

Auftraggeber:	Febrü Büromöbel Produktions- & Vertriebs GmbH Im Babenbecker Feld 62 32051 Herford
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. (FH) Dominik Reif
Berichtsdatum:	21. Dezember 2016
Lieferdatum der Prüfobjekte:	06. September 2016
Prüfdatum:	07. September 2016
Berichtsumfang:	Insgesamt 14 Seiten, davon 6 Seiten Textteil, 2 Seiten Anhang A, 1 Seite Anhang B und 5 Seiten Anhang C.

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	Prüfaufbau und Prüfobjekte	3
4	Prüfverfahren	4
5	Auswertung	4
6	Messergebnisse	5
7	Anmerkungen	6

Anhang A: Prüfzeugnisse

Anhang B: Fotos des Prüfobjektes

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

1 Aufgabenstellung

Im Auftrag der Fa. Febrü Büromöbel Produktions- & Vertriebs GmbH, Herford, war für das Stellwandelement vom Typ „Silent“ der Schallabsorptionsgrad und die äquivalente Schallabsorptionsfläche nach DIN EN ISO 354 [1] im Hallraum zu ermitteln.

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] ASTM C 423-09a: Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. Revision: 09a. 2009-10
- [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 29053: Akustik – Materialien für akustische Anwendungen, Bestimmung des Strömungswiderstandes. 1993-05

3 Prüfaufbau und Prüfobjekte

3.1 Prüfobjekt

Das Stellwandelement wurde aus zwei Paneelen zusammengesetzt. Die Paneele waren über einen systemüblichen Reißverschluss untereinander verbunden und können wie folgt beschrieben werden:

Bezeichnung:	Panel Typ „Silent“ der Fa. Febrü
Abmessungen:	Höhe x Breite x Tiefe = 1.800 mm x 1.180 mm x 44 mm (je Panel)
Aufbau:	Beidseitig stoffbespanntes Panel mit Kern aus thermisch verfestigtem Vliesstoff (Typ „aPerf® – 25“), aufrecht stehend in einem Metall-Standfuß
Stoffbespannung:	Typ „Blazer“ (100 % Schurwolle), flächenbezogene Masse $m' = 460 \text{ g/m}^2$, (gemäß Herstellerangabe), mit Polyesterwatte unterfüttert

Die Angaben zu Abmessungen wurden durch die Prüfstelle an Stichproben ermittelt.

3.2 Prüfaufbau

Der Prüfaufbau erfolgte nach DIN EN ISO 354 [1], Abschnitt 6.2.2. Die Stellwand bestand aus zwei Paneelen vom Typ „Silent“ und wurde entsprechend dem praxisgerechten Aufbau senkrecht stehend auf jeweils zwei Standfüßen aus Stahl unmittelbar auf dem Hallraumboden aufgestellt. Die Prüfung der Stellwandelemente erfolgte nacheinander an drei Positionen mit einem Mindestabstand von > 2 m zwischen den einzelnen Positionen.

In der DIN EN ISO 354 [1] sind keine Angaben zum Aufbau von Stellwänden zur Bestimmung der Schallabsorption enthalten. Ersatzweise wurde daher die Vorgabe der ASTM C 423-09a [3] zum Aufbau berücksichtigt:

- Die Prüffläche der Stellwand muss mindestens $2,32 \text{ m}^2$ betragen.
- Das Verhältnis der Kantenlängen muss zwischen $0,5 \dots 2,0$ liegen.
- Es soll nur eine Stellwand geprüft werden, die jedoch aus mehreren Stellwänden zusammengestellt werden kann.

Der Aufbau der Prüfobjekte im Hallraum wurde von Mitarbeitern der Prüfstelle ausgeführt.

Im Anhang B sind Fotos des Prüfaufbaus 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 die äquivalente Absorptionsfläche je Stellwand A_{obj} zwischen 100 Hz und 5000 Hz gemäß DIN EN ISO 354 [1] bestimmt.

