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

www.empa.ch

Empa
Materials Science and Technology

print-scrn Solutions GmbH

Hauptstrasse 23

8217 Wilchingen

Prüfbericht Nr. 5214031886

Prüfauftrag:	**Schallabsorption α_s im Hallraum nach EN ISO 354**
Auftraggeber:	print-scrn Solutions GmbH
Prüfobjekt:	**printakustik 48 mm**
Ihr Auftrag vom:	19.04.2023
Ausführung der Prüfung:	15.06.2023
Anzahl Seiten:	11
Beilagen:	1) Allgemeine Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen der Empa 2) Regelung Werbung mit Empa-Prüfberichten

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Abteilung Akustik
Dübendorf, 28. Juni 2023

Prüfleiter:
N. Blumer

Digital unterschrieben von Nino Blumer

Prüfstellenleiter:
S. Schoenwald

Stefan Schoenwald

Digitally signed by Stefan Schoenwald
Date: 2023.06.28 13:18:32 +02'00'

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 Werbebewilligung 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: printakustik 48 mm 8

5 Literatur 11

1 Auftrag

Mit Schreiben vom 19.04.2023 erteilte die Firma print-scrn Solutions GmbH der Empa den Auftrag, Untersuchungen zum Schallabsorptionsgrad α_s von einem Schallabsorber nach der Norm EN ISO 354 [1] in den Labors der Empa durchzuführen.

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 [1]. Das Messverfahren ist im Abschnitt 3 beschrieben. Die Details des Messverfahrens, die Beschreibung des Hallraums und die Liste der verwendeten Messgeräte sind in der internen Dokumentation SOP-6 (Nr. 1059) festgehalten, welche der Qualitätssicherung untersteht.

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

Für diesen Empa-Prüfbericht gilt der Grundsatz, dass dieser durch den Auftraggeber nur als Ganzes und nicht auszugsweise an Kunden oder externe Partner (Bauherren, Behörden) weitergegeben werden darf.

Des Weiteren gelten für diesen Prüfbericht die Regeln der Empa betreffend der Benutzung und Veröffentlichung eines Empa-Prüfberichts zu Werbezwecken. Darin heisst es:

- Jede Erwähnung einer durch die Empa erfolgten Prüfung hat die Nummer und das Datum des betreffenden Empa-Prüfberichts zu enthalten. Zum Beispiel:
  "*Siehe Empa-Prüfbericht Nr. 123456 vom 31. Dezember 2019*"
- Auszüge aus dem Empa-Prüfbericht sind in vollem Wortlaut und mit originalgetreuer Wiedergabe allfälliger Illustrationen und Erläuterungen wiederzugeben. Es ist auf eine korrekte Referenzierung zu achten.

Die detaillierten Referenzen zu den gültigen Normen sind in Abschnitt 5 gegeben.

Tabelle 1: Übersicht über die Prüfresultate

Prüfobjekt	**Bezeichnung**	**Aufbauhöhe**	α_w
#1	printakustik 48 mm	100 mm	0.95

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 [1] *„Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen"*, wobei die Messverfahren adaptiert wurden auf Grund der Norm EN ISO 18233 [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 m^2 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 [1] erfüllt.

Berechnung des Schallabsorptionsgrades αs

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

Äquivalente Schallabsorptionsfläche:

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

Mit

V Volumen des Hallraums V [m^3]

c Schallgeschwindigkeit [m/s]

T_1 Nachhallzeit im Hallraum ohne Prüfmaterial [s]

T_2 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 [m^2]

Der Schallabsorptionsgrad α_s wird für jedes Terzband gesondert bestimmt.

Messunsicherheit

Die folgende Messunsicherheit wird nach der Norm EN ISO 12999-2 [5] 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.

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 [5], Abschnitt 5, Formel (3)).

