

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11

www.empa.ch

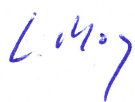
Denkfabrik AG
Industriestrasse 31
9486 Schaanwald
Liechtenstein

Prüfbericht Nr. 5214026150

Prüfauftrag:	Schallabsorption α_s
Auftraggeber:	Denkfabrik AG - 9486 Schaanwald (LI)
Prüfobjekt:	Akustikpaneele Typ 2 & 3
Ihr Auftrag vom:	09.11.2020
Ausführung der Prüfung:	12.11.2020
Anzahl Seiten:	33
Beilagen:	1) Allgemeine Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen der Empa 2) Regelung Werbung mit Empa-Prüfberichten

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Abteilung Akustik
Dübendorf, 29. April 2021

Prüfleiter:
L. Moy



Abteilungsleiter:
S. Schoenwald





STS 0068

Hinweise: Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Angaben zur Messunsicherheit können beim Labor angefordert werden. Prüfbericht und Unterlagen werden zehn (10) Jahre aufbewahrt. Falls der Auftraggeber die Untersuchungsobjekte nicht zurücknehmen möchte, ist die Empa berechtigt, ein (1) Jahr nach Abschluss ihrer Tätigkeit, über die Prüfobjekte frei zu verfügen bzw. sie zu vernichten. Das Verwenden des Prüfberichts zu Werbezwecken ist bewilligungspflichtig (sogenannte Werbewilligung gemäss Regelung Werbung mit Empa-Prüfberichten).

Inhalt

1	Auftrag	4
2	Übersicht und Hinweise zu den Messungen	4
3	Messung des Schallabsorptionsgrads α_s im Hallraum	5
4	Durchgeführte Messungen	8
4.1	Prüfobjekt 1: Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Schafwolle, geprüft mit 30 mm Schafwollämmplatten	8
4.2	Prüfobjekt 2: Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Schafwolle, geprüft mit 30 mm Luftraum.....	15
4.3	Prüfobjekt 3: Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Holzfaserplatte, geprüft mit 30 mm Luftraum.....	19
4.4	Prüfobjekt 4: Akustikpaneele Typ 2 mit integrierter Schafwolle, geprüft mit 30 mm Luftraum.....	24
4.5	Prüfobjekt 5: Akustikpaneele Typ 2 mit integrierter Holzfaserplatte, geprüft mit 30 mm Luftraum.....	28
5	Literatur	33

1 Auftrag

Mit Schreiben vom 09.11.2020 erteilte die Firma Denkfabrik AG der Empa den Auftrag, Untersuchungen zum Schallabsorptionsgrad α_s von Akustikpaneelen in den Labors der Empa durchzuführen. Die Messungen wurden vor Ort von Dipl.-Ing. Dr. techn. Lothar Künz der Firma Bauphysik Künz aus Österreich begleitet.

2 Übersicht und Hinweise zu den Messungen

Die Messung, Auswertung und Bestimmung des Schallabsorptionsgrads α_s von absorbierenden Materialien beruhen auf der Norm EN ISO 354:2003 [1]. Das Messverfahren ist im Abschnitt 3 beschrieben. Die Details des Messverfahrens, die Beschreibung des Hallraums, die Liste der verwendeten Messgeräte und ihre Kalibrationsdaten sind in der internen Dokumentation SOP-6 (Nr. 1059) festgehalten, welche der Qualitätssicherung untersteht.

Die wesentlichen Details zum Prüfobjekt und die Resultate im Abschnitt 4 angegeben. Massgebend sind die numerischen Angaben, die nur für das im Hallraum gemessene Objekt gültig sind. Die Ergebnisse können nicht unesehen auf eine Serie übertragen werden.

Die Messunsicherheit der Messwerte wird für alle Ergebnisse durch die erweiterte Unsicherheit U auf Basis der Vergleichsstandardabweichung nach EN ISO 12999-2:2020[4], Abschnitt 5, Tabelle 1 angegeben (siehe Abschnitt 3 dieses Berichts für Details).

Tabelle 1: Übersicht Prüfergebnisse Luftschallabsorption

Prüfobjekt Nr.	Produktbezeichnung	Aufbauhöhe [mm]	α_w [-]
1	Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Schafwolle mit 30 mm Schafwolldämmplatten	63	0.65(LM)
2	Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Schafwolle mit 30 mm Luftraum	63	0.55(M)
3	Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Holzfaserplatte mit 30 mm Luftraum	63	0.75
4	Akustikpaneele Typ 2 mit integrierter Schafwolle mit 30 mm Luftraum	63	0.50(M)
5	Akustikpaneele Typ 2 mit integrierter Holzfaserplatte mit 30 mm Luftraum	63	0.65(M)

3 Messung des Schallabsorptionsgrads α_s im Hallraum

In diesem Abschnitt wird das verwendete Messverfahren beschrieben.

Grundlage

Die Grundlage bildet die Norm EN ISO 354:2003 [1] „Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen“, wobei die Messverfahren adaptiert wurden auf Grund der Norm EN ISO 18233:2006 [2] „Akustik – Anwendung neuer Messverfahren in der Bau- und Raumakustik“.

Ablauf

Das zu prüfende Material wird auf dem Boden des Hallraums als zusammenhängende Fläche von ca. 12 m² ausgelegt. Die für die Absorption benötigten Nachhallzeiten werden mit dem "Real Time Analyser" Norsonic 840 und dem MLS-Verfahren bestimmt. Messtechnisch bedingt erfolgen die Messungen in zwei Frequenzbereichen: zuerst in den Terzbändern von 100 Hz bis 2'500 Hz (MLS-Sequenzlänge 16 s) und danach von 3'150 Hz bis 5'000 Hz (MLS-Sequenzlänge 4 s). Die Messungen werden mit 6 Mikrophon- und 3 Lautsprecherpositionen durchgeführt, d.h. in jeder Terz ist die resultierende Nachhallzeit T_{20} der arithmetische Mittelwert von 18 Lautsprecher/Mikrophon Kombinationen.