Gemäß DIN EN ISO 354 [1] kann nur die äquivalente Absorptionsfläche je Stellwand angegeben werden. Die Angabe eines Schallabsorptionsgrades ist nicht normgemäß, da in der Norm keine Definition der anzusetzenden Prüffläche von Stellwänden angegeben wird, wie sie für eine vergleichbare Prüfung von Produkten notwendig ist.

In einigen Prüfberichten werden dennoch Schallabsorptionsgrade angegeben, die durch den Bezug der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A_{obj} auf eine mehr oder weniger willkürlich gewählte Prüffläche gebildet werden. Die Angabe des Schallabsorptionsgrades im vorliegenden Prüfbericht erfolgt zu Vergleichszwecken mit existierenden Prüfzeugnissen von Stellwänden, in denen nur der Schallabsorptionsgrad angegeben wird. Zur Ermittlung des Schallabsorptionsgrades wurde als Prüffläche die beidseitige Ansichtsfläche der Stellwände von $2 \times \text{Breite} \times \text{Höhe} = 2 \times 2,36 \text{ m} \times 1,80 \text{ m} = 8,50 \text{ m}^2$ verwendet. Dieser Ansatz entspricht den Vorgaben der ASTM C 423-09a [3].

Zusätzlich zu den Schallabsorptionsgraden 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 von 250 Hz bis 4000 Hz ermittelt.

Nach der ASTM C 423-09a [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

6.1 Äquivalente Absorptionsfläche je Stellwand

Die äquivalenten Absorptionsflächen je Stellwand A_{obj} sind dem Prüfzeugnis in Anhang A, Seite 1, zu entnehmen.

6.2 Schallabsorptionsgrad der Stellwand

Die Schallabsorptionsgrade α_s in Terzbändern, die praktischen Schallabsorptionsgrade α_p in Oktavbändern sowie die Einzahlangaben (α_w , *NRC* und *SAA*) sind dem Prüfzeugnis in Anhang A, Seite 2, 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)



Dipl.-Ing. (FH) Dominik Reif
(Projektverantwortlicher)

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.

Absorptionsfläche nach ISO 354

Messung der Schallabsorption in Hallräumen

Auftraggeber: Febrü Büromöbel Produktions- und Vertriebs GmbH,
Im Babenbecker Feld 62, 32051 Herford

Prüfgegenstand: Stellwandelement "Silent" der Fa. Febrü (2360 mm x 1800 mm)

Angaben zum Aufbau der Stellwand:

- Stellwand bestehend aus zwei Paneelen Typ "Silent" der Fa. Febrü
- Abmessungen je Paneel $H \times B \times D = 1800 \text{ mm} \times 1180 \text{ mm} \times 44 \text{ mm}$
- Paneele mit beidseitiger Soffbespannung Typ "Blazer" (100 % Schurwolle) mit Polyesterwatte unterfüttert
- Umlaufender, 25 mm dicker Holzrahmen, stoffbespannt
- Füllung aus thermisch verfestigtem Vliesstoff (Typ "aPerf®- 25")

Abmessungen der Stellwand:

- Breite der Stellwand (B): 2360 mm
- Höhe der Stellwand, ohne Füße (H): 1800 mm
- Abstand Hallraumboden zu Stellwand: 10 mm
- Dicke der Stellwand: 44 mm
- Prüffläche nach ASTM C 423 ($2 \times B \times H$): 8,50 m²

Prüfanordnung:

