



swisscom

Prüfbericht

Vertraulich

Autor Martin Lengacher
OE Prüfstelle STS 121
Telefon +41 (0)79 616 04 33



S Schweizerischer Prüfstellendienst
T Service suisse d'essai
S Servizio di prova in svizzera
S Swiss Testing Service
STS 121

Schallabsorptionsmessungen von Materialien im Hallraum gemäss ISO 354 und ISO 11654

diverse Akustiplatten Serie "Akustibohr"

Ausgabedatum	13.05.2008
Dok-ID	12648-2_Woodwork_Akustibohr
Auftrags Nr.	12648
Seitenumfang	13
Anzahl Beilagen	7
Review des Prüfberichts durch	Enrico Blondel, Prüfstelle STS 121
Eigentümer des Prüfberichtes	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Huttwil
Auftraggeber	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Huttwil
Prüfgegenstand	Akustikplatten
Hersteller	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Huttwil
Fachgebiet	Akustik, akustische Absorption, Absorber
Prüfgrundlage / Normen	ISO 354, ISO 11654
Bemerkungen	-
Verteilerliste	Firma Woodwork AG, Archiv Swisscom Prüfstelle STS 121

Autor (Visum)

Reviewer (Visum)

Prüfstellenleiter (Unterschrift)

Vis. M/

Vis: Le

Sig. U. Herrmann

Dieser Bericht darf ohne schriftliche Genehmigung der Prüfstelle nur komplett vervielfältigt werden. Alle von der Prüfstelle ermittelten Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die aufgeführten Prüfgegenstände und Konfigurationen. Für eine korrekte Interpretation des Prüfergebnisses sind die Bemerkungen verpflichtend zu berücksichtigen.



swisscom

Prüfbericht

Vertraulich

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	3
2 Prüflingsangaben.....	3
2.1 Kurzbeschreibung des Produktes.....	3
2.2 Produktidentifikation	3
3 Generelle Versuchsangaben.....	4
3.1 Allgemeines.....	4
3.2 Referenznormen	4
3.3 Modifikationen anlässlich der Prüfung.....	4
3.4 Messkonfiguration der Prüflinge	4
4 Schallabsorptionsmessung nach der Hallraum-Methode	6
4.1 Definitionen.....	6
4.2 Anwendung der Absorptionsmessmethode	7
4.3 Weitere Kriterien zur Prüflingsqualifikation.....	9
4.4 Anwendung der Absorptionsgrade α_{si}	10
5 Angaben zum Hallraum von Swisscom	11
5.1 Aufgefaltete Hallraumskizze.....	11
5.2 Hallraumeigenschaften	11
5.3 Liste der Messinstrumente	13
5.4 Fehlerberechnung.....	13

Beilage(n): Messblätter des Prüfobjektes



swisscom

Prüfbericht

Vertraulich

1 Einführung

Das Absorptionsvermögen von Materialien ist eine wesentliche Komponente der Bauakustik und der Lärmbe- kämpfung. Diese Materialien (Elemente von Decken, Wänden und Böden) werden verwendet, um die Nach- hallzeiten von Räumen gemäss ihrer Beschaffenheit zu beeinflussen.

Mehrere Methoden zur Ermittlung der Absorptionsfähigkeit wurden ausgearbeitet. Die hochentwickelste und vollständigste ist zweifelsohne die sogenannte „Hallraummethode“, die in der Norm ISO 354 beschrieben ist.

Im Abschnitt 4 dieses Berichtes wird die Methode und ihre Interpretation zum Überblick vereinfacht beschrieben.

2 Prüflingsangaben

2.1 Kurzbeschreibung des Produktes

Schallabsorbierendes Täfer

2.2 Produktidentifikation

Objekt :	Akustikplatten
Typ / Model :	diverse gemäss 3.4 Messkonfiguration der Prüflinge
Hersteller :	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Huttwil
Identifikation :	-

2.2.1 Prüflingsgrösse

Anzahl Platten, Bahnen :	12
Platte-, Bahn- bzw. Probegrösse :	0.995*0.995 m (exkl. Aluminiumprofile)
Projizierte Fläche :	11.88



swisscom

Prüfbericht

Vertraulich

3 Generelle Versuchsanlagen

3.1 Allgemeines

Prüflingsempfangsdatum : 05.05.08
Prüfungsdatum : vom / am 06.05.08 bis
Bei der Prüfung anwesender Vertreter des Auftraggebers: Hr. Thomas Ruch

3.2 Referenznormen

Die Detailangaben zur Messmethode, zum Prüfaufbau sowie vom Hallraum sind in folgenden Normen beschrieben:

ISO 354 (1e édition)	1985-02-01	<i>Acoustique – Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante</i>
ISO 354 Amendement 1	1997-06-01	<i>Montage des échantillons pour les essais d'absorption acoustique</i>
ISO 11654	1997-04-01	<i>Acoustique – Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments – Evaluation de l'absorption acoustique</i>

3.3 Modifikationen anlässlich der Prüfung

Die folgenden Modifikationen wurden während der Prüfung Keine durchgeführt :

3.4 Messkonfiguration der Prüflinge

Die Prüflinge wurden mit folgenden Konfigurationen geprüft:

Nr. der Konfiguration	Siehe Beilageblatt	Aufbaudicke/ Wandabstand	Konfiguration, Materialien
12	1	190 mm	Akustibohr R4/8/8/P; Trägerplatte MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035, mit 144mm Luftspalt
13	2	190 mm	Akustibohr Front R4/16/16/P Rückseite R12/16/16/P; Trägerplatte MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035, mit 144mm Luftspalt



swisscom

Prüfbericht

Vertraulich

14	3	190 mm	Akustibohr R8/16/16/P; Trägerplatte MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035, mit 144mm Luftspalt
15	4	190 mm	Akustibohr R8/32/32/P; Trägerplatte MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035, mit 144mm Luftspalt
16	5	190 mm	Akustibohr R12/32/32/P; Trägerplatte MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035, mit 144mm Luftspalt
17	6	190 mm	Akustibohr R6/16/8/V; Trägerplatte MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035, mit 144mm Luftspalt
18	7	190 mm	Akustibohr Front R1.2/8/8/P Rückseite R5/8/8/P; Trägerplatte MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035, mit 144mm Luftspalt

Die Detailmessprotokolle sind dem Prüfbericht beigelegt.



4 Schallabsorptionsmessung nach der Hallraum-Methode

4.1 Definitionen

Nachhalleffekt

Der „Nachhalleffekt“ in einem bestimmten Raumvolumen ist ein Mass dafür, wie die Abnahme eines Tons nach Unterbrechung der Schallemissionsquelle wahrgenommen wird. Der Nachhalleffekt bei einem bestimmten Punkt ist auf die Ueberlappung von Reflexionen über reflektierende Hindernisse zurückzuführen. Der Nachhalleffekt in einem Saal wird durch Abb. 1 illustriert.

Nachhallzeit

Die „Nachhallzeit“ ist die Zeitdauer zwischen dem Unterbrechungszeitpunkt der Schallemission (inkl. einer Beruhigungsduer) t_{off} und dem Zeitpunkt t_{60} , der einer Abnahme des Schalldrucks von 1 zu 1'000 (60 dB) entspricht (siehe Abb. 1).

Es ist zu betonen, dass die Nachhallzeit in einem Raum von der Frequenz der Schallemission abhängt.

- T_{rev} = Nachhallzeit
- t_{off} = Unterbrechungszeitpunkt der Schallemission
- t_0 = Anfangszeit (Zeitpunkt t_{off} + Beruhigungsduer), Pegel $L = L_0$
- t_{60} = Schlusszeit ; Pegel $L_{60} = L_0 - 60$ dB

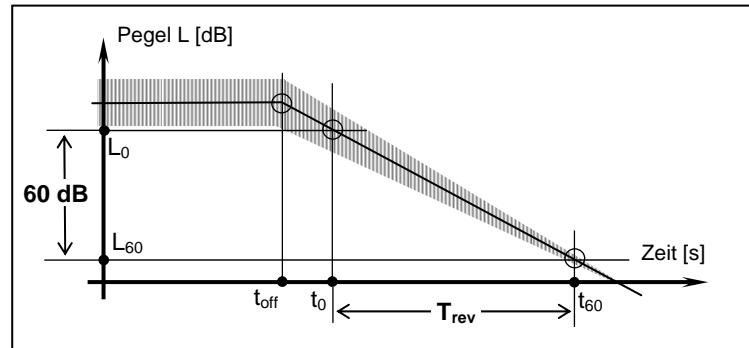


Abb. 1 : Abnahme des Schalldruckes nach dem Schallemissionsunterbruch

Sabinesche Nachhallformel

Die „Formel von Sabine“ [Englischer Akustiker, 1868-1919] gilt als empirische Beziehung zur Bestimmung der Nachhallzeit in Abhängigkeit des Raumvolumens und dessen Absorptionsoberfläche (genauer „äquivalente akustische Schallabsorptionsfläche“). Wegen ihrer Einfachheit im Vergleich mit anderen Formeln wird die *Sabinesche Nachhallformel* am häufigsten verwendet.