Es gibt je eine vollständige Messung für die Zustände mit und ohne Prüfmaterial. Beide Messungen erfolgen kontrolliert bei genau gleicher Temperatur und gleicher Luftfeuchtigkeit. Es werden alle Anforderungen zur Messung nach EN ISO 354:2003 [1] erfüllt.

Berechnung des Schallabsorptionsgrades α_s

Mit Hilfe der gemessenen Nachhallzeiten wird auf die frequenzabhängige Schallabsorption A und auf den Schallabsorptionsgrad α_s des Probekörpers geschlossen:

$$\text{Äquivalente Schallabsorptionsfläche: } A = \frac{55.3 \cdot V}{c} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad [\text{m}^2]$$

mit	V	Volumen des Hallraums V [m ³]
	c	Schallgeschwindigkeit [m/s]
	T1	Nachhallzeit im Hallraum ohne Prüfmaterial [s]
	T2	Nachhallzeit im Hallraum mit Prüfmaterial [s]

Der Schallabsorptionsgrad α_s gibt an, wie viel effektive Schallabsorptionsfläche A einem Quadratmeter Prüffläche entspricht, d.h.

$$\alpha_s = \frac{A}{S}$$

Mit S Prüffläche [m²]

Der Schallabsorptionsgrad α_s wird für jedes Terzband gesondert bestimmt.

Messunsicherheit

Die folgende Messunsicherheit wird nach der Norm EN ISO 12999-2:2020 [4] angegeben:

$$U = k \cdot u$$

wobei $u = \sigma_R$ die Vergleichsstandardabweichung und k der Erweiterungsfaktor der zugrundeliegenden Verteilung ist. Für einen Erweiterungsfaktor von $k = 2$ wird ein Vertrauensbereich von 95 % erreicht. Es kann also davon ausgegangen werden, dass beim Vergleich von Messwerten desselben Produkts, die von verschiedenen Prüflaboratorien bestimmt wurden, die Messungen mit 95 % Wahrscheinlichkeit innerhalb der angegebenen erweiterten Unsicherheit $\pm U(\sigma_R)$ liegen.

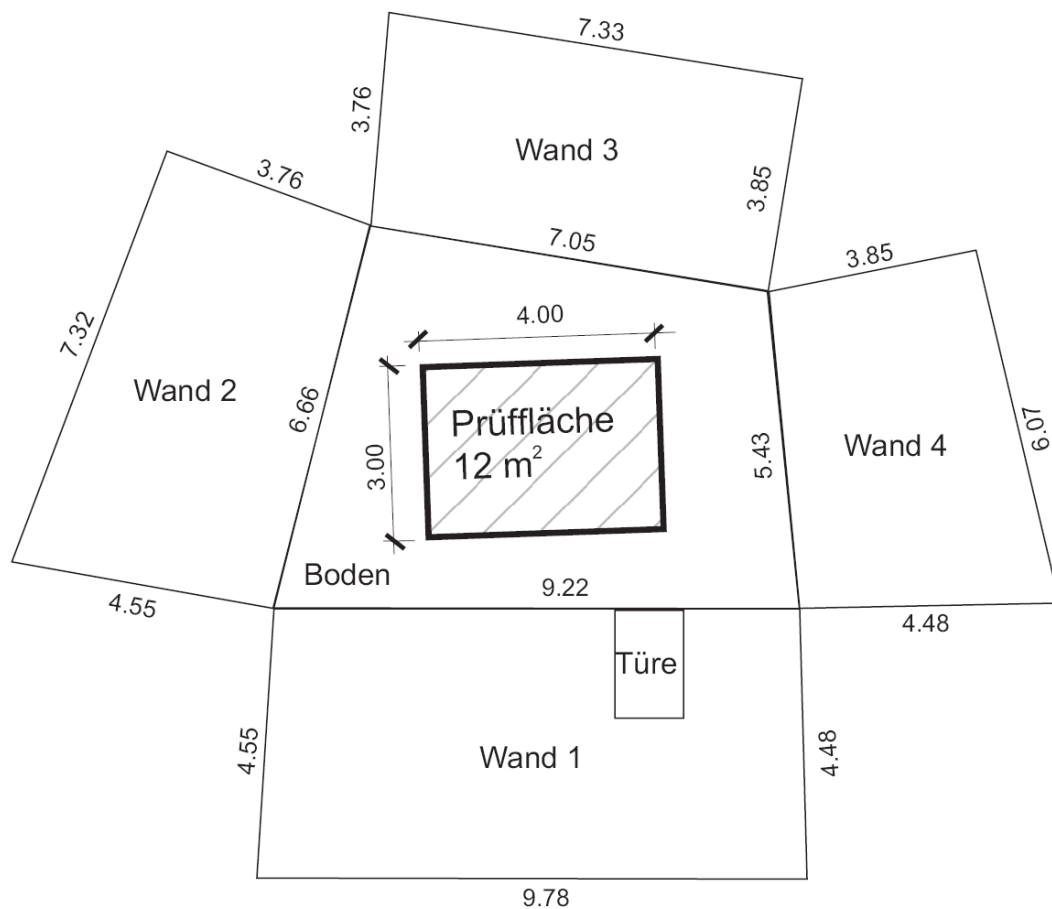
Bedeutung

Das Schallabsorptionsvermögen eines Materials ist umso besser, je grösser α_s ist. Bei der Hallraummethode können Absorptionsgrade grösser als 1 auftreten. Es ist daher wichtig, diese mit dem Index s (für statistischer Schalleinfall) gekennzeichnete Grösse klar von anderen Grössen zu unterscheiden, welche aus Reflexionsmessungen (z.B. im Impedanzmessrohr oder Messung in situ) erhalten werden und höchstens gleich 1 werden.