Bedeutung

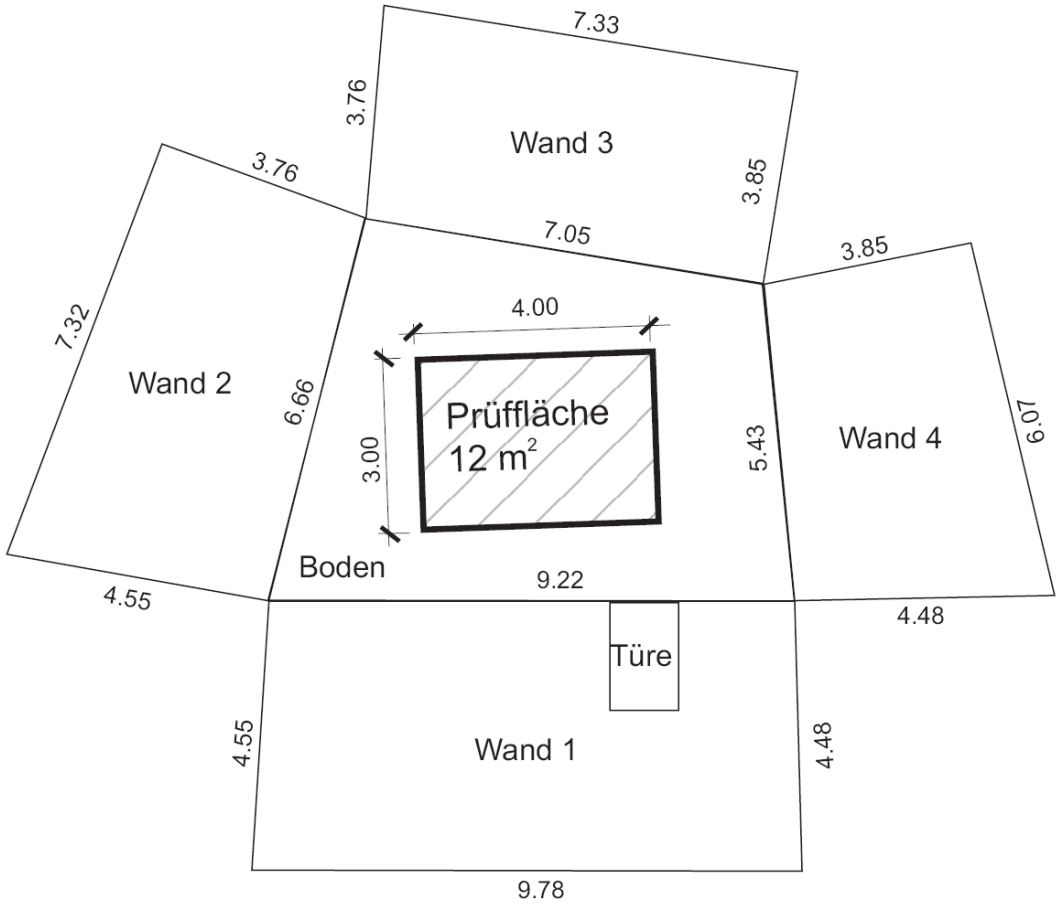
Das Schallabsorptionsvermögen eines Materials ist umso besser, je grösser α_s ist. Bei der Hallraummethode können Absorptionsgrade grösser als 1 auftreten. Es ist daher wichtig, diese mit dem Index s (für statistischer Schalleinfall) gekennzeichnete Grösse klar von anderen Grössen zu unterscheiden, welche 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 [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.

Bei akustisch wirksamen Unterdecken werden Einbaubedingungen und zusätzlichen Vorschriften der EN 16487 [4] "*Akustik - Prüfvorschrift für Unterdecken – Schallabsorption*" befolgt.

Abwicklung des Empa-Hallraums



Abmessungen

Kleinste Längenabmessung:	3.76 m	Boden:	48.2 m²
Grösste Raumdiagonale:	11.50 m	Decke:	56.2 m²
Türöffnung:	1.20 x 2.00 m	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: printakustik 48 mm

Kundenreferenz:	Thomas Bolli		
Eingang des Prüfobjektes:	15.06.2023	Empa-Kennzeichnung:	31886_01
Einbau des Prüfobjektes:	15.06.2023	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	15.06.2023	Ausgeführt von:	N. Blumer

Aufbau gemäss Herstellerangabe

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m³]	flächenbezogene Masse [kg/m²]
48	printakustik	k.A.	k.A.
50	Luftraum	-	-
100	**Gesamt**		

Einbaubedingungen

Der Prüfaufbau 1 wurde zur Messung auf Holzklötzen über den Boden des Hallraums gelegt. Die Abmessung der Prüffläche betrug 4000 x 3000 mm. Die obere Fläche des Schallabsorbers befand sich auf einer Höhe von 100 mm über dem Boden. Die Schallabsorber und der darunterliegende Luftraum wurden vollständig mit einem 100 mm hohen Holzrahmen eingefasst. In Abbildung 1 ist eine Nahaufnahme des Prüfobjekts, in Abbildung 2 der gesamte Prüfaufbau zu sehen.

