

Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Str. 11
82152 Planegg bei 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@mbbm.com

24. Januar 2020
M77692/25 Version 1 MR/STEG

**Vorhang
ECHOSAMT Lightsorber D18,
Firma Tüchler,
glatt und gerafft, hängend**

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

Prüfbericht Nr. M77692/25

Auftraggeber:	TÜCHLER Bühnen- & Textiltechnik GmbH Rennbahnweg 78 1220 Wien Österreich
Bearbeitet von:	Dr.-Ing. Andreas Meier M. Sc. Paul Siegmüller
Berichtsdatum:	24. Januar 2020
Lieferdatum der Prüfobjekte:	20. Januar 2020
Prüfdatum:	22. Januar 2020
Berichtsumfang:	Insgesamt 12 Seiten, davon 5 Seiten Textteil, 2 Seiten Anhang A, 1 Seite 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	Prüfobjekt und Einbaubedingungen	3
4	Prüfverfahren	4
5	Auswertung	4
6	Messergebnisse	5
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 TÜCHLER Bühnen- & Textiltechnik GmbH wurde die Schallabsorption des Vorhangs mit der Artikelbezeichnung ECHOSAMT Lightsorber D18 glatt hängend und gerafft hängend in einer einlagigen Ausführung mit einem Wandabstand von 100 mm im Hallraum nach ISO 354 [1] ermittelt.

2 Grundlagen

- [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 423-17: Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. Revision: 17. February 2017.
- [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] 13 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. März 2019

3 Prüfobjekt und Einbaubedingungen

3.1 Aufbau des Prüfobjektes

Für die Prüfung wurde folgender Artikel verwendet:

- Vorhang ECHOSAMT Lightsorber D18
- Flächenbezogene Masse $m'' = 667 \text{ g/m}^2$
- Spezifischer Strömungswiderstand gemäß DIN EN ISO 9053-1 [5]
 $R_s > 40000 \text{ Pa s/m}$

Die Angaben zum 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	Anordnung
1	ECHOSAMT Lightsorber D18	glatt hängend, einlagig mit 100 mm Abstand, Montageart G-100
2	ECHOSAMT Lightsorber D18	mit 100 % Faltenzugabe gerafft hängend, einlagig mit 100 mm Abstand, Montageart G-100

Der Artikel wurde an der Hallraumdecke an einem Stahlwinkel befestigt. Es wurde freihängend montiert. Für die Prüfung wurde kein Umfassungsrahmen verwendet.

Der Aufbau des Prüfobjektes 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 in Anhang A, Seiten 1 und 2, zu entnehmen. Die Anordnung des Prüfobjektes im Hallraum kann den Fotos in Anhang B entnommen werden.

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:

- Praktische Schallabsorptionsgrade 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 in Anhang A zu entnehmen.

7 Anmerkungen

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



Dr.-Ing. Andreas Meier
(Projektleiter)



M.Sc. Paul Siegmüller
(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.



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

Prüfgegenstand: ECHOSAMT Lightsorber D18, Typ G-100, glatt hängend

Vorhangstoff:

Angaben des Auftraggebers

- Bezeichnung Material: ECHOSAMT Lightsorber D18

- Material 100 % Baumwolle

Angaben der Prüfstelle

- flächenbezogene Masse $m'' = 667 \text{ g/m}^2$

- Strömungswiderstand $R_S > 40000 \text{ Pa s/m}$

- Dicke $t = 2,1 \text{ mm}$

Prüfanordnung:

- Anordnung des Vorhangs in Anlehnung an Montagetyp G-100 nach DIN EN ISO 354

- glatt hängend vor der Hallraumwand

- aufgehängt an 60 mm hoher Deckenschiene an der Hallraumdecke (25 mm Überlappung),
Abstand zur Rückwand 100 mm

- Aufbau ohne Umfassungrahmen

- konfektioniert als Fertigvorhang 3000 mm x 3500 mm,
Oberkante mit Gurtbandverstärkung und Ösen alle 10 cm, Unterkante und Seiten geedelt