Weitere Berechnungen

In der Norm EN ISO 11'654:1997 [3] „Akustik – Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden“ ist ein Bewertungsverfahren beschrieben, um pro Oktave einen Einzahlwert zu erhalten: den "praktischen Schallabsorptionsgrad" α_p sowie den globalen Einzahlwert: der "bewertete Schallabsorptionsgrad" α_w .

Abwicklung des Empa-Hallraums



Abmessungen

Kleinste Längenabmessung: 3.76 m
 Grösste Raumdiagonale: 11.50 m
 Türöffnung: 1.20 x 2.00 m

Boden: 48.2 m²
 Decke: 56.2 m²
 Wand 1: 42.8 m²
 Wand 2: 28.9 m²
 Wand 3: 27.4 m²
 Wand 4: 23.6 m²

Volumen des Hallraums: 215 m³

Summe der inneren Oberflächen: 227 m²

Plexiglas - Reflektoren: Summe aller einseitigen Flächen: 31 m²

Lautsprecher: 4 Stück, im Raum verteilt. Mikrophone: 6 Stück, unregelmässig im Raum verteilt.

4 Durchgeführte Messungen

4.1 Prüfobjekt 1: Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Schafwolle, geprüft mit 30 mm Schafwolldämmplatten

Kundenreferenz:	Herr Künz		
Eingang des Prüfobjektes:	12.11.2020	Empa-Kennzeichnung:	26150_01.A
Einbau des Prüfobjektes:	12.11.2020	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	12.11.2020	Ausgeführt von:	Lukas Moy

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
33	geschlitzte Platten mit integrierter Schafwolle Schlitzanteil 17.4%	k. A.	k. A.
30	Schafwolldämmplatten 40 kg/m ³ in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm	40	~1.2
63	Gesamt		k. A.

Einbaubedingungen

Die Akustikpaneele Typ 3 wurden zur Messung auf einer Unterkonstruktion aus Latten 30 x 60 mm in einem 60 mm Prüfraumen aus Alu-Leisten eingebaut. Die Spalte zwischen Prüfraumen und den Platten wurde auf der Stirnseite mit Klebeband abgeklebt. Die Abmessung der Prüffläche beträgt 3000 x 4000 mm. In Abbildung 1 sind die 30 mm dicken Schafwolldämmplatten zu sehen. Abbildung 2 und 3 zeigen den Aufbau des Prüfobjekts auf dem Hallraumboden sowie die Oberfläche der Schafwolldämmplatten. Der innere Aufbau der geschlitzten Platten mit integrierter Schafwolle ist in den Abbildungen 4 bis 6 gezeigt. Der gesamte Aufbau des Prüfobjekts 1 ist in Abbildung 8 abgebildet.



Abbildung 1: Abmessungen der Schafdämmwolle von Prüfobjekt 1



Abbildung 2: Aufbau von Prüfobjekt 1 auf dem Hallraumboden



Abbildung 3: Oberfläche der Schafdämmwolle



Abbildung 4: Innenaufbau von Prüfobjekt 1 mit integrierter Schafwolle



Abbildung 5: Innenaufbau von Prüfobjekt 1 mit integrierter Schafwolle



Abbildung 6: Innenaufbau von Prüfobjekt 1 mit integrierter Schafwolle



Abbildung 7: Beschriftung von Prüfobjekt 1



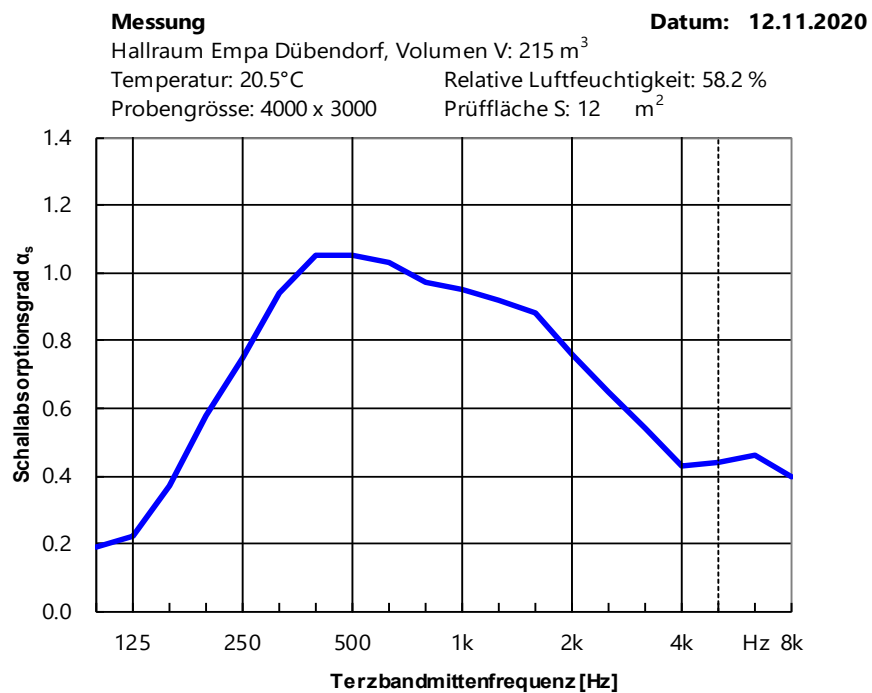
Abbildung 8: Gesamtaufbau von Prüfobjekt 1

Schallabsorptionsgrad (Hallraum-Methode)