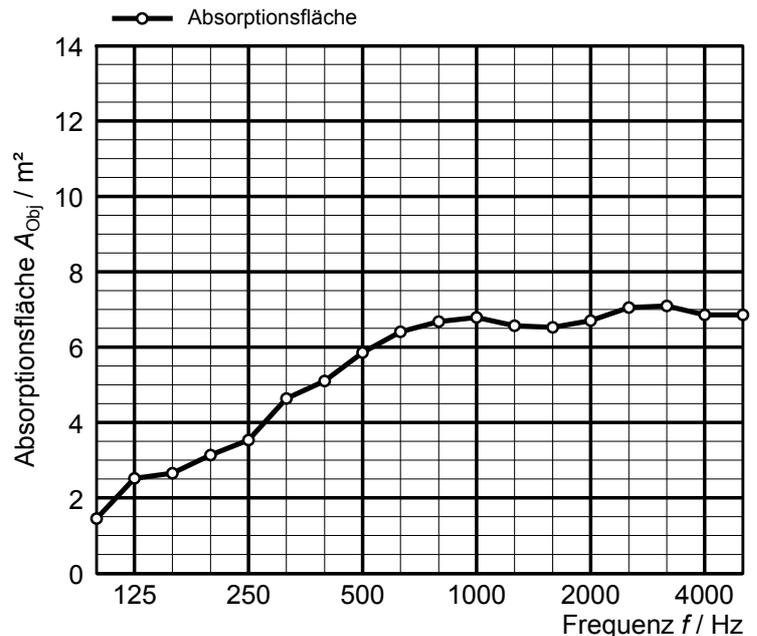
Es wurde eine Stellwand, bestehend aus zwei Paneelen, aufrecht stehend auf dem Hallraumboden angeordnet. Die Paneele waren über einen systemüblichen Reißverschluss verbunden.

Aufgestellt in einem Metall-Standfuß je Paneel. Die Stellwand wurde an drei unregelmäßig verteilten Positionen im Hallraum geprüft.

Raum: Hallraum E
Volumen: 199,60 m³
Prüfdatum: 07.09.2016

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	23,2	54,8	95,2
Mit Probe	23,1	56,1	95,2

Frequenz [Hz]	A_{Obj} Terz [m ²]
100	1,5
125	2,5
160	2,7
200	3,1
250	3,5
315	4,6
400	5,1
500	5,9
630	6,4
800	6,7
1000	6,8
1250	6,6
1600	6,5
2000	6,7
2500	7,1
3150	7,1
4000	6,9
5000	6,9



Schallabsorptionsgrad nach ISO 354

Messung der Schallabsorption in Hallräumen

Auftraggeber: Febrü Büromöbel Produktions- und Vertriebs GmbH,
Im Babenbecker Feld 62, 32051 Herford

Prüfgegenstand: Stellwandelement "Silent" der Fa. Febrü (2360 mm x 1800 mm)

Angaben zum Aufbau der Stellwand:

- Stellwand bestehend aus zwei Paneelen Typ "Silent" der Fa. Febrü
- Abmessungen je Paneel $H \times B \times D = 1800 \text{ mm} \times 1180 \text{ mm} \times 44 \text{ mm}$
- Paneele mit beidseitiger Soffbespannung Typ "Blazer" (100 % Schurwolle) mit Polyesterwatte unterfüttert
- Umlaufender, 25 mm dicker Holzrahmen, stoffbespannt
- Füllung aus thermisch verfestigtem Vliesstoff (Typ "aPerf®- 25")

Abmessungen der Stellwand:

- Breite der Stellwand (B): 2360 mm
- Höhe der Stellwand, ohne Füße (H): 1800 mm
- Abstand Hallraumboden zu Stellwand: 10 mm
- Dicke der Stellwand: 44 mm
- Prüffläche nach ASTM C 423 ($2 \times B \times H$): 8,50 m²

Prüfanordnung:

Es wurde eine Stellwand, bestehend aus zwei Paneelen, aufrecht stehend auf dem Hallraumboden angeordnet. Die Paneele waren über einen systemüblichen Reißverschluss verbunden.