- Prüffläche $B \times H = 3,50 \text{ m} \times 2,975 \text{ m}$ (ab Unterkante Deckenschiene)

Raum: Hallraum

Volumen: 199,60 m³

Prüffläche: 10,41 m²

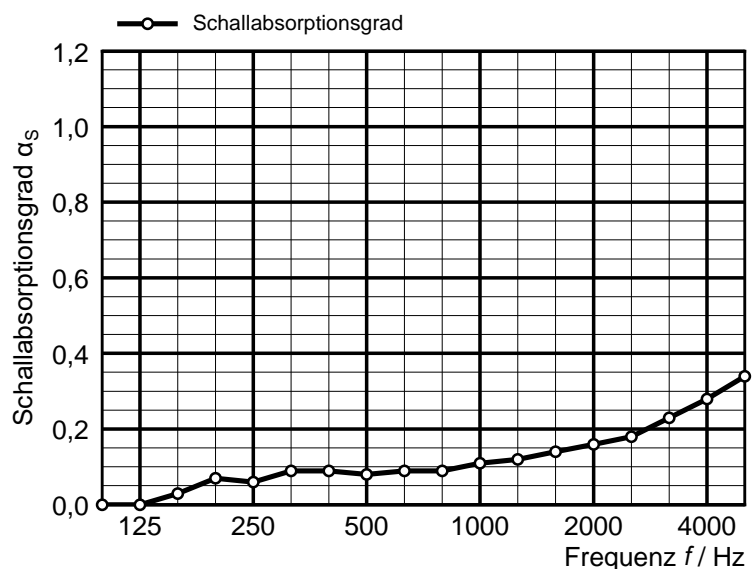
Prüfdatum: 22.01.2020

Frequenz [Hz]	α_s Terz	α_p Oktave
100	0,00	0,00
125	0,00	
160	0,03	
200	0,07	0,05
250	0,06	
315	0,09	
400	0,09	0,10
500	0,08	
630	0,09	
800	0,09	0,10
1000	0,11	
1250	0,12	
1600	0,14	0,15
2000	0,16	
2500	0,18	
3150	0,23	0,30
4000	0,28	
5000	0,34	

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

α_p Praktischer Schallabsorptionsgrad nach ISO 11654

	θ [°C]	$r. h.$ [%]	B [kPa]
Ohne Probe	19,9	32,1	96,6
Mit Probe	18,1	30,0	96,6



<p>Bewertung nach ISO 11654:</p> <p>Bewerteter Schallabsorptionsgrad</p> <p>$\alpha_w = 0,15 (H)$</p> <p>Schallabsorberklasse: E</p>	<p>Bewertung nach ASTM C423:</p> <p>Noise Reduction Coefficient $NRC = 0,10$</p> <p>Sound Absorption Average $SAA = 0,11$</p>
--	---

MÜLLER-BBM

Planegg, 24.01.2020

Prüfbericht Nr. M77 692/25

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: ECHOSAMT Lightsorber D18, Typ G-100, gerafft 100% Stoffzugabe

Vorhangstoff:

Angaben des Auftraggebers

- Bezeichnung Material: ECHOSAMT Lightsorber D18

- Material 100 % Baumwolle

Angaben der Prüfstelle

- flächenbezogene Masse $m'' = 667 \text{ g/m}^2$

- Strömungswiderstand $R_S > 40000 \text{ Pa s/m}$

- Dicke $t = 2,1 \text{ mm}$

Prüfanordnung:

- Anordnung des Vorhangs in Anlehnung an Montagetyp G-100 nach DIN EN ISO 354

- gerafft hängend vor der Hallraumwand

- aufgehängt an 60 mm hoher Deckenschiene an der Hallraumdecke (25 mm Überlappung),
Abstand zur Rückwand 100 mm

- Aufbau ohne Umfassungrahmen

- konfektioniert als Fertigvorhang 3000 mm x 3500 mm,
Oberkante mit Gurtbandverstärkung und Ösen alle 10 cm, Unterkante und Seiten geedelt

- Prüffläche $B \times H = 3,50 \text{ m} \times 2,975 \text{ m}$ (ab Unterkante Deckenschiene)