Gegenstand: Akustikpaneele Typ 3

Prüfaufbau 1: Akustikpaneele Typ 3
 33 mm geschlitzte Platten mit integrierter Schafwolle
 Schlitzanteil 17.4%
 30 mm Schafwollämmplatten 40 kg/m³
 in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm
 Gesamtaufbauhöhe 63 mm

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.19
125	0.22
160	0.37
200	0.58
250	0.75
315	0.94
400	1.05
500	1.05
630	1.03
800	0.97
1000	0.95
1250	0.92
1600	0.88
2000	0.76
2500	0.65
3150	0.54
4000	0.43
5000	0.44
6300	0.46
8000	0.40



Auswertung nach EN ISO 11654:1997: α_w : **0.65 (LM)**
 α_p : 250 Hz: 0.75 500 Hz: 1.00 1000 Hz: 0.95 2000 Hz: 0.75 4000 Hz: 0.45

Schallabsorberklasse nach EN ISO 11654: C

Messung: EN ISO 354:2003

MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

----- Grenze des Frequenzbereichs zur Bewertung nach EN ISO 11654

Die Messunsicherheit basierend auf der Vergleichsstandardabweichung σ_R (siehe Abschnitt 3 dieses Berichts für Details) gemäß der Norm EN ISO 12999-2 [4] ist in Tabelle 2 angegeben. Für $k = 2$ kann angenommen werden, dass beim Vergleich der Werte von zwei verschiedenen Prüflaboren die Werte des ersten Labors vom anderen Labor mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb von $\pm U(\sigma_R)$ reproduziert werden können.

Für die Unsicherheit unter Wiederholbedingungen (Wiederholung der Messung durch das erste Laboratorium selbst) wird die erweiterte Unsicherheit der Wiederholstandardabweichung verwendet. Dazu gibt die Norm an, dass für die Wiederholstandardabweichung σ_r 60% des Wertes der Vergleichsstandardabweichung σ_R herangezogen werden kann, womit $U(\sigma_r) = 0.6 \cdot U(\sigma_R)$ gilt (siehe dazu EN ISO 12999-2 [4], Abschnitt 5, Formel (3)).

Tabelle 2: Schallabsorptionsgrad α_s und dessen erweiterte Unsicherheit unter Vergleichsbedingungen

α_w [-]	0.65	± 0.07 ($k = 2$)
Terzband [Hz]	α_s [-]	$\pm U(\sigma_R)$ [-]
100	0.19	± 0.12
125	0.22	± 0.11
160	0.37	± 0.13
200	0.58	± 0.16
250	0.75	± 0.17
315	0.94	± 0.17
400	1.05	± 0.16
500	1.05	± 0.14
630	1.03	± 0.12
800	0.97	± 0.11
1000	0.95	± 0.11
1250	0.92	± 0.11
1600	0.88	± 0.10
2000	0.76	± 0.10
2500	0.65	± 0.09
3150	0.54	± 0.10
4000	0.43	± 0.11
5000	0.44	± 0.14

4.2 Prüfobjekt 2: Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Schafwolle, geprüft mit 30 mm Luftraum

Kundenreferenz:	Herr Künz		
Eingang des Prüfobjektes:	12.11.2020	Empa-Kennzeichnung:	26150_02.A
Einbau des Prüfobjektes:	12.11.2020	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	12.11.2020	Ausgeführt von:	Lukas Moy

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
33	geschlitzte Platten mit integrierter Schafwolle Schlitzanteil 17.4%	k. A.	k. A.
30	Luftraum in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm	-	-
63	Gesamt		k. A.

Einbaubedingungen

Prüfobjekt 2 besteht aus denselben Akustikpaneele Typ 3, jedoch wurden die Schafdämmwollplatten, welche bei Prüfobjekt 1 verbaut waren, entfernt und die Paneele wurden mit einem 30 mm Luftraum geprüft. Die Spalte zwischen Prüfraumen und den Platten wurde auf der Stirnseite mit Klebeband abgeklebt. Die Abmessung der Prüffläche beträgt 3000 x 4000 mm.

Die Beschriftung von Prüfobjekt 2 ist in Abbildung 9 zu sehen und der gesamte Aufbau des Prüfobjekts 2 ist in Abbildung 10 abgebildet.



Abbildung 9: Beschriftung von Prüfobjekt 2



Abbildung 10: Gesamtaufbau von Prüfobjekt 2

Schallabsorptionsgrad (Hallraum-Methode)

Gegenstand: Akustikpaneele Typ 3

Prüfaufbau 2: Akustikpaneele Typ 3
 33 mm geschlitzte Platten mit integrierter Schafwolle
 Schlitzanteil 17.4%
 30 mm Luftraum
 in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm
 Gesamtaufbauhöhe 63 mm

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.07
125	0.07
160	0.12
200	0.17
250	0.30
315	0.37
400	0.56
500	0.76
630	0.88
800	0.88
1000	0.89
1250	0.84
1600	0.83
2000	0.71
2500	0.59
3150	0.53
4000	0.45
5000	0.41
6300	0.45
8000	0.39

Messung

Datum: 12.11.2020

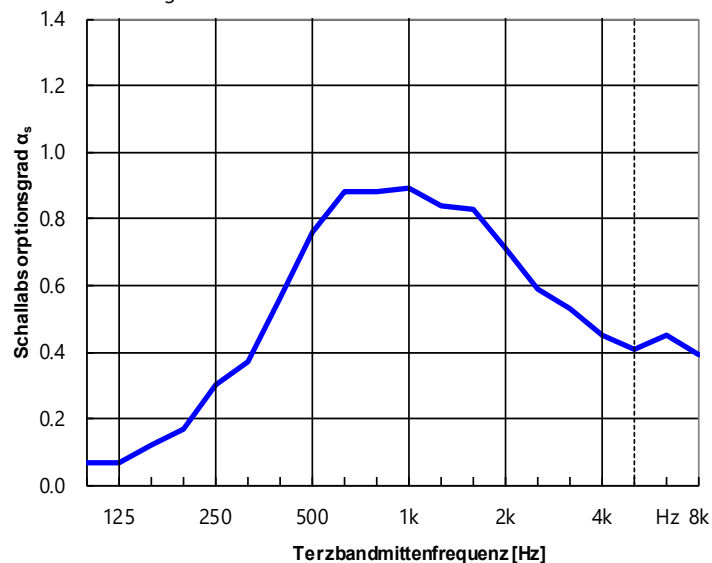
Hallraum Empa Dübendorf, Volumen V: 215 m³

