

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

28. August 2018
M145535/01 MSG/STEG

Akustiksäule ARTbase der Firma Incatro Room Acoustics BV

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

Prüfbericht Nr. M145535/01

Auftraggeber:	Incatro Room Acoustics BV Mussenberg 7 6049 GZ Roermond NIEDERLANDE
Bearbeitet von:	M. Eng. Philipp Meistring
Berichtsdatum:	28. August 2018
Lieferdatum der Prüfbjekte:	19. September 2017
Prüfdatum:	19. September 2017
Berichtsumfang:	Insgesamt 13 Seiten davon 5 Seiten Textteil, 2 Seiten Anhang A, 2 Seiten Anhang B und 4 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	Prüfobjekte und Prüfaufbau	3
4	Prüfverfahren	4
5	Auswertung	4
6	Messergebnisse	4
7	Anmerkungen	5

Anhang A: Prüfzeugnisse

Anhang B: Fotos

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

1 Aufgabenstellung

Im Auftrag der Firma Incatro Room Acoustics BV, 6049 GZ Roermond, Niederlande, war die Schallabsorption von absorbierenden Akustiksäulen vom Typ ARTbase im Hallraum nach DIN EN ISO 354 [1] zu bestimmen.

Die Prüfobjekte wurden als Einzelabsorber in variierenden Anordnungen geprüft.

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. 1993-06

3 Prüfobjekte und Prüfaufbauten

3.1 Prüfobjekte

Die geprüften Akustiksäulen lassen sich wie folgt beschreiben:

- Typ ARTbase der Firma Incatro Room Acoustics BV
- Säulen mit Tragstruktur aus Aluminiumprofilen (3 mm, pulverbeschichtet), Füllung aus Polyesterfasermaterial
- Stoffbespannung aus Reinwollfilz, ca. $R_s = 100 \text{ Pa} \cdot \text{s/m}$
- Grundplatte und Deckel aus Aluminium (3 mm)
- 10 mm hohe Kunststoff-Füße
- Abmessungen: Grundfläche 355 mm x 355 mm, Höhe 1620 mm (inkl. Füße)
- Masse je Säule: 22,4 kg

Die Massenangaben und die Angaben zum spezifischen Strömungswiderstand der Bespannung wurden durch die Prüfstelle bestimmt.

3.2 Prüfanordnungen

Der Aufbau der Prüfobjekte im Hallraum wurde vom Auftraggeber ausgeführt.

Die Prüfung erfolgte in zwei Aufbauvarianten.

Tabelle 1. Akustiksäulen ARTbase: geprüfte Varianten.

Aufbau Nr. / Anhang A, Seite	Anordnung	
	Beschreibung	DIN EN ISO 354 [1],
1	Einzel stehend auf dem Hallraumboden in Raummitte	gemäß DIN EN ISO 354, Abschnitt 6.2.2. (Einzelabsorber)
2	Einzel angeordnet in Raumecke, FüÙe anliegend, Längsseiten mit ca. 100 mm Abstand zu den beiden angrenzenden Raumschließungsflächen	in Anlehnung an DIN EN ISO 354, Abschnitt 6.2.2. (Einzelabsorber); Abstände zu Raumschließungsflächen abweichend (indikative Prüfung)

Je Aufbau wurden drei (Aufbau 1) bzw. zwei (Aufbau 2) Elemente unregelmäßig im Hallraum verteilt und nacheinander an jeweils zwei unterschiedlichen Positionen geprüft.

Weitere Angaben zu den Prüfobjekten und Prüfaufbauten sind den Prüfzeugnissen in Anhang A zu entnehmen.

In Anhang B sind Bilder der Prüfobjekte und der Prüfanordnung im Hallraum 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

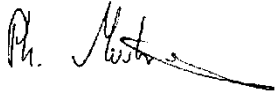
Es wurde die äquivalente Absorptionsfläche A_{obj} je Akustiksäule Typ ARTbase zwischen 100 Hz und 5000 Hz gemäß DIN EN ISO 354 [1] bestimmt.