Es ist zu betonen, daß sowohl die *äquivalente akustische Schallabsorptionsfläche* wie auch die *Nachhallzeit* von der Frequenz abhängig ist.

$$T_{rev,i} = 0.163 \frac{V}{A_i} \quad \text{mit :}$$

- | |
|---|
| $T_{rev,i}$ = Nachhallzeit bei der Frequenz « i » [s]
V = Raumvolumen [m^3]
A_i = Äquivalente akustische Schallabsorptionsfläche bei der Frequenz « i » [m^2] |
|---|

Absorption

Die „Absorption“ ist die Fähigkeit bestimmter Materialien oder Volumen, Schall „zu absorbieren“. Dadurch werden Druckwellen der Luft gedämpft (z.B. durch mechanische Wirkung von Fasern im Material) und in Wärme umgewandelt



oder indem diese Druckwellen zu einem anderen Ort abgelenkt werden. Alle Materialien weisen Schallabsorptionsfähigkeiten auf, jedoch mit unterschiedlichem Absorptionsvermögen.

Die Raumabsorption oder genauer seine „äquivalente akustische Schallabsorptionsfläche“ A_i , in der Formel von Sabine wiederspiegelt die Absorptionswirkung von allen Materialien im Raum. Sie hängt von der Frequenz « i » ab. Diese Fläche entspricht einer idealen äquivalenten Absorptionsmittelfläche, deren Wirkung gleich wie diejenige aller Materialien im Raum ist (ein ideales Absorptionsmittel ist ein „Material“ das bei allen Frequenzen 100 % absorbierend ist, das keine Reflexionen erzeugt, wie zum Beispiel ein offenes Fenster).

Sabinescher Absorptionskoeffizient oder
Schallabsorptionsgrad

$$\alpha_{s,i} = \frac{A_i}{S} \quad [1] \quad \text{mit :}$$

A_i = äquivalente akustische Schallabsorptionsfläche [m^2]

S = Projizierte Fläche des Prüflings [m^2]

Da es nicht praktisch ist, die Materialabsorption durch *ihre äquivalente akustische Schallabsorptionsfläche* zu charakterisieren, wird eher der

Sabinesche Absorptionskoeffizient oder Schallabsorptionsgrad $\alpha_{s,i}$ verwendet.

Diese Grösse hängt auch von der Frequenz ab. Ihr Wert liegt zwischen 0 und 1. Ein Wert von 0 entspricht einer Nullabsorption und ein Wert von 1 einer 100%-igen Absorption.

4.2 Anwendung der Absorptionsmessmethode

Zur Messung der akustischen Leistung eines absorbierenden Materials wird ein „Hallraum“ verwendet, d.h. ein Raum mit wesentlichem Nachhall für das ganze verwendete Spektrum. Als Beispiel liegt bei den zwei Grenzwerten des verwendeten Frequenzbreichs die Nachhallzeit des Swisscom Hallraums zwischen etwa 20 s bei 100 Hz und ca. 2 s bei 5'000 Hz. Weiter ist eine geeignete Messinfrastruktur zur Nachhallzeit-Erfassung erforderlich. Die Prüflingsfläche soll genügend gross sein (10 bis 12 m^2).

4.2.1 Messung des leeren Hallraums

Der erste Schritt besteht darin, die Nachhallzeit des leeren Hallraums bei Frequenzen von 100 Hz bis 5'000 Hz mit Drittelloktavsprüngen (auch Terzsprüngen genannt) [100, 125, 160, 200, 250 ... 5'000 Hz] zu messen. Diese Messung wird mittels eines Echtzeit Analysators durchgeführt, welcher die Lärmquelle (Schallemission, sogenanntes "weisses Rauschen") steuert. Nach der Schallemissionsunterbrechung wird der akustische Pegel (Nachhall) mit jedem Mikrofon (insg. 10 gleichmässig im Hallraum verteilte Präzisionsmikrofone), in Echtzeit mit dem Analysator erfasst. Aufgrund dieser Messungen werden die Nachhallzeiten berechnet und gespeichert. Dieses Verfahren wird für jedes Mikrofon wiederholt. Die Anzahl Versuche je Mikrofon ist frei wählbar (meistens 3). Vom Analysator wird der Mittelwert automatisch ermittelt und daraus die Tabelle der Nachhallzeiten des leeren Hallraums generiert ($T_{l,i}$ [s]).

4.2.2 Messung des Hallraums mit dem Prüfling

Der zweite Schritt besteht darin, das gleiche Verfahren wie im Abschnitt 4.2.1 beschrieben mit dem Prüfling anzuwenden. Der Prüfling wird waagrecht auf dem Boden (akustische Decke und Wände, Teppiche usw.) oder senkrecht an einer Wand des Hallraumes (Vorhänge) plaziert. Die „projizierte Fläche“ des Prüflings soll



zwischen 10.0 und 12.0 m² betragen. Vom Analysator wird eine Tabelle mit den Nachhallzeiten des Hallraumes mit dem Prüfling erzeugt $T_{2,i}$ [s].

4.2.3 Ermittlung des Absorptionsvermögens des Prüflings

Unter Berücksichtigung des Hallraumvolumens V und der gemessenen Nachhallzeiten mit und ohne Prüfling $T_{2,i}$ bzw. $T_{1,i}$, kann die äquivalente akustische Schallabsorptionsfläche des leeren Hallraumes $A_{1,i}$ sowie des Hallraumes mit Prüfling $A_{2,i}$ berechnet werden. Dazu wird eine von der Sabineschen Formel hergeleiteten Formel angewendet die noch den Einfluss der Temperatur korrigiert :

$$A_{1,i} = 55.3 \frac{V}{c \cdot T_{1,i}} \quad \text{und} \quad A_{2,i} = 55.3 \frac{V}{c \cdot T_{2,i}} \quad \text{mit} \quad c = 331 + 0.6\tau \quad \left| \begin{array}{l} c = \text{Schallgeschwindigkeit in der Luft [ms}^{-1}\text{]} \\ \tau = \text{Temperatur [}^{\circ}\text{C]} \end{array} \right.$$

Die äquivalente akustische Schallabsorptionsfläche des Prüflings selber wird durch folgende Gleichung berechnet :

$$A_i = A_{2,i} - A_{1,i} \quad \text{mit :} \quad \left| \begin{array}{l} A_i = \text{äquivalente Schallabsorptionsfläche des Prüflings [m}^2\text{]} \\ A_{2,i} = \text{äquivalente Schallabsorptionsfläche des Hallraumes mit dem Prüfling [m}^2\text{]} \\ A_{1,i} = \text{äquivalente Schallabsorptionsfläche des leeren Hallraumes [m}^2\text{]} \end{array} \right.$$

wobei :

$$A_i = 55.3 \frac{V}{c} \left(\frac{1}{T_{2,i}} - \frac{1}{T_{1,i}} \right) \quad A_i = \text{äquivalente Schallabsorptionsfläche des Prüflings [m}^2\text{]}$$

$$\alpha_{s,i} = 55.3 \frac{V}{c \cdot S} \left(\frac{1}{T_{2,i}} - \frac{1}{T_{1,i}} \right) \quad \alpha_{s,i} = \text{Schallabsorptionsgrad des Prüflinges [1]}$$

mit :

V = Hallraumvolumen [m³]

S = Projizierte Fläche des Prüflings [m²]

$c = 331 + 0.6\tau$ c = Schallgeschwindigkeit in der Luft [ms⁻¹]
 τ = Temperatur [°C]

$T_{1,i}$ = Nachhallzeit des leeren Hallraumes [s]

$T_{2,i}$ = Nachhallzeit des Hallraumes mit dem Prüfling [s]



4.3 Weitere Kriterien zur Prüflingsqualifikation

4.3.1 Aufbau der Prüflinge

Der spezifische Aufbau der Prüflinge bei den Versuchen ist Bestandteil der Beschreibung der akustischen Absorptionseigenschaften. Einige typische Aufbauten wurden normiert. Diese sind repräsentativ für die Gesamtheit aller Aufbaumöglichkeiten. Folgende Bezeichnungen wurden zugeteilt (ISO 354, Beilage D) :

Typ A Der Prüfling (Decke-, Wandelement usw.) wird direkt auf einer Fläche des Hallraumes (Boden, Wand usw.) ohne freien Zwischenraum plaziert. Zur Vermeidung seitiger Absorption werden die Prüflingsränder verschlossen.