Temperatur: 20.5°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 59.4 %

Probengrösse: 4000 x 3000

Prüffläche S: 12 m²



Auswertung nach EN ISO 11654:1997: α_w : **0.55 (M)**
 α_p : 250 Hz: 0.30 500 Hz: 0.75 1000 Hz: 0.85 2000 Hz: 0.70 4000 Hz: 0.45

Schallabsorberklasse nach EN ISO 11654: D

Messung: EN ISO 354:2003

MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

--- Grenze des Frequenzbereichs zur Bewertung nach EN ISO 11654

Die Messunsicherheit basierend auf der Vergleichsstandardabweichung σ_R (siehe Abschnitt 3 dieses Berichts für Details) gemäß der Norm EN ISO 12999-2 [4] ist in Tabelle 3 angegeben. Für $k = 2$ kann angenommen werden, dass beim Vergleich der Werte von zwei verschiedenen Prüflaboren die Werte des ersten Labors vom anderen Labor mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb von $\pm U(\sigma_R)$ reproduziert werden können.

Für die Unsicherheit unter Wiederholbedingungen (Wiederholung der Messung durch das erste Laboratorium selbst) wird die erweiterte Unsicherheit der Wiederholstandardabweichung verwendet. Dazu gibt die Norm an, dass für die Wiederholstandardabweichung σ_r 60% des Wertes der Vergleichsstandardabweichung σ_R herangezogen werden kann, womit $U(\sigma_r) = 0.6 \cdot U(\sigma_R)$ gilt (siehe dazu EN ISO 12999-2 [4], Abschnitt 5, Formel (3)).

Tabelle 3: Schallabsorptionsgrad α_s und dessen erweiterte Unsicherheit unter Vergleichsbedingungen

α_w [-]	0.55	± 0.07 ($k = 2$)
Terzband [Hz]	α_s [-]	$\pm U(\sigma_R)$ [-]
100	0.07	± 0.06
125	0.07	± 0.06
160	0.12	± 0.06
200	0.17	± 0.07
250	0.30	± 0.08
315	0.37	± 0.09
400	0.56	± 0.10
500	0.76	± 0.11
630	0.88	± 0.11
800	0.88	± 0.10
1000	0.89	± 0.10
1250	0.84	± 0.10
1600	0.83	± 0.10
2000	0.71	± 0.09
2500	0.59	± 0.09
3150	0.53	± 0.10
4000	0.45	± 0.11
5000	0.41	± 0.14

4.3 Prüfobjekt 3: Akustikpaneele Typ 3 mit integrierter Holzfaserplatte, geprüft mit 30 mm Luftraum

Kundenreferenz:	Herr Künz		
Eingang des Prüfobjektes:	12.11.2020	Empa-Kennzeichnung:	26150_03.A
Einbau des Prüfobjektes:	12.11.2020	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	12.11.2020	Ausgeführt von:	Lukas Moy

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
33	geschlitzte Platten mit integrierter Holzfaserplatte Schlitzanteil 17.4%	k. A.	k. A.
30	Luftraum in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm	-	-
63	Gesamt		k. A.

Einbaubedingungen

Prüfobjekt 3 besteht aus denselben Akustikpaneele Typ 3, jedoch in der Ausführung mit integrierter Holzfaserplatte anstelle der Schafwolle. Die Paneele wurden mit einem 30 mm Luftraum geprüft. Die Spalte zwischen Prüfraumen und den Platten wurde auf der Stirnseite mit Klebeband abgeklebt. Die Abmessung der Prüffläche beträgt 3000 x 4000 mm.

Abbildung 11 zeigt die Beschriftung von Prüfobjekt 3 vor der Prüfung. Die darin integrierte Holzfaserplatte ist in Abbildung 12 und der gesamte Aufbau des Prüfobjekts 3 ist in Abbildung 13 zu sehen.



Abbildung 11: Beschriftung von Prüfobjekt 3



Abbildung 12: Innenaufbau von Prüfobjekt 3 mit integrierter Holzfaserplatte



Abbildung 13: Gesamtaufbau von Prüfobjekt 3

Schallabsorptionsgrad (Hallraum-Methode)

Gegenstand: Akustikpaneele Typ 3

Prüfaufbau 3: Akustikpaneele Typ 3
 33 mm geschlitzte Platten mit integrierter Holzfaserplatte
 Schlitzanteil 17.4%
 30 mm Luftraum
 in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm
 Gesamtaufbauhöhe 63 mm

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.10
125	0.13
160	0.24
200	0.35
250	0.48
315	0.56
400	0.67
500	0.74
630	0.81
800	0.89
1000	0.97
1250	0.97
1600	0.93
2000	0.87
2500	0.81
3150	0.72
4000	0.61
5000	0.57
6300	0.56
8000	0.49