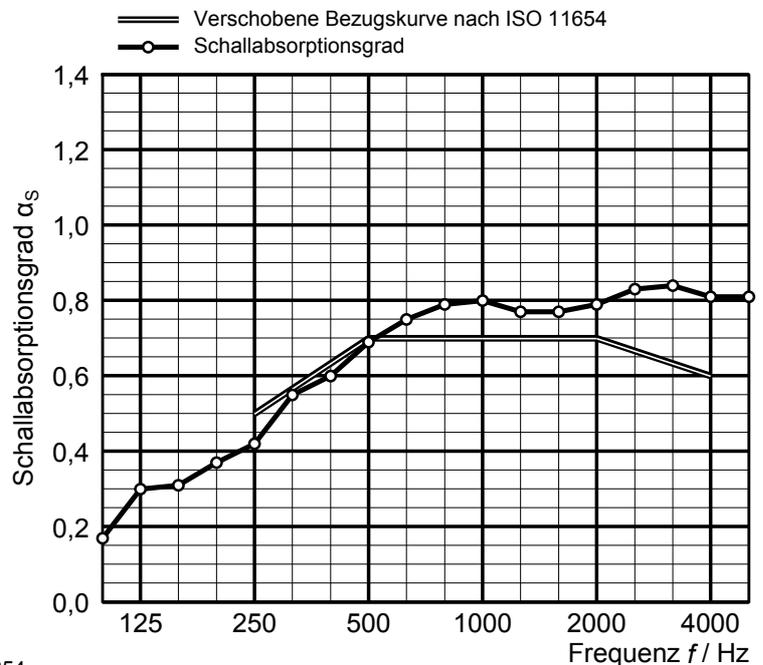
Aufgestellt in einem Metall-Standfuß je Paneel. Die Stellwand wurde an drei unregelmäßig verteilten Positionen im Hallraum geprüft.

Raum: Hallraum E
Volumen: 199,60 m³
Prüffläche: 8,50 m²
Prüfdatum: 07.09.2016

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	23,2	54,8	95,2
Mit Probe	23,1	56,1	95,2

Frequenz [Hz]	α_s Terz	α_p Oktave
100	0,17	
125	0,30	0,25
160	0,31	
200	0,37	
250	0,42	0,45
315	0,55	
400	0,60	
500	0,69	0,70
630	0,75	
800	0,79	
1000	0,80	0,80
1250	0,77	
1600	0,77	
2000	0,79	0,80
2500	0,83	
3150	0,84	
4000	0,81	0,80
5000	0,81	

α_s Schallabsorptionsgrad nach ISO 354
 α_p Praktischer Schallabsorptionsgrad nach ISO 11654



Bewertung nach ISO 11654: Bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w = 0,70$ Schallabsorberklasse: C	Bewertung nach ASTM C423: Noise Reduction Coefficient $NRC = 0,70$ Sound Absorption Average $SAA = 0,68$
--	--