Es handelt sich um « Aufbau Typ A ».

Typ E Der Prüfling (Decke-, Wandelement usw.) wird mit freiem Zwischenraum aufgebaut ; Die Prüflingsränder werden mit einem Rahmen eingefasst.

Man spricht von « Aufbau Typ E-XXX », wobei XXX der gesamten Aufbaudicke in mm (auf 5 mm abgerundet) entspricht.

Typ G Der Prüfling (wie z.B. Vorhänge, Storen usw.) wird parallel zu einer Wand des Hallraumes aufgehängt.

Man spricht von « Aufbau Typ G-XXX », wobei XXX der Distanz in mm (auf 5 mm abgerundet), zwischen der Wand und dem mittleren Abstand des Prüflings entspricht.

4.3.2 Andere Bewertungsmethode

Durch die Messung und die Ermittlung der Nachhallzeiten können 18 *Absorptionskoeffizienten* oder *Absorptionsgrade* α_{s_i} bestimmt werden. Diese Koeffizienten werden für Frequenzen berechnet, die jeweils eine Dritteloktave auseinander liegen. Diese Mesung ist relevant zur Bestimmung von Detailleistungen eines Produkts. Sie ist aber schlecht geeignet zu dessen Klassierung. Zur Abhilfe können andere Messungen verwendet werden. Eine etwas andere Methode ist in der ISO-Norm 11654 beschrieben. Es muss jedoch betont werden, dass diese Norm bei diskreten Objekten (Stühle, Pannel usw.) nicht angewendet werden darf.

Praktischer Schallabsorptionsgrad

Die „*praktischen Schallabsorptionsgrade*“ α_{p_i} entsprechen einer Serie von frequenzabhängigen Werten von Absorptionskoeffizienten. Diese Werte stammen aus den Koeffizienten α_{s_i} , die bei Dritteloktav- oder Terzbändern, wie oben beschrieben, gemessen und berechnet wurden. Sie werden jedoch bei Oktavbändern gemäss folgenden Ausdruck berechnet :

$$\alpha_{p_i} = \frac{1}{3}(\alpha_{s_i1} + \alpha_{s_i2} + \alpha_{s_i3}) \quad \text{mit: } \alpha_{s_i1}, \alpha_{s_i2} \text{ u. } \alpha_{s_i3} = \text{die 3 Sabinesche Schallabsorptionsgrade eines Oktavbandes (s. § 4.2.2)}$$

Die Oktavbänder werden bei folgenden Frequenzen definiert: 125, 250, 500, 1'000, 2'000 und 4'000 Hz



Bewerteter Schallabsorptionsgrad

Der „bewertete Schallabsorptionsgrad“ α_w ist eine, von der Frequenz unabhängige Grösse. Diese Grösse entspricht dem Wert bei 500 Hz auf einer verschobenen Referenzkurve. Eine detaillierte Erklärung dieses Begriffs ist in der Norm ISO 11654, § 4.2 zu finden.

Formindikator

Mittels Buchstaben zeigt der „Formindikator“ die Oktaven an, bei der der praktische Absorptionskoeffizient den Wert der verschobenen Referenzkurve um mehr als 0.25 überschreitet. Z. B. $\alpha_w = 0.60$ (LMM) bedeutet, dass der Wert α_{p_i} die Referenzkurve bei 250, 500 und 1'000 Hz überschreitet (s. Tabelle). In der Praxis genügen diese Kenngrössen aber nicht. Wenn solche Buchstaben gegeben sind, wird empfohlen, die bei Dritteloktavbändern gemessenen und berechneten Absorptionskoeffizienten α_{s_i} nachzuprüfen - siehe Details in der Norm ISO 11654.

Oktavband (Terzband)	250	500	1000	2000	4000
Entsprechender Buchstabe	L	M	M	H	H

Akustische Schallabsorptionsklasse

Basierend auf dem bewerteten Schallabsorptionsgrad α_w können gemäss folgender Tabelle die Produkte nach Klassen aufgeteilt werden :

Klasse A	$\alpha_w = 0.90, 0.95, 1.00$	Klasse D	$\alpha_w = 0.30, 0.35, \dots, 0.55$
Klasse B	$\alpha_w = 0.80, 0.85$	Klasse E	$\alpha_w = 0.25, 0.20, 0.15$
Klasse C	$\alpha_w = 0.60, 0.65, 0.70, 0.75$	Nicht klassiert	$\alpha_w = 0.10, 0.05, 0.00$

4.3.3 Interpretation der Absorptionskoeffizienten α_{s_i}

Graphisch besonders gut dargestellt werden die Materialabsorptionsleistungen durch die Sabineschen Schallabsorptionsgrade. Zum Beispiel können im Hochfrequenzbereich aktiv absorbierende Materialien von anderen im Mittelfrequenzbereich oder im Tieffrequenzbereich wirksamen Materialien gut getrennt werden.

Generelles: Je näher der Wert bei 1 liegt, desto besser ist die Absorption und je mehr der Wert gegen 0 strebt, desto weniger ist diese wirksam. Wegen der empirischen Eigenschaft der Sabineschen Formel kann der Absorptionskoeffizient den Wert 1 überschreiten.

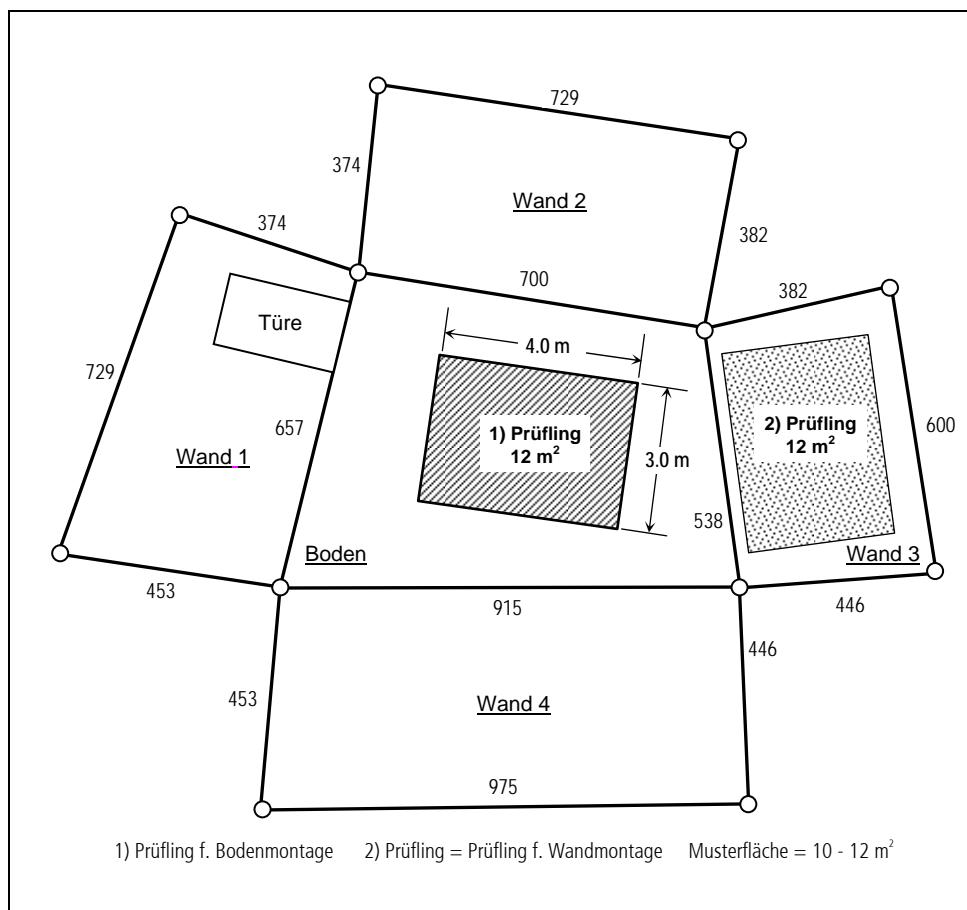
4.4 Anwendung der Absorptionsgrade α_{s_i}