Messung

Datum: 12.11.2020

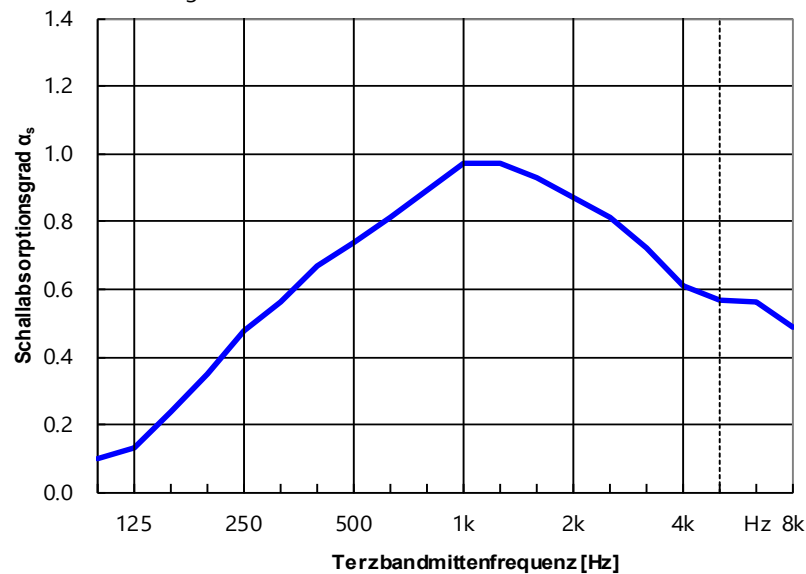
Hallraum Empa Dübendorf, Volumen V: 215 m³

Temperatur: 20.5°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 59.6 %

Probengrösse: 4000 x 3000

Prüffläche S: 12 m²



Auswertung nach EN ISO 11654:1997: α_w 0.75
 α_p : 250 Hz: 0.45 500 Hz: 0.75 1000 Hz: 0.95 2000 Hz: 0.85 4000 Hz: 0.65

Schallabsorberklasse nach EN ISO 11654: C

Messung: EN ISO 354:2003

MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

--- Grenze des Frequenzbereichs zur Bewertung nach EN ISO 11654

Die Messunsicherheit basierend auf der Vergleichsstandardabweichung σ_R (siehe Abschnitt 3 dieses Berichts für Details) gemäß der Norm EN ISO 12999-2 [4] ist in Tabelle 4 angegeben. Für $k = 2$ kann angenommen werden, dass beim Vergleich der Werte von zwei verschiedenen Prüflaboren die Werte des ersten Labors vom anderen Labor mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb von $\pm U(\sigma_R)$ reproduziert werden können.

Für die Unsicherheit unter Wiederholbedingungen (Wiederholung der Messung durch das erste Laboratorium selbst) wird die erweiterte Unsicherheit der Wiederholstandardabweichung verwendet. Dazu gibt die Norm an, dass für die Wiederholstandardabweichung σ_r 60% des Wertes der Vergleichsstandardabweichung σ_R herangezogen werden kann, womit $U(\sigma_r) = 0.6 \cdot U(\sigma_R)$ gilt (siehe dazu EN ISO 12999-2 [4], Abschnitt 5, Formel (3)).

Tabelle 4: Schallabsorptionsgrad α_s und dessen erweiterte Unsicherheit unter Vergleichsbedingungen

α_w [-]	0.75	± 0.07 ($k = 2$)
Terzband [Hz]	α_s [-]	$\pm U(\sigma_R)$ [-]
100	0.10	± 0.08
125	0.13	± 0.08
160	0.24	± 0.10
200	0.35	± 0.11
250	0.48	± 0.12
315	0.56	± 0.11
400	0.67	± 0.11
500	0.74	± 0.10
630	0.81	± 0.10
800	0.89	± 0.10
1000	0.97	± 0.11
1250	0.97	± 0.11
1600	0.93	± 0.10
2000	0.87	± 0.10
2500	0.81	± 0.10
3150	0.72	± 0.11
4000	0.61	± 0.12
5000	0.57	± 0.15

4.4 Prüfobjekt 4: Akustikpaneele Typ 2 mit integrierter Schafwolle, geprüft mit 30 mm Luftraum

Kundenreferenz:	Herr Künz		
Eingang des Prüfobjektes:	12.11.2020	Empa-Kennzeichnung:	26150_04.A
Einbau des Prüfobjektes:	12.11.2020	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	12.11.2020	Ausgeführt von:	Lukas Moy

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
33	geschlitzte Platten mit integrierter Schafwolle Schlitzanteil 14.0%	k. A.	k. A.
30	Luftraum in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm	-	-
63	Gesamt		k. A.

Einbaubedingungen

Prüfobjekt 4 besteht aus Akustikpaneelen Typ 2, welche mit 14% einen geringeren Schlitzanteil haben als Paneele Typ 3. Die Paneele wurden mit einem 30 mm Luftraum geprüft. Die Spalte zwischen Prüfraumen und den Platten wurde auf der Stirnseite mit Klebeband abgeklebt. Die Abmessung der Prüffläche beträgt 3000 x 4000 mm.

Die Beschriftung von Prüfobjekt 4 ist in Abbildung 14 zu sehen und der gesamte Aufbau des Prüfobjekts 4 ist in Abbildung 15 abgebildet.