MÜLLER-BBM

Planegg, 21.12.2016
Prüfbericht Nr. M122701/4

M. Müller

Anhang A
Seite 2

Stellwand „Silent“ der Fa. Febrü

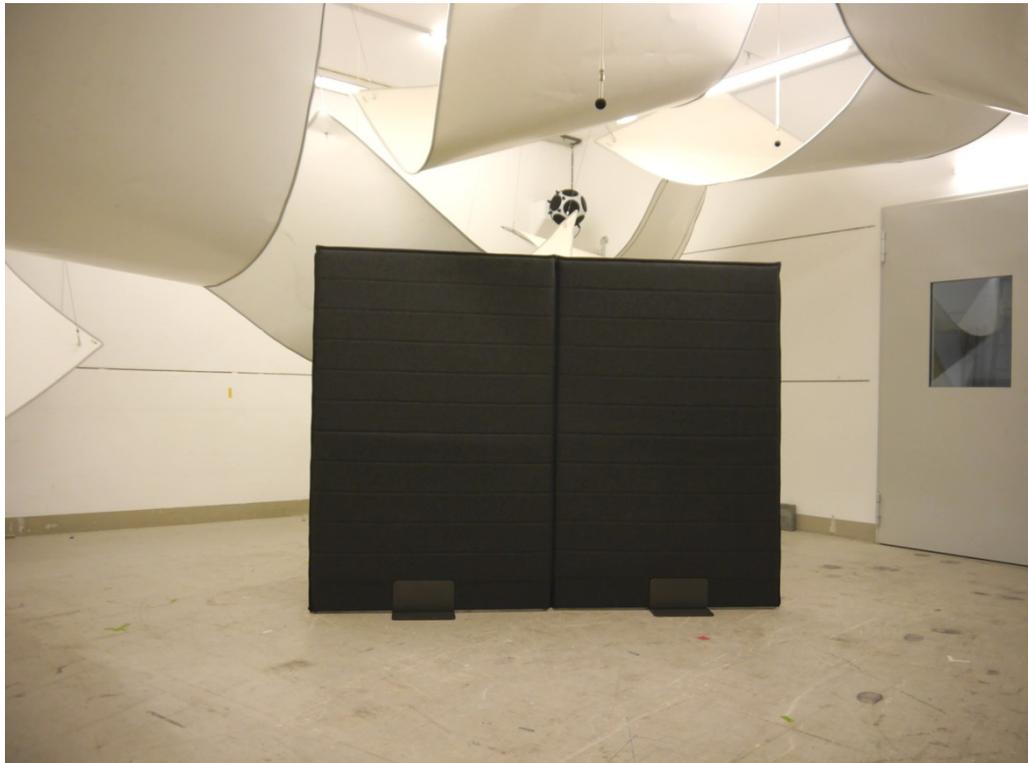


Abbildung B.1. Stellwand vom Typ „Silent“ im Hallraum (Frontalansicht).



Abbildung B.2. Stellwand vom Typ „Silent“ im Hallraum (Diagonalansicht).

Angaben zum Prüfverfahren zur Ermittlung der Schallabsorption im Hallraum

1 Messgröße Schallabsorptionsgrad

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} .

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] enthalten.

2 Messgröße Absorptionsfläche

Es wurde die äquivalente Schallabsorptionsfläche A_{Obj} des Prüfobjekts bestimmt. Hierzu wurde die mittlere Nachhallzeit im Hallraum ohne und mit Prüfobjekt ermittelt. Die Berechnung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche erfolgte nach folgender Gleichung:

$$A_{\text{Obj}} = \frac{A_T}{n}$$

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

Dabei ist

- A_{Obj} Äquivalente Schallabsorptionsfläche je Prüfobjekt in m^2 ;
- A_T Äquivalente Schallabsorptionsfläche von n Prüfobjekten in m^2 ;
- n Anzahl der gleichartigen Prüfobjekte;
- 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 [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] enthalten.

3 Prüfverfahren

3.1 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.