Raum: Hallraum

Volumen: 199,60 m³

Prüffläche: 10,41 m²

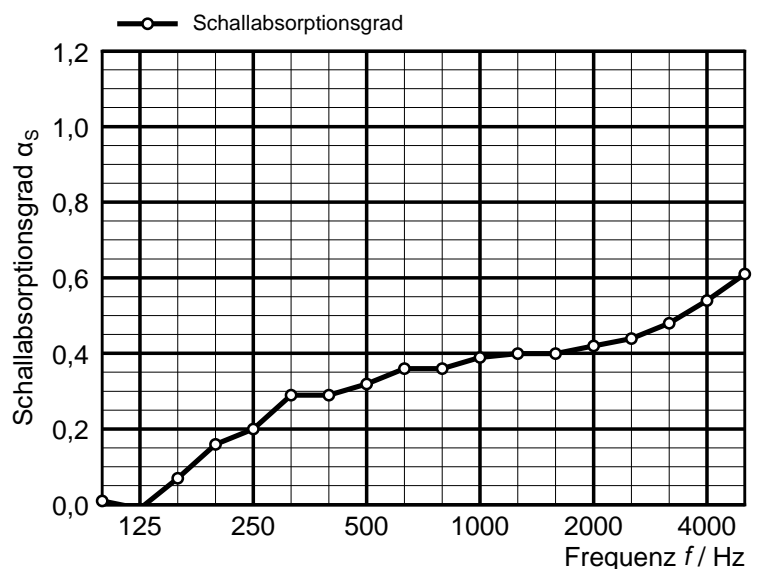
Prüfdatum: 22.01.2020

Frequenz [Hz]	α_s Terz	α_p Oktave
100	0,01	0,00
125	-0,01	
160	0,07	
200	0,16	0,20
250	0,20	
315	0,29	
400	0,29	0,30
500	0,32	
630	0,36	
800	0,36	0,40
1000	0,39	
1250	0,40	
1600	0,40	0,40
2000	0,42	
2500	0,44	
3150	0,48	0,55
4000	0,54	
5000	0,61	

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

α_p Praktischer Schallabsorptionsgrad nach ISO 11654

	θ [°C]	$r. h.$ [%]	B [kPa]
Ohne Probe	18,2	33,7	96,6
Mit Probe	18,1	34,8	96,6



Bewertung nach ISO 11654:
Bewerteter Schallabsorptionsgrad
 $\alpha_w = 0,40$ (H)
Schallabsorberklasse: D

Bewertung nach ASTM C423:
Noise Reduction Coefficient NRC = 0,35
Sound Absorption Average SAA = 0,34

MÜLLER-BBM

Planegg, 24.01.2020
Prüfbericht Nr. M77 692/25

J. Heier

Anhang A
Seite 2

**Vorhang ECHOSAMT Lightsorber D18, Firma TÜCHLER
Anordnung mit 100 mm Wandabstand**



Abbildung B.1. Vorhang im Hallraum, glatt hängend.



Abbildung B.2. Vorhang im Hallraum, gerafft hängend.

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] 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 Raumbooberfläche 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 C.1 sind Zeichnungen des Hallraums dargestellt.