Abbildung 14: Beschriftung von Prüfobjekt 4



Abbildung 15: Gesamtaufbau von Prüfobjekt 4

Schallabsorptionsgrad (Hallraum-Methode)

Gegenstand: Akustikpaneele Typ 2

Prüfaufbau 4: Akustikpaneele Typ 2
 33 mm geschlitzte Platten mit integrierter Schafwolle
 Schlitzanteil 14.0%
 30 mm Luftraum
 in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm
 Gesamtaufbauhöhe 63 mm

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.07
125	0.07
160	0.13
200	0.18
250	0.32
315	0.41
400	0.61
500	0.81
630	0.91
800	0.90
1000	0.88
1250	0.82
1600	0.74
2000	0.56
2500	0.47
3150	0.41
4000	0.34
5000	0.33
6300	0.39
8000	0.36

Messung

Datum: 12.11.2020

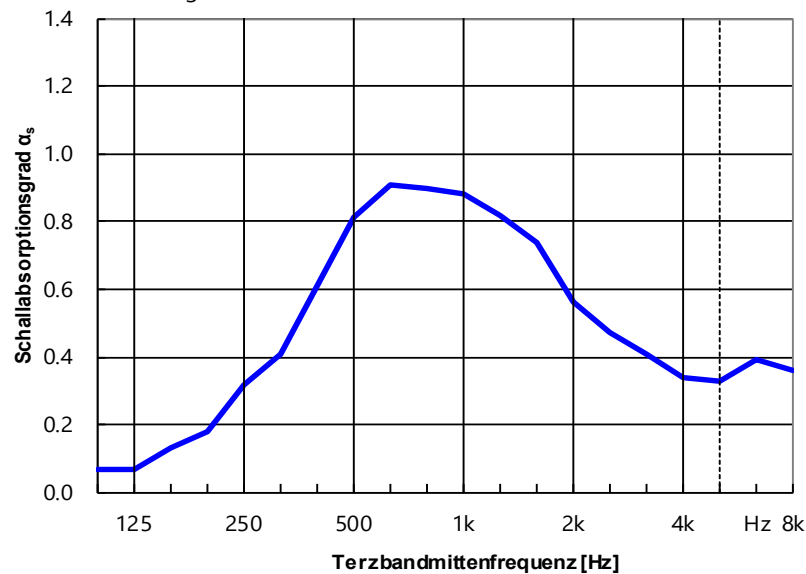
Hallraum Empa Dübendorf, Volumen V: 215 m³

Temperatur: 20.6°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 58.3 %

Probengrösse: 4000 x 3000

Prüffläche S: 12 m²



Auswertung nach EN ISO 11654:1997: α_w : 0.50 (M)

α_p : 250 Hz: 0.30 500 Hz: 0.80 1000 Hz: 0.85 2000 Hz: 0.60 4000 Hz: 0.35

Schallabsorberklasse nach EN ISO 11654: D

Messung: EN ISO 354:2003

MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

--- Grenze des Frequenzbereichs zur Bewertung nach EN ISO 11654

Die Messunsicherheit basierend auf der Vergleichsstandardabweichung σ_R (siehe Abschnitt 3 dieses Berichts für Details) gemäß der Norm EN ISO 12999-2 [4] ist in Tabelle 5 angegeben. Für $k = 2$ kann angenommen werden, dass beim Vergleich der Werte von zwei verschiedenen Prüflaboren die Werte des ersten Labors vom anderen Labor mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb von $\pm U(\sigma_R)$ reproduziert werden können.

Für die Unsicherheit unter Wiederholbedingungen (Wiederholung der Messung durch das erste Laboratorium selbst) wird die erweiterte Unsicherheit der Wiederholstandardabweichung verwendet. Dazu gibt die Norm an, dass für die Wiederholstandardabweichung σ_r 60% des Wertes der Vergleichsstandardabweichung σ_R herangezogen werden kann, womit $U(\sigma_r) = 0.6 \cdot U(\sigma_R)$ gilt (siehe dazu EN ISO 12999-2 [4], Abschnitt 5, Formel (3)).

Tabelle 5: Schallabsorptionsgrad α_s und dessen erweiterte Unsicherheit unter Vergleichsbedingungen

α_w [-]	0.50	± 0.07 ($k = 2$)
Terzband [Hz]	α_s [-]	$\pm U(\sigma_R)$ [-]
100	0.07	± 0.06
125	0.07	± 0.06
160	0.13	± 0.07
200	0.18	± 0.07
250	0.32	± 0.09
315	0.41	± 0.09
400	0.61	± 0.10
500	0.81	± 0.11
630	0.91	± 0.11
800	0.90	± 0.10
1000	0.88	± 0.10
1250	0.82	± 0.10
1600	0.74	± 0.09
2000	0.56	± 0.08
2500	0.47	± 0.08
3150	0.41	± 0.09
4000	0.34	± 0.10
5000	0.33	± 0.14

4.5 Prüfobjekt 5: Akustikpaneele Typ 2 mit integrierter Holzfaserplatte, geprüft mit 30 mm Luftraum

Kundenreferenz: Herr Künz

Eingang des Prüfobjektes: 12.11.2020

Empa-Kennzeichnung: 26150_05.A

Einbau des Prüfobjektes: 12.11.2020

Ausgeführt von: Auftraggeber

Ausführung der Prüfung: 12.11.2020

Ausgeführt von: Lukas Moy

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
33	geschlitzte Platten mit integrierter Schafwolle Schlitzanteil 14.0%	k. A.	k. A.
30	Luftraum in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm	-	-
63	Gesamt		k. A.

Einbaubedingungen

Prüfobjekt 5 besteht aus denselben Akustikpaneelen Typ 2, jedoch mit integrierter Holzfaserplatte anstelle der Schafwolle. Die Paneele wurden mit einem 30 mm Luftraum geprüft. Die Spalte zwischen Prüfraumen und den Platten wurde auf der Stirnseite mit Klebeband abgeklebt. Die Abmessung der Prüffläche beträgt 3000 x 4000 mm.

Die Beschriftung von Prüfobjekt 5 ist in Abbildung 16 zu sehen. Abbildung 17 zeigt die Oberfläche vom Akustikpaneel Typ 2 mit 14.0% Schlitzanteil. Der gesamte Aufbau des Prüfobjektes 5 ist in Abbildung 18 abgebildet.