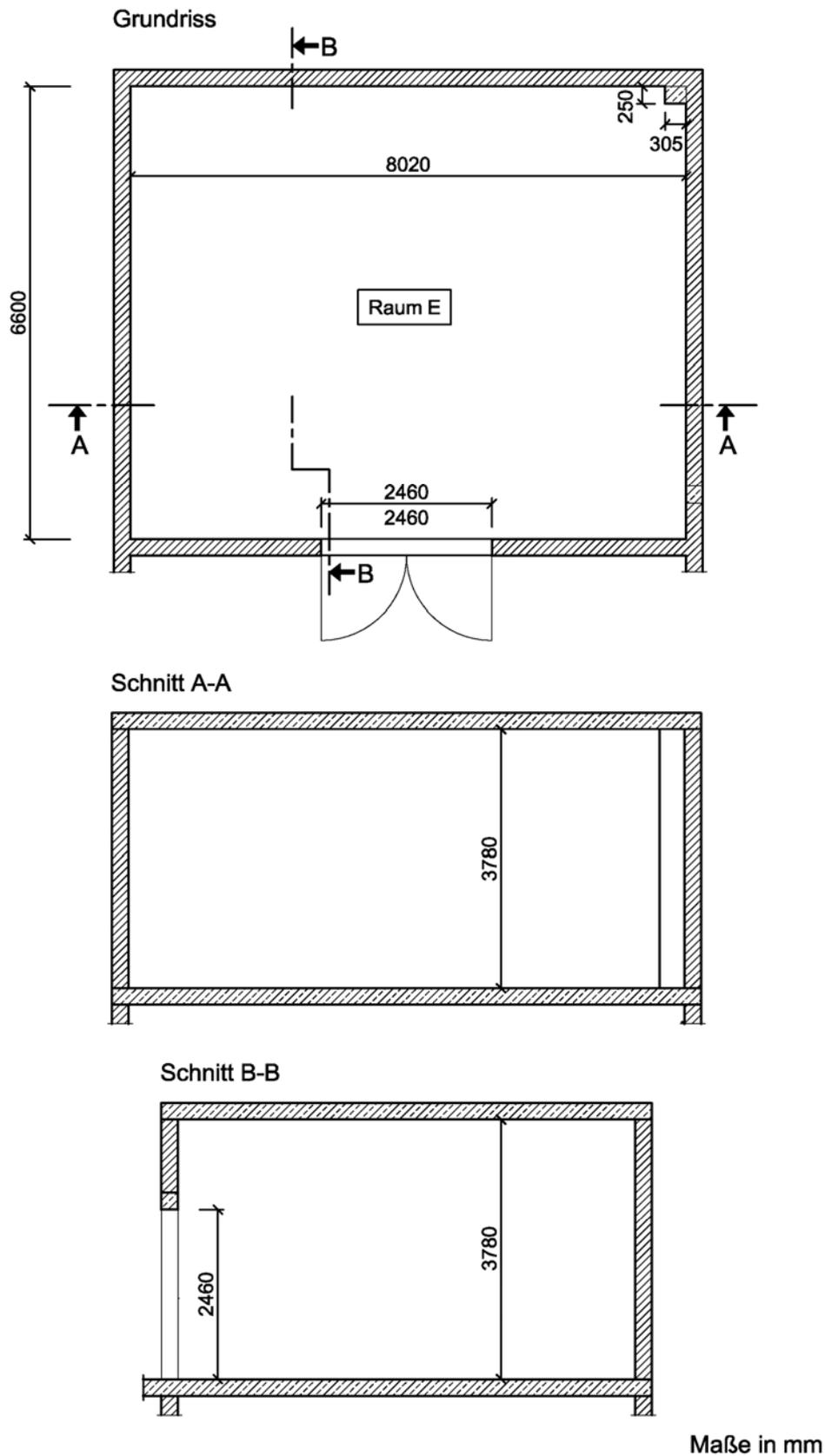


Abbildung C.1. Grundriss und Schnitte des Hallraums.

3.2 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 aufgeführt.

Tabelle C.1. Nachhallzeiten ohne und mit Prüfobjekten.

Frequenz f / Hz	Nachhallzeit T / s	
	T_1 (ohne Prüfobjekt)	T_2 (mit Prüfobjekt)
	Anhang A Seiten 1 und 2	Anhang A Seiten 1 und 2
100	5,14	4,17
125	5,07	3,62
160	5,38	3,72
200	5,33	3,50
250	5,24	3,32
315	5,29	2,99
400	5,39	2,90
500	5,32	2,69
630	5,21	2,55
800	4,88	2,42
1000	5,10	2,45
1250	5,33	2,54
1600	5,30	2,55
2000	5,05	2,45
2500	4,29	2,21
3150	3,59	2,00
4000	2,86	1,78
5000	2,39	1,59

3.3 Prüfmittel

In Tabelle C.2 sind die verwendeten Prüfmittel aufgeführt.

Tabelle C.2. Prüfmittel.

Bezeichnung	Hersteller	Typ	Serien-Nr.
AD-/DA-Wandler	RME	Multiface II	23556871
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	M360	1783
Mikrofon	Microtech	M360	1785
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 1.10