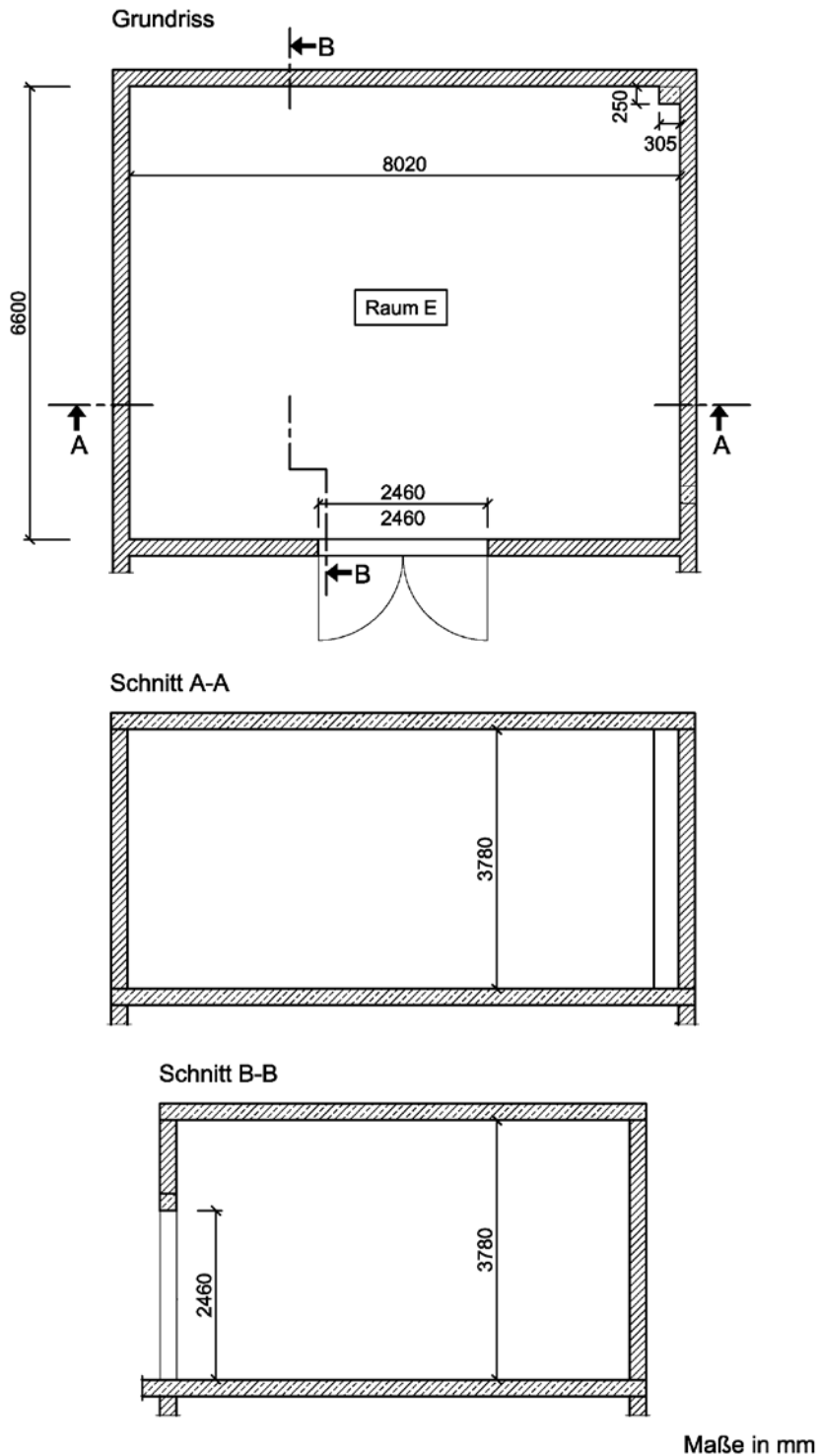


Abbildung C.1. Grundriss und Schnitte des Hallraums.

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 Seiten 1 bis 2	Anhang A Seite 1	Anhang A Seite 2
100	4,99	4,99	4,88
125	5,15	5,15	5,24
160	5,40	5,18	4,79
200	5,16	4,63	4,10
250	5,18	4,77	3,90
315	5,03	4,39	3,43
400	5,40	4,70	3,61
500	5,44	4,79	3,48
630	5,29	4,59	3,29
800	4,92	4,30	3,11
1000	5,07	4,31	3,10
1250	5,02	4,17	3,06
1600	4,80	3,87	2,97
2000	4,41	3,47	2,78
2500	3,54	2,80	2,37
3150	2,77	2,16	1,96
4000	2,09	1,64	1,55
5000	1,59	1,25	1,23

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 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	030.0910.0003.9. 4.1.30
Mess- und Auswertesoftware	Müller-BBM	Bau 4	Version 1.11