Die Sabinesche Absorptionsgrade können ziemlich einfach verwendet werden : Z.B. bei Prognosen der Nachhallzeiten eines projektierten oder zu sanierenden Raumes :

Basierend auf den Nachhallzeiten eines Raumes kann mittels der Sabineschen Formel dessen äquivalente akustische Absorptionsfläche bestimmt werden. Die basierend auf den Absorptionskoeffizienten berechnete äquivalente Absorptionsfläche des Produktes « A » wird dazu addiert. Die gleiche Operation wird dann für die Produkte « B », « C » usw. durchgeführt. Durch Addition von allen so berechneten äquivalenten Absorptionsflächen wird die äquivalente Gesamtabsorptionsfläche erhalten. Basierend auf dieser Gesamtfläche können umgekehrt mittels der Sabineschen Formel die nach der Raumsanierung zu erwartenden Nachhallzeiten bestimmt werden.

5 Angaben zum Hallraum von Swisscom

5.1 Aufgefaltete Hallraumskizze



5.2 Hallraumeigenschaften

Die Hauptcharakteristiken des Hallraumes von Swisscom am 07.10.2004 sind die folgenden :

Innenwände:

Keine parallelen Wände

Baumaterialien:

Keramikfliesen (Wände), Rohbeton mit Schutzfarbe gestrichen (Boden), Rohbeton mit Dispersion gespritzt (Decke)



swisscom

Prüfbericht

Vertraulich

Gesammte Innenfläche (4 Seitenwände + Decke + Boden):	228.0 m ²
Volumen des Hallraumes:	214.3 m ³
Reflektoren:	9 gekrümmte Reflektoren, 12 flache Reflektoren und 4 Reflektoren mit Lautsprecher
Gesammte Reflektorenfläche (1 Seite pro Reflektor):	35.08 m ²
Gesammte Spiegelfläche:	263.08 m ²
Grundgeräuschpegel (Richtwert):	$L_{eq}(30s) \leq 20 \text{ dB}_A$
Akustisches Erregersignal:	Weisses Rauschen
Erregerpegel:	Ungefähr 90 dB einstellbar
Äquivalente Absorptionsfläche A_1 (Richtwerte):	

Frequenz [Hz]	125	250	500	1'000	2'000	4'000
A_1 (gemessen) [m ²]	1.96	3.10	4.18	4.96	7.20	11.00

Geregelte Temperatur (Richtwerte): 19 ... 21 °C

Geregelte relative Feuchtigkeit (Richtwerte): 45 ... 55 %



Hallraum

Picture L1010213



5.3 Liste der Messinstrumente

Gerät	Hersteller	Typ	Inventar Nr.	Seriennummer
Schall-Echtzeitanalysator (Klasse 1)	Norsonic	RTA-830	16646	12707
Software	Norsonic	NOR-ABS	--	--
Stereo-Leistungsverstärker	HH Electronic	HHV200	8315.1281	2131
Mono-Leistungsverstärker	HH Electronic	AM8/17	16640	--
Lautprecher auf Reflektoren montiert	Philips	AD 5200	--	--
Thermo-Hygrometer	Testo	452	16754 ou 16755	--
Thermo-Hygrometer	Testo	6010	16425	--
Thermo-Hygrometer	Testo	601	26045	--
10-Kanal Multiplexer	Norsonic	834	17018	14953
Mikrofonvorverstärker #01 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168501 0029	15399
Mikrofonvorverstärker #02 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168502 0035	15408
Mikrofonvorverstärker #03 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168503 0046	15410
Mikrofonvorverstärker #04 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168504 0048	15413
Mikrofonvorverstärker #05 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168505 0068	15416
Mikrofonvorverstärker #06 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168506 0081	15422
Mikrofonvorverstärker #07 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168507 0082	15426
Mikrofonvorverstärker #08 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168508 0083	15429
Mikrofonvorverstärker #09 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168509 0097	15436
Mikrofonvorverstärker #10 mit Messmikrofonkapsel ½" 50mV/Pa (Klasse 1)	Norsonic	1201 1230	168510 0100	15437

5.4 Fehlerberechnung

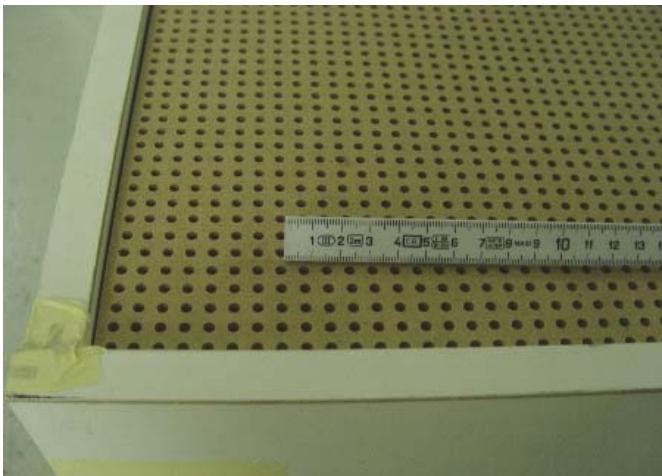
Die Messfehler sind von der Frequenz und von den Nachhallzeiten des Hallraumes (mit und ohne Prüfling) abhängig. Sie sind aus diesem Grund für jede Messung verschieden und werden in jedem Messprotokoll für die 3 Bereiche „Tiefton“ (100 - 315 Hz), „Mittelton“ (400 - 1250 Hz) und „Hochton“ (1600 - 5000 Hz) berechnet. Die Fehlerberechnung ist im *Swisscom Innovations* Dokument „Détermination des coefficients d'absorption de Sabine en salle réverbérante - Calculs de l'incertitude de mesure“ beschrieben.

MESSPROTOKOLL DER SCHALLABSORPTION (ISO 354, ISO 11654)

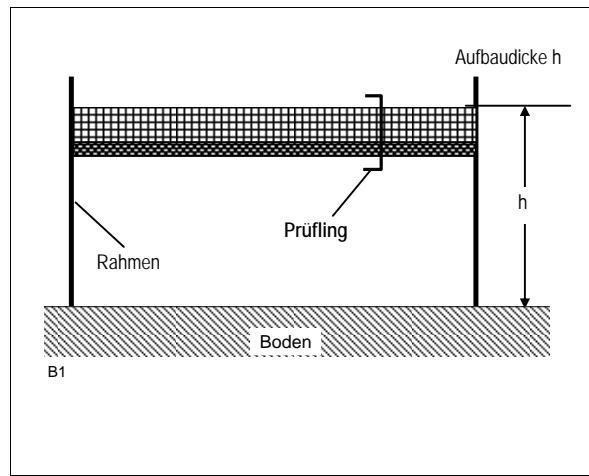
Prüflingangaben

Hersteller	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Hettwil		
Produktnamen	Akustibohr R4/8/8/P		
Bemerkungen, Konfiguration	diverse Akustibohr Trägerplatte: MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035 Aufbauhöhe $h = 190$ mm (16 mm Materialdicke + 30 mm Isolation + 144 mm Luftspalt)		
Aufbau (gem. ISO 354/Amd 1:1997)	Typ E-190	Anzahl Messungen	3 pro Mikrofon
Musterfläche	$3.98 \times 2.99 = 11.88 \text{ m}^2$	Anzahl Mikrofone	10
Temperatur	22.5 °C	Akustisches Signal	Weisses Rauschen
Relative Feuchtigkeit	44.9 % rel.	Leerraummessung	Interpolierte Werte
Hallraumvolumen	214.3 m³	EEC Auftrags Nr.	12648
Messung Nr. / Messdatum / Zeit	Nr. 12 / 06.05.2008 / 10h23'	Archivierungsdatei	WOOD0812.ABS