6 Messergebnisse

Die äquivalenten Absorptionsflächen je Prüfobjekt A_{obj} sind den Prüfzeugnissen in Anhang A zu entnehmen.

7 Anmerkungen

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



M. Eng. Philipp Meistring
(Projektbearbeiter)

Dieser Prüfbericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vielfältig, 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: Incatro Room Acoustics BV
Mussenberg 7, 6049 GZ Roermond, Niederlande

Prüfgegenstand: Akustiksäule ARTbase
Einzelobjekt in Raummitte

Prüfobjekte:

- Absorber Typ ARTbase
- Säule mit Tragstruktur aus Aluminium (3 mm, pulverbeschichtet), Füllung aus Polyesterfasermaterial und Stoffbespannung (Reinwollfilz)
- Grundplatte und Deckel aus Metall Dicke 3 mm
- 10 mm hohe Kunststoff-Füße
- Abmessungen: Grundfläche 355 mm x 355 mm, Höhe 1620 mm (inkl. Füße)
- Masse je Säule 22,4 kg

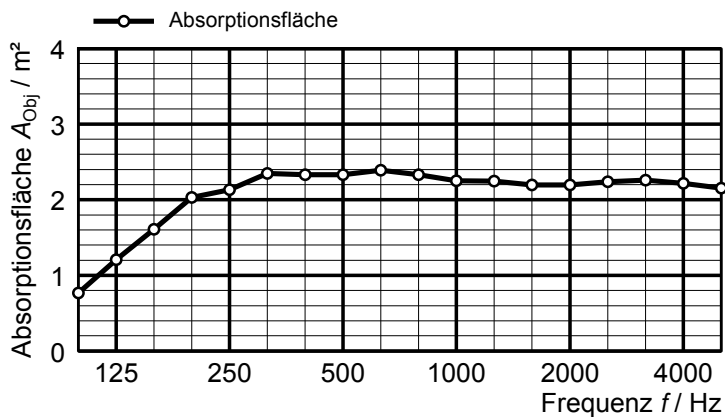
Prüfanordnung:

- Prüfung als Einzelobjekt gemäß DIN EN ISO 354
- Anordnung von drei Säulen, unmittelbar auf dem Hallraumboden stehend
- Prüfung an unregelmäßig verteilten Positionen (gleichzeitig drei Elemente an nacheinander jeweils zwei Positionen)

Raum: E
Volumen: 199,60 m³
Prüfdatum: 19.09.2017
Absorptionsfläche je Prüfobjekt
Anzahl der Prüfobjekte: 3

Frequenz [Hz]	A _{Obj} Terz [m ²]
100	0,8
125	1,2
160	1,6
200	2,0
250	2,1
315	2,4
400	2,3
500	2,3
630	2,4
800	2,3
1000	2,3
1250	2,2
1600	2,2
2000	2,2
2500	2,2
3150	2,3
4000	2,2
5000	2,2

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	20,7	48,7	95,2
Mit Probe	20,8	49,2	95,2



Absorptionsfläche nach ISO 354

Messung der Schallabsorption in Hallräumen

Auftraggeber: Incatro Room Acoustics BV
Mussenberg 7, 6049 GZ Roermond, Niederlande

Prüfgegenstand: Akustiksäule ARTbase
Einzelobjekt in Raumecke (indikative Prüfung)

MINDESTABSTÄNDE ZU DEN RAUMUMSCHLIEßUNGSFLÄCHEN ABWEICHEND VON VORGABEN IN DIN EN ISO 354 (PRÜFUNG IN EINER RAUMECKE)

Prüfobjekte:

- Absorber Typ ARTbase
- Säule mit Tragstruktur aus Aluminium (3 mm, pulverbeschichtet), Füllung aus Polyesterfasermaterial und Stoffbespannung (Reinwollfilz)
- Grundplatte und Deckel aus Metall Dicke 3 mm
- 10 mm hohe Kunststoff-Füße
- Abmessungen: Grundfläche 355 mm x 355 mm, Höhe 1620 mm (inkl. Füße)
- Masse je Säule 22,4 kg