Abbildung 16: Beschriftung von Prüfobjekt 5



Abbildung 17: Oberfläche von Akustikpaneel Typ 2 mit 14.0% Schlitzanteil



Abbildung 18: Gesamtaufbau von Prüfobjekt 5

Schallabsorptionsgrad (Hallraum-Methode)

Gegenstand: Akustikpaneele Typ 2

Prüfaufbau 5: Akustikpaneele Typ 2

33 mm geschlitzte Platten mit integrierter Holzfaserplatte

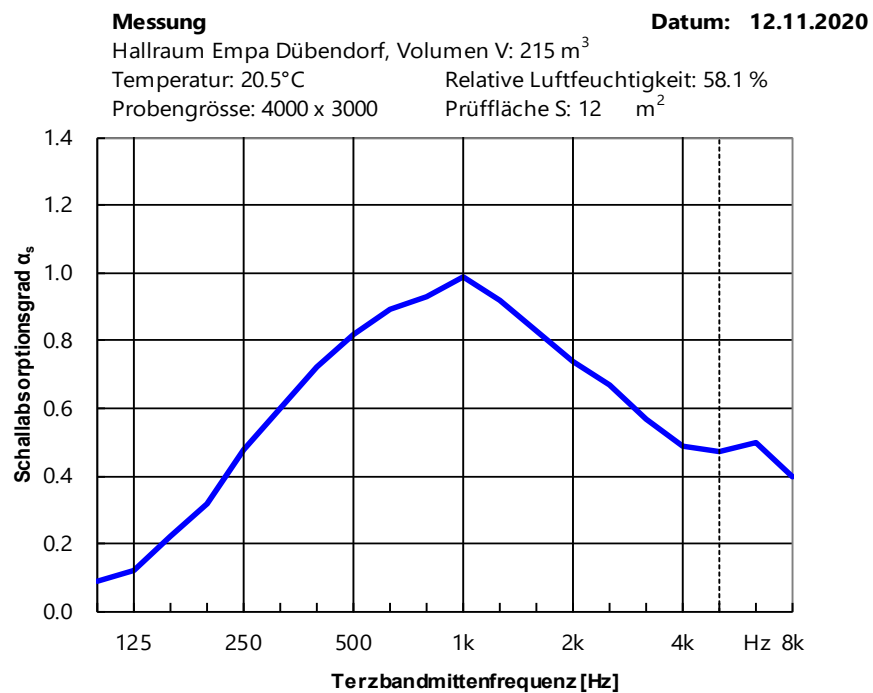
Schlitzanteil 14.0%

30 mm Luftraum

in Unterkonstruktion Lattenrost 30 x 60 mm

Gesamtaufbauhöhe 63 mm

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.09
125	0.12
160	0.22
200	0.32
250	0.48
315	0.60
400	0.72
500	0.82
630	0.89
800	0.93
1000	0.99
1250	0.92
1600	0.83
2000	0.74
2500	0.67
3150	0.57
4000	0.49
5000	0.47
6300	0.50
8000	0.40



Auswertung nach EN ISO 11654:1997: α_w : **0.65 (M)**
 α_p : 250 Hz: 0.45 500 Hz: 0.80 1000 Hz: 0.95 2000 Hz: 0.75 4000 Hz: 0.50

Schallabsorberklasse nach EN ISO 11654: C

Messung: EN ISO 354:2003

MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

----- Grenze des Frequenzbereichs zur Bewertung nach EN ISO 11654

Die Messunsicherheit basierend auf der Vergleichsstandardabweichung σ_R (siehe Abschnitt 3 dieses Berichts für Details) gemäß der Norm EN ISO 12999-2 [4] ist in Tabelle 6 angegeben. Für $k = 2$ kann angenommen werden, dass beim Vergleich der Werte von zwei verschiedenen Prüflaboren die Werte des ersten Labors vom anderen Labor mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb von $\pm U(\sigma_R)$ reproduziert werden können.

Für die Unsicherheit unter Wiederholbedingungen (Wiederholung der Messung durch das erste Laboratorium selbst) wird die erweiterte Unsicherheit der Wiederholstandardabweichung verwendet. Dazu gibt die Norm an, dass für die Wiederholstandardabweichung σ_r 60% des Wertes der Vergleichsstandardabweichung σ_R herangezogen werden kann, womit $U(\sigma_r) = 0.6 \cdot U(\sigma_R)$ gilt (siehe dazu EN ISO 12999-2 [4], Abschnitt 5, Formel (3)).

Tabelle 6: Schallabsorptionsgrad α_s und dessen erweiterte Unsicherheit unter Vergleichsbedingungen

α_w [-]	0.65	± 0.07 ($k = 2$)
Terzband [Hz]	α_s [-]	$\pm U(\sigma_R)$ [-]
100	0.09	± 0.07
125	0.12	± 0.07
160	0.22	± 0.09
200	0.32	± 0.10
250	0.48	± 0.12
315	0.60	± 0.12
400	0.72	± 0.12
500	0.82	± 0.11
630	0.89	± 0.11
800	0.93	± 0.10
1000	0.99	± 0.11
1250	0.92	± 0.11
1600	0.83	± 0.10
2000	0.74	± 0.09
2500	0.67	± 0.09
3150	0.57	± 0.10
4000	0.49	± 0.11
5000	0.47	± 0.14

5 Literatur

- [1] EN ISO 354:2003-05, Akustik - Messung der Schallabsorption in Hallräumen (ISO 354:2003)
- [2] EN ISO 18233:2006-06, Akustik - Anwendung neuer Messverfahren in der Bau- und Raumakustik (ISO 18233:2006)
- [3] EN ISO 11654:1997-04, Akustik - Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden - Bewertung der Schallabsorption (ISO 11654:1997)
- [4] EN ISO 12999-2:2020, Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik – Teil 2: Schalldämpfung (ISO 12999-2:2020)