Prüflingsabbildung

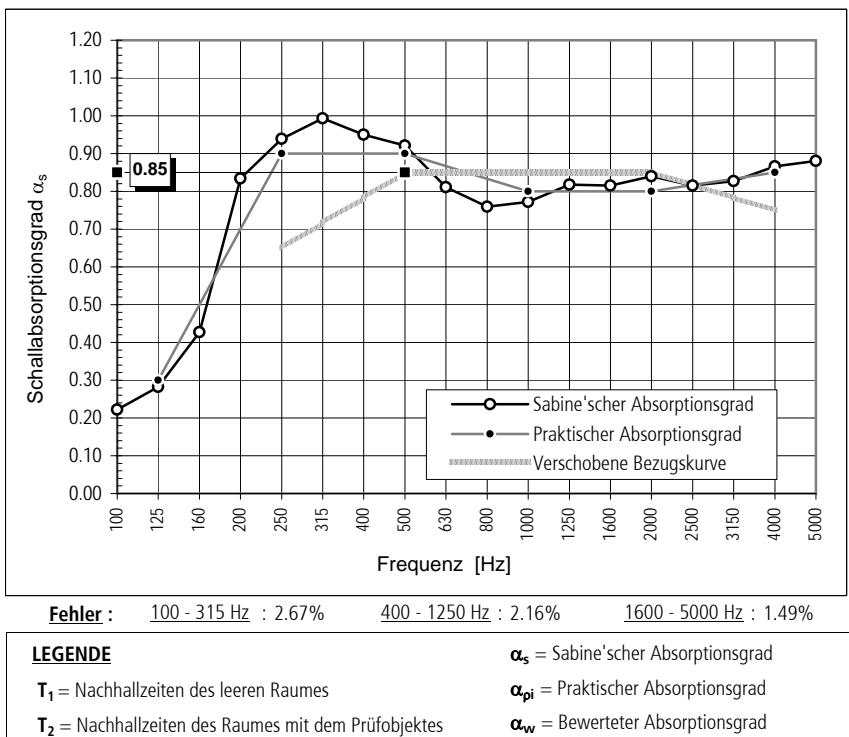


Aufbauskizze



Messresultate (gem. ISO 354, ISO 11654)

Freq. [Hz]	T_1	T_2	α_s	α_{pi}	α_w
100	20.99	8.04	0.22		
125	18.30	6.58	0.28	0.30	
160	15.51	4.72	0.43		
200	12.14	2.70	0.83		
250	11.04	2.41	0.94	0.90	
315	9.68	2.24	0.99		
400	7.91	2.20	0.95		
500	8.30	2.28	0.92	0.90	
630	7.91	2.46	0.81		
800	7.52	2.53	0.76		
1'000	6.91	2.43	0.77	0.80	
1'250	5.95	2.22	0.82		
1'600	5.32	2.13	0.82		
2'000	4.65	1.98	0.84	0.80	
2'500	4.13	1.91	0.81		
3'150	3.54	1.76	0.83		
4'000	2.93	1.56	0.87	0.85	
5'000	2.35	1.37	0.88		

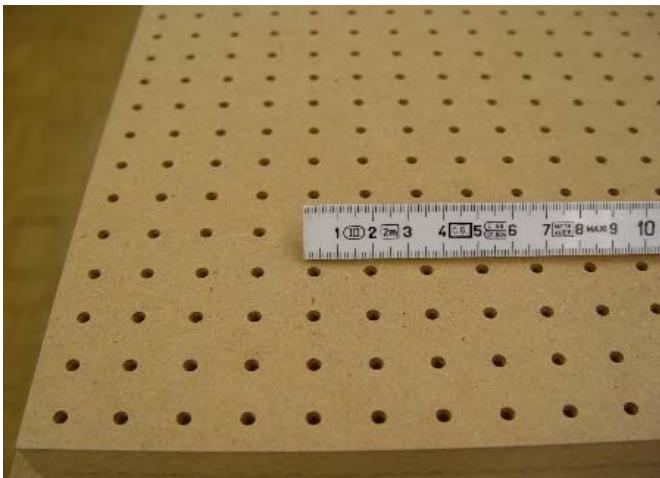


MESSPROTOKOLL DER SCHALLABSORPTION (ISO 354, ISO 11654)

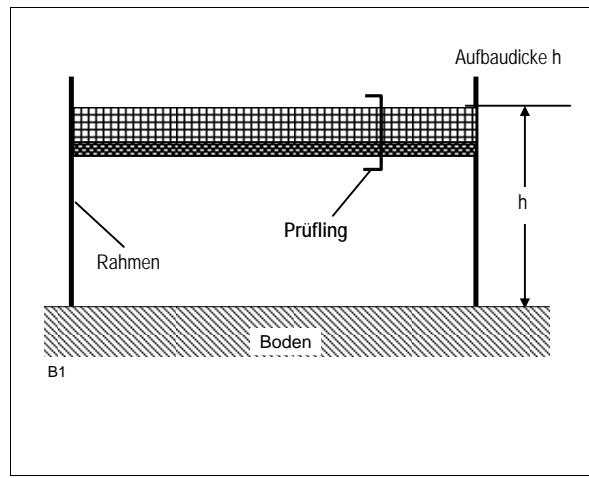
Prüflingangaben

Hersteller	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Hettwil		
Produktnamen	Akustibohr Front R4/16/16/P Rückseite R12/16/16/P		
Bemerkungen, Konfiguration	diverse Akustibohr Trägerplatte: MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035 Aufbauhöhe $h = 190$ mm (16 mm Materialdicke + 30 mm Isolation + 144 mm Luftspalt)		
Aufbau (gem. ISO 354/Amd 1:1997)	Typ E-190	Anzahl Messungen	3 pro Mikrofon
Musterfläche	$3.98 \times 2.99 = 11.88 \text{ m}^2$	Anzahl Mikrofone	10
Temperatur	22.4 °C	Akustisches Signal	Weisses Rauschen
Relative Feuchtigkeit	44.7 % rel.	Leerraummessung	Interpolierte Werte
Hallraumvolumen	214.3 m³	EEC Auftrags Nr.	12648
Messung Nr. / Messdatum / Zeit	Nr. 13 / 06.05.2008 / 10h53'	Archivierungsdatei	WOOD0813.ABS

Prüflingsabbildung

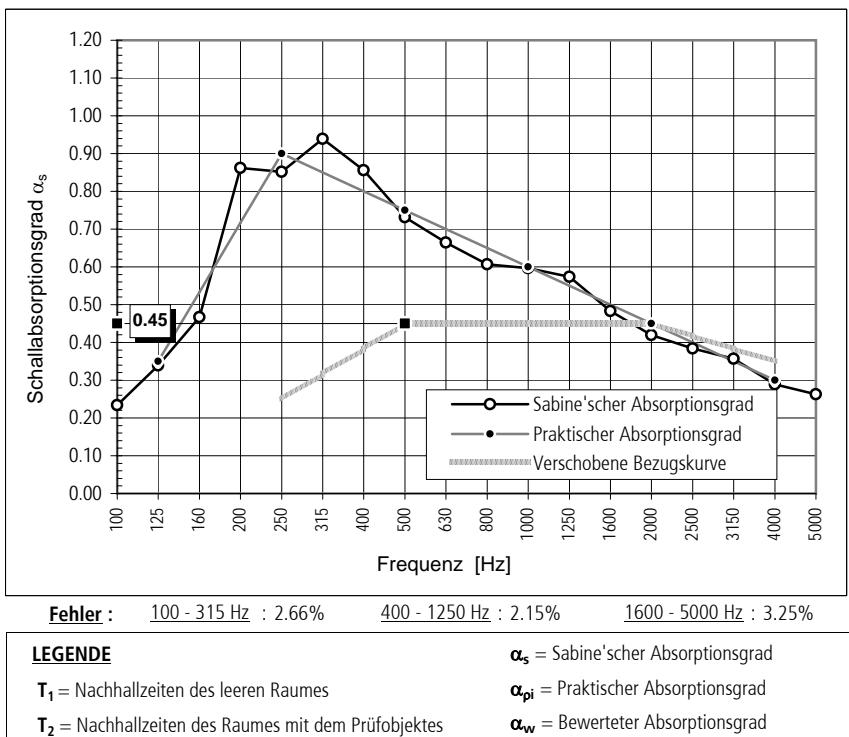


Aufbauskizze



Messresultate (gem. ISO 354, ISO 11654)