Der gemessene Schallabsorptionsgrad α_s und dessen Messunsicherheit sind auf Seite 9 und 10 zu finden.



Abbildung 1 Nahaufnahme des Prüfobjekts.


Abbildung 2 Gesamter Prüfaufbau.

Schallabsorptionsgrad nach EN ISO 354

Messung der Schallabsorption im Hallraum

Objekt: printakustik 48 mm

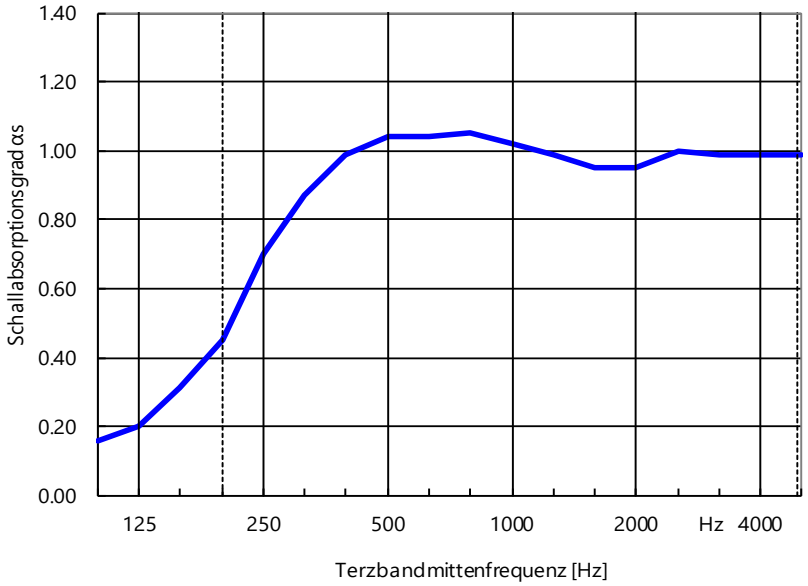
Beschreibung: printakustik 48 mm mit 50 mm Luftraum auf Hallraumboden gelegt. Kanten mit 100 mm Holzrahmen abgedeckt.□
Prüffläche 3000 x 4000 mm (6 Paneele à 1000 x 2000 mm)

Messdatum: 15.06.2023

Volumen Testelement:	-
Fläche des Prüfmaterials:	12.00 m²
Volumen des Hallraums:	215.0 m³

Hallraum leer		Hallraum mit Prüfobjekt	
Relative Luftfeuchtigkeit:	61.3 %	Relative Luftfeuchtigkeit:	56.4 %
Temperatur:	21.3 °C	Temperatur:	21.4 °C
Luftdruck:	968.0 hPa	Luftdruck:	968.0 hPa

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.16
125	0.20
160	0.31
200	0.45
250	0.70
315	0.87
400	0.99
500	1.04
630	1.04
800	1.05
1000	1.02
1250	0.99
1600	0.95
2000	0.95
2500	1.00
3150	0.99
4000	0.99
5000	0.99



Auswertung nach EN ISO 11654

α_w = 0.95 Schallabsorberklasse A

Oktave	125	250	500	1000	2000	4000
α_p	0.20	0.65	1.00	1.00	0.95	1.00

Messung: EN ISO 354

MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

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

Messunsicherheit

Tabelle 2: Schallabsorptionsgrad α_s und dessen erweiterte Unsicherheit für Unsicherheitsbereich 95% (k = 2, zweiseitig) unter Vergleichsbedingungen für Prüfobjekt 1:

α_w [-]	0.95 ± 0.07 (k = 2)	
Terzband [Hz]	**α_s [-]**	**± U(σ_R) [-]**
100	0.16	± 0.11
125	0.20	± 0.10
160	0.31	± 0.12
200	0.45	± 0.13
250	0.70	± 0.16
315	0.87	± 0.16
400	0.99	± 0.15
500	1.04	± 0.13
630	1.04	± 0.12
800	1.05	± 0.11
1000	1.02	± 0.11
1250	0.99	± 0.11
1600	0.95	± 0.11
2000	0.95	± 0.11
2500	1.00	± 0.11
3150	0.99	± 0.12
4000	0.99	± 0.14
5000	0.99	± 0.17

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 16487:2014-11, Akustik - Prüfvorschrift für Unterdecken – Schallabsorption

[5] EN ISO 12999-2:2020, Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik – Teil 2: Schalldämpfung (ISO 12999-2:2020)