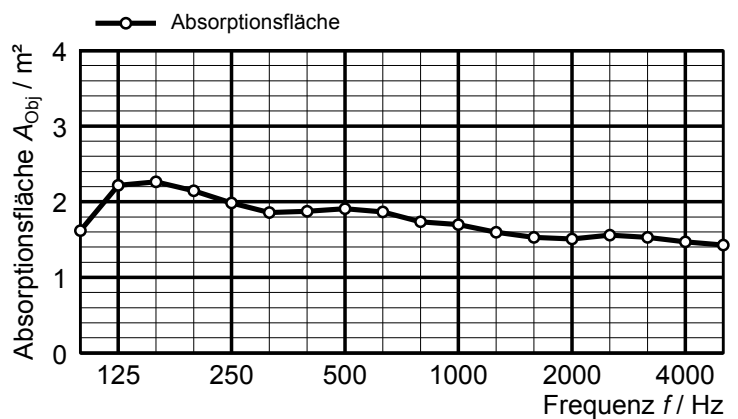
Prüfanordnung:

- Anordnung von zwei Säulen in der Raumecke
- Prüfung an jeweils zwei Positionen in einer Raumecke (ca. 100 mm Abstand zu den angrenzenden Umfassungsflächen)
- Prüfung als Einzelabsorber (Lage auftragsgemäß abweichend von den Vorgaben der ISO 354)

Raum: E
Volumen: 199,60 m³
Prüfdatum: 19.09.2017
Absorptionsfläche je Prüfobjekt
Anzahl der Prüfobjekte: 2

Frequenz [Hz]	A _{Obj} Terz [m ²]
100	1,6
125	2,2
160	2,3
200	2,1
250	2,0
315	1,9
400	1,9
500	1,9
630	1,9
800	1,7
1000	1,7
1250	1,6
1600	1,5
2000	1,5
2500	1,6
3150	1,5
4000	1,5
5000	1,4

	θ [°C]	r. h. [%]	B [kPa]
Ohne Probe	20,7	48,7	95,2
Mit Probe	20,8	49,3	95,2



Akustiksäule ARTbase der Firma Incatro Room Acoustics BV



Abbildung B.1. Akustiksäule ARTbase: Aufbau 1 in Raummitte, Detail Fußpunkt auf dem Hallraumboden.



Abbildung B.2. Akustiksäule ARTbase: Prüfaufbau im Hallraum (Aufbau 1 in Raummitte).

Akustiksäule ARTbase der Firma Incatro Room Acoustics BV



Abbildung B.3. Akustiksäule ARTbase: Aufbau 2 in Raumecke, 100 mm Abstand zwischen Längskante der Akustiksäule und angrenzender Hallraumwand.



Abbildung B.4. Akustiksäule ARTbase: Prüfaufbau im Hallraum (Aufbau 2 in Raumecke).

Angaben zum Prüfverfahren zur Ermittlung der Schallabsorption im Hallraum

1 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 [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 $V = 199,6 \text{ m}^3$ 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 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 C.1 sind Zeichnungen des Hallraums dargestellt.