Freq. [Hz]	T ₁	T ₂	α _s	α _{pi}	α _w
100	20.95	7.79	0.23		
125	18.25	5.82	0.34	0.35	
160	15.50	4.43	0.47		
200	12.12	2.63	0.86		
250	11.04	2.60	0.85	0.90	
315	9.69	2.34	0.94		
400	7.90	2.37	0.86		
500	8.29	2.68	0.73	0.75	
630	7.90	2.81	0.66		
800	7.52	2.92	0.61		
1'000	6.90	2.85	0.60	0.60	
1'250	5.95	2.73	0.57		
1'600	5.32	2.82	0.48		
2'000	4.65	2.78	0.42	0.45	
2'500	4.13	2.67	0.38		
3'150	3.55	2.47	0.36		
4'000	2.94	2.27	0.29	0.30	
5'000	2.36	1.94	0.26		

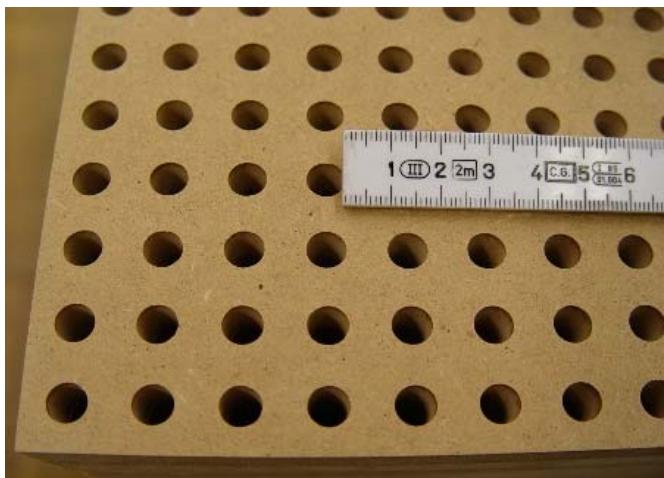


MESSPROTOKOLL DER SCHALLABSORPTION (ISO 354, ISO 11654)

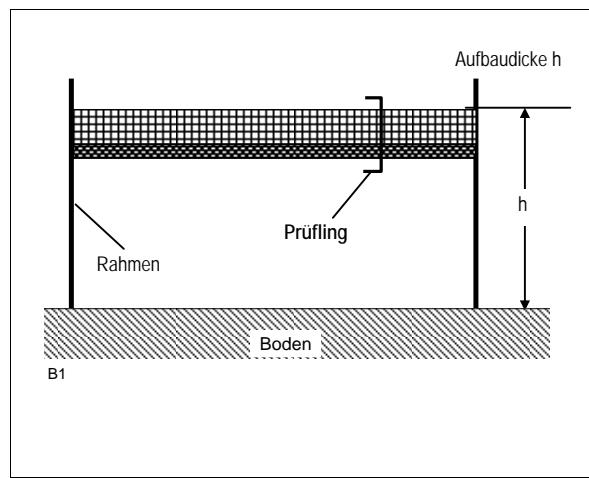
Prüflingangaben

Hersteller	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Hettwil		
Produktnamen	Akustibohr R8/16/16/P		
Bemerkungen, Konfiguration	diverse Akustibohr Trägerplatte: MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035 Aufbauhöhe $h = 190$ mm (16 mm Materialdicke + 30 mm Isolation + 144 mm Luftspalt)		
Aufbau (gem. ISO 354/Amd 1:1997)	Typ E-190	Anzahl Messungen	3 pro Mikrofon
Musterfläche	$3.98 \times 2.99 = 11.88 \text{ m}^2$	Anzahl Mikrofone	10
Temperatur	22.4 °C	Akustisches Signal	Weisses Rauschen
Relative Feuchtigkeit	45.2 % rel.	Leerraummessung	Interpolierte Werte
Hallraumvolumen	214.3 m³	EEC Auftrags Nr.	12648
Messung Nr. / Messdatum / Zeit	Nr. 14 / 06.05.2008 / 11h24'	Archivierungsdatei	WOOD0814.ABS

Prüflingsabbildung

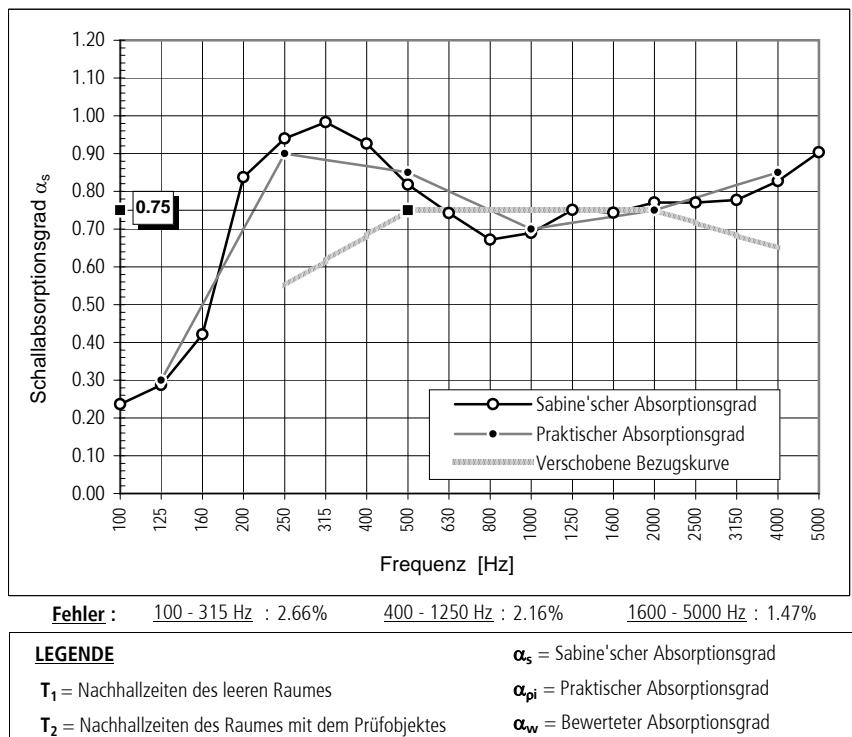


Aufbauskizze



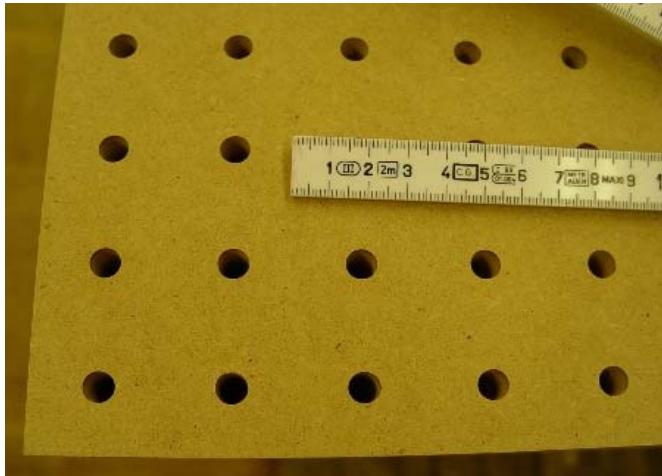
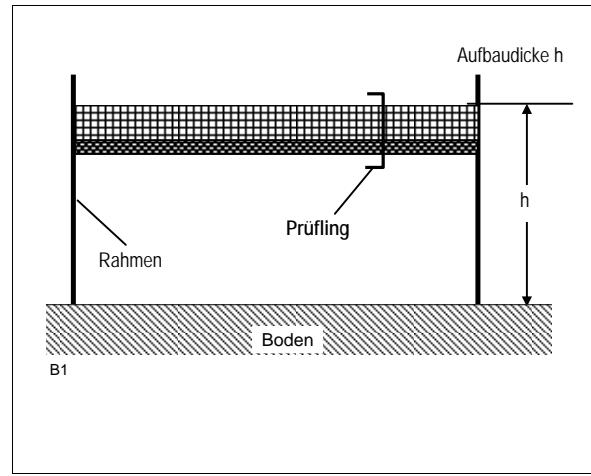
Messresultate (gem. ISO 354, ISO 11654)

Freq. [Hz]	T ₁	T ₂	α _s	α _{pi}	α _w
100	20.91	7.73	0.24		
125	18.19	6.49	0.29	0.30	
160	15.49	4.76	0.42		
200	12.10	2.69	0.84		
250	11.05	2.41	0.94	0.90	
315	9.70	2.26	0.98		
400	7.90	2.24	0.93		
500	8.28	2.48	0.82	0.85	
630	7.89	2.61	0.74		
800	7.52	2.74	0.67		
1'000	6.90	2.61	0.69	0.70	
1'250	5.95	2.34	0.75		
1'600	5.33	2.25	0.74		
2'000	4.66	2.08	0.77	0.75	
2'500	4.14	1.97	0.77		
3'150	3.56	1.82	0.78		
4'000	2.95	1.60	0.83	0.85	
5'000	2.36	1.36	0.90		

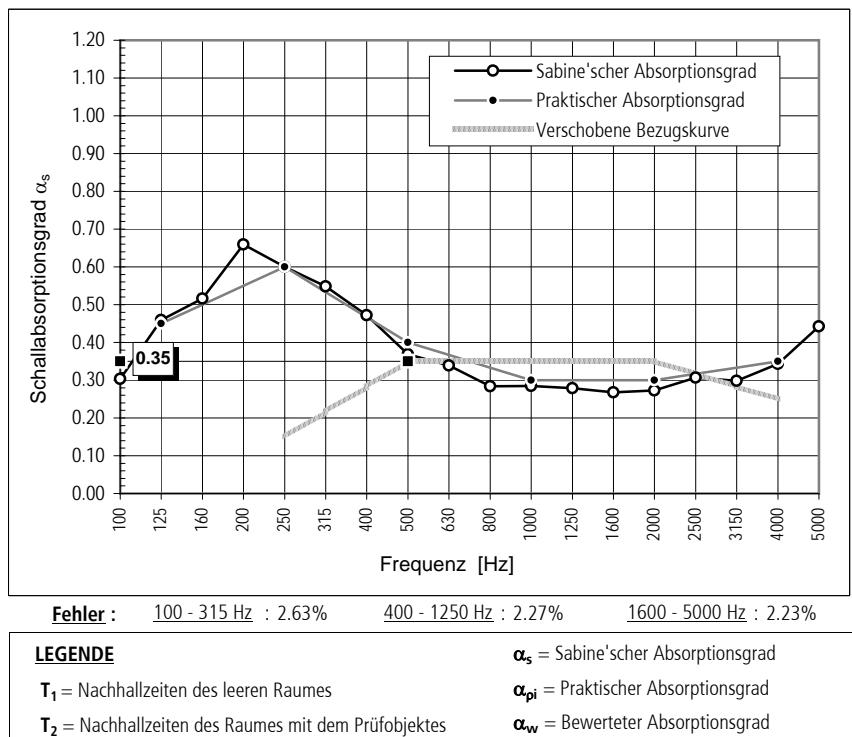


MESSPROTOKOLL DER SCHALLABSORPTION (ISO 354, ISO 11654)
Prüflingangaben

Hersteller	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Hettwil		
Produktnamen	Akustibohr R8/32/32/P		
Bemerkungen, Konfiguration	diverse Akustibohr Trägerplatte: MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035 Aufbauhöhe $h = 190$ mm (16 mm Materialdicke + 30 mm Isolation + 144 mm Luftspalt)		
Aufbau (gem. ISO 354/Amd 1:1997)	Typ E-190	Anzahl Messungen	3 pro Mikrofon
Musterfläche	$3.98 \times 2.99 = 11.88 \text{ m}^2$	Anzahl Mikrofone	10
Temperatur	22.4 °C	Akustisches Signal	Weisses Rauschen
Relative Feuchtigkeit	45.6 % rel.	Leerraummessung	Interpolierte Werte
Hallraumvolumen	214.3 m³	EEC Auftrags Nr.	12648
Messung Nr. / Messdatum / Zeit	Nr. 15 / 06.05.2008 / 11h56'	Archivierungsdatei	WOOD0815.ABS

Prüflingsabbildung

Aufbauskizze

Messresultate (gem. ISO 354, ISO 11654)

Freq. [Hz]	T ₁	T ₂	α _s	α _{pi}	α _w	Klasse "D"
100	20.87	6.55	0.30		0.45	
125	18.13	4.68	0.46		0.52	
160	15.48	4.12	0.52		0.60	
200	12.08	3.22	0.66		0.60	
250	11.05	3.36	0.60		0.60	
315	9.71	3.42	0.55		0.40	
400	7.89	3.45	0.47		0.35	
500	8.27	4.03	0.37		0.35	
630	7.88	4.10	0.34		0.35	
800	7.52	4.33	0.28		0.35	
1'000	6.89	4.11	0.28		0.30	
1'250	5.94	3.78	0.28		0.30	
1'600	5.33	3.57	0.27		0.30	
2'000	4.66	3.24	0.27		0.30	
2'500	4.14	2.88	0.31		0.35	
3'150	3.57	2.61	0.30		0.35	
4'000	2.96	2.19	0.34		0.35	
5'000	2.37	1.74	0.44			



MESSPROTOKOLL DER SCHALLABSORPTION (ISO 354, ISO 11654)

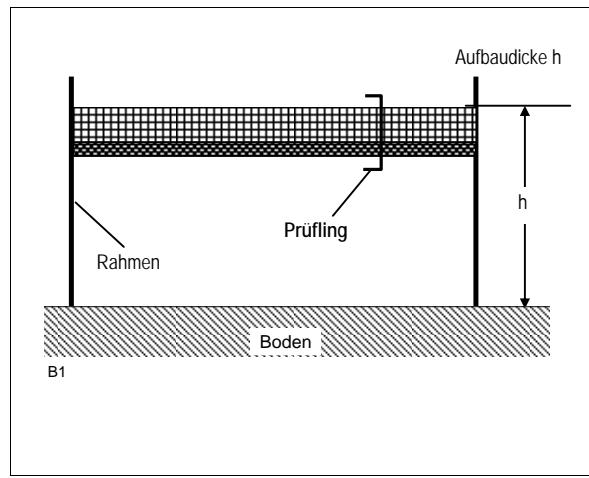
Prüflingangaben

Hersteller	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Hettwil		
Produktnamen	Akustibohr R12/32/32/P		
Bemerkungen, Konfiguration	diverse Akustibohr Trägerplatte: MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035 Aufbauhöhe $h = 190$ mm (16 mm Materialdicke + 30 mm Isolation + 144 mm Luftspalt)		
Aufbau (gem. ISO 354/Amd 1:1997)	Typ E-190	Anzahl Messungen	3 pro Mikrofon
Musterfläche	$3.98 \times 2.99 = 11.88 \text{ m}^2$	Anzahl Mikrofone	10
Temperatur	22.5 °C	Akustisches Signal	Weisses Rauschen
Relative Feuchtigkeit	46.7 % rel.	Leerraummessung	Interpolierte Werte
Hallraumvolumen	214.3 m³	EEC Auftrags Nr.	12648
Messung Nr. / Messdatum / Zeit	Nr. 16 / 06.05.2008 / 13h19'	Archivierungsdatei	WOOD0816.ABS

Prüflingsabbildung

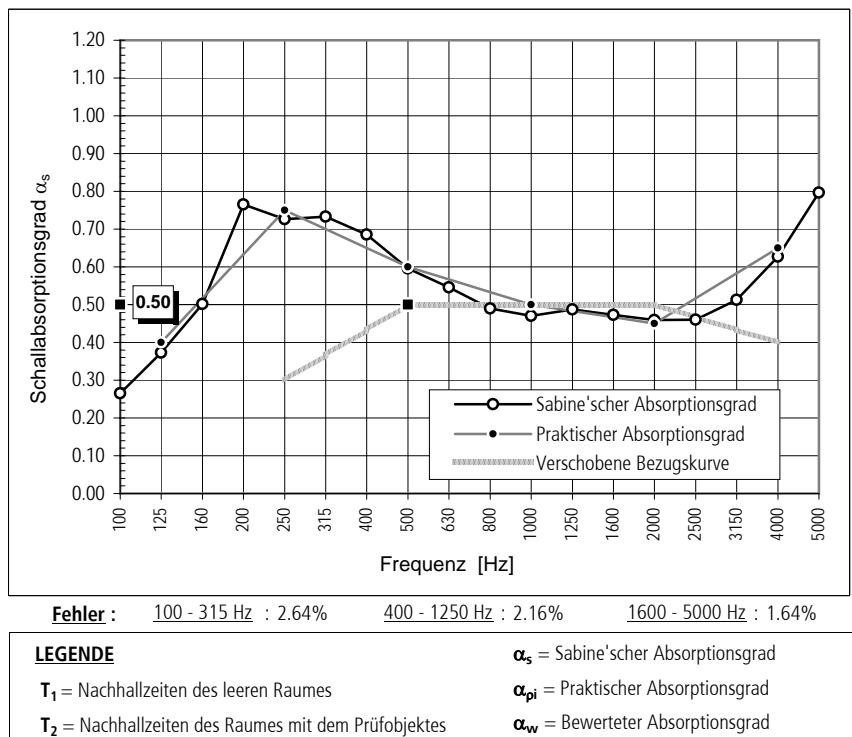


Aufbauskizze



Messresultate (gem. ISO 354, ISO 11654)