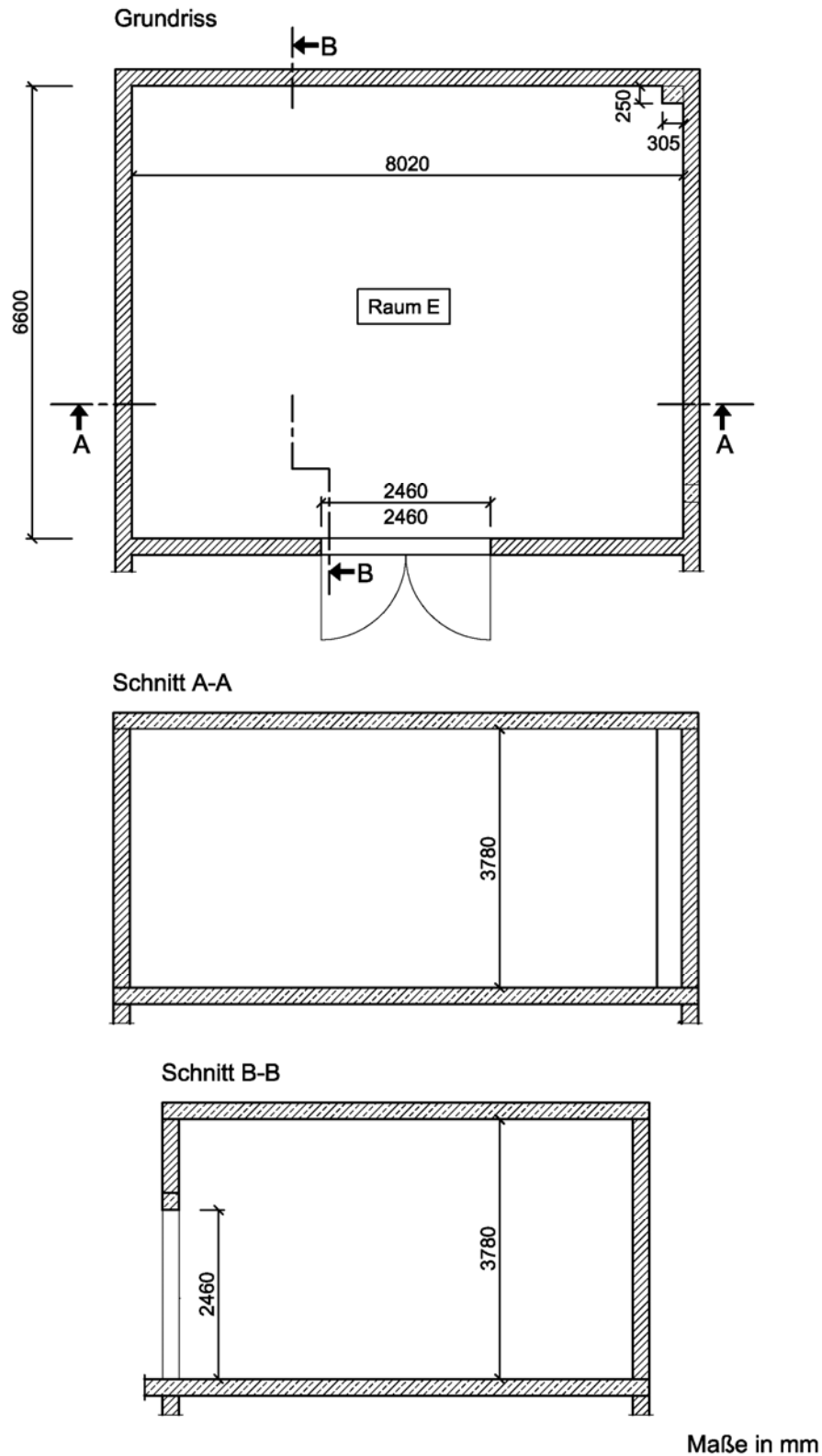


Abbildung C.1. Grundriss und Schnitte des Hallraums.

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 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 Seite 1	Anhang A Seite 2
100	4,99	3,67	3,32
125	5,52	3,40	3,13
160	5,45	3,00	3,08
200	5,09	2,59	3,03
250	5,11	2,53	3,13
315	4,90	2,36	3,12
400	5,22	2,44	3,24
500	5,29	2,46	3,25
630	5,20	2,41	3,24
800	4,97	2,39	3,23
1000	5,22	2,49	3,36
1250	5,38	2,53	3,51
1600	5,25	2,53	3,50
2000	4,91	2,44	3,36
2500	4,17	2,23	2,97
3150	3,41	1,99	2,58
4000	2,67	1,73	2,16
5000	2,17	1,52	1,83

2.3 Prüfmittel

In Tabelle C.2 sind die verwendeten Prüfmittel aufgeführt.

Tabelle C.2. Prüfmittel.

Bezeichnung	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 1.10