Freq. [Hz]	T ₁	T ₂	α_s	α_{pi}	α_w
100	20.80	7.16	0.27		
125	18.03	5.43	0.37	0.40	
160	15.44	4.20	0.50		
200	12.06	2.88	0.77		
250	11.06	2.93	0.73	0.75	
315	9.73	2.81	0.73		
400	7.88	2.75	0.69		
500	8.26	3.06	0.60	0.60	
630	7.87	3.17	0.55		
800	7.52	3.31	0.49		
1'000	6.88	3.25	0.47	0.50	
1'250	5.94	2.97	0.49		
1'600	5.33	2.85	0.47		
2'000	4.66	2.68	0.46	0.45	
2'500	4.15	2.50	0.46		
3'150	3.58	2.19	0.51		
4'000	2.98	1.81	0.63	0.65	
5'000	2.38	1.44	0.80		

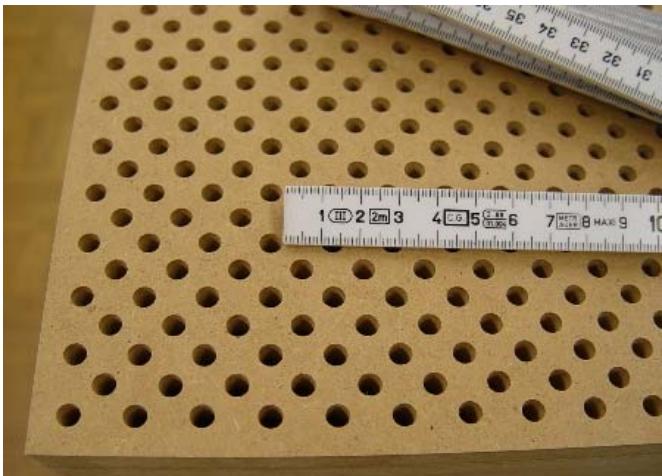


MESSPROTOKOLL DER SCHALLABSORPTION (ISO 354, ISO 11654)

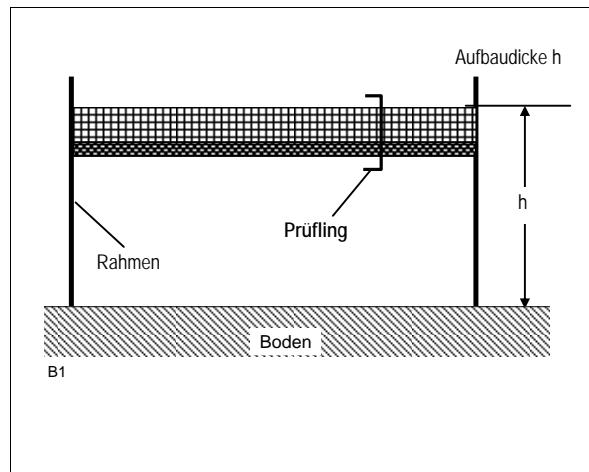
Prüflingangaben

Hersteller	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Hettwil		
Produktnamen	Akustibohr R6/16/8/V		
Bemerkungen, Konfiguration	diverse Akustibohr Trägerplatte: MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035 Aufbauhöhe $h = 190$ mm (16 mm Materialdicke + 30 mm Isolation + 144 mm Luftspalt)		
Aufbau (gem. ISO 354/Amd 1:1997)	Typ E-190	Anzahl Messungen	3 pro Mikrofon
Musterfläche	$3.98 \times 2.99 = 11.88 \text{ m}^2$	Anzahl Mikrofone	10
Temperatur	22.5 °C	Akustisches Signal	Weisses Rauschen
Relative Feuchtigkeit	46.6 % rel.	Leerraummessung	Interpolierte Werte
Hallraumvolumen	214.3 m³	EEC Auftrags Nr.	12648
Messung Nr. / Messdatum / Zeit	Nr. 17 / 06.05.2008 / 13h52'	Archivierungsdatei	WOOD0817.ABS

Prüflingsabbildung

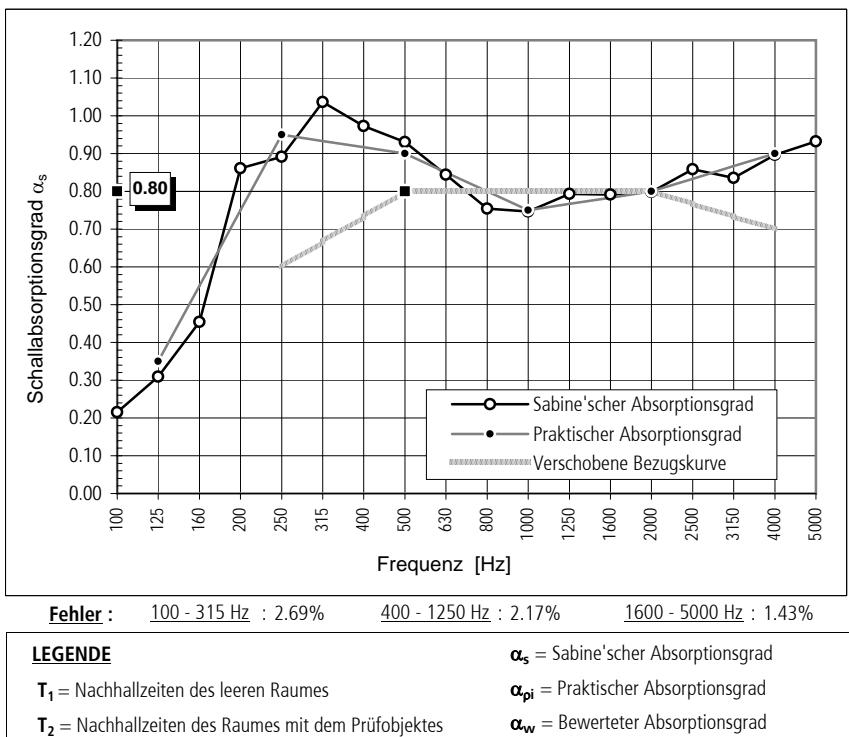


Aufbauskizze



Messresultate (gem. ISO 354, ISO 11654)

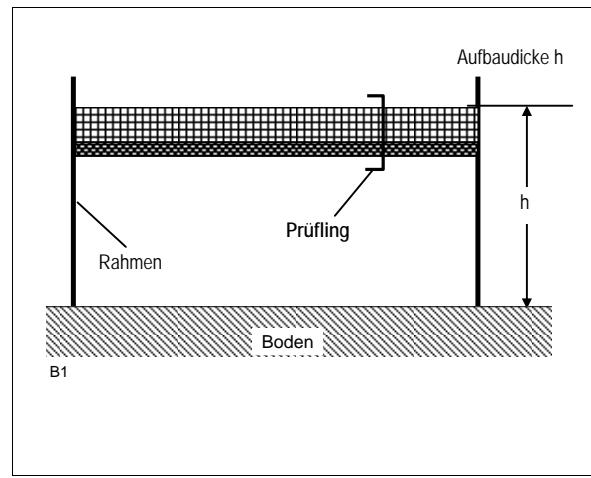
Freq. [Hz]	T ₁	T ₂	α _s	α _{pi}	α _w
100	20.79	8.16	0.22		
125	18.02	6.16	0.31	0.35	
160	15.42	4.51	0.45		
200	12.06	2.63	0.86		
250	11.05	2.51	0.89	0.95	
315	9.73	2.17	1.04		
400	7.88	2.16	0.97		
500	8.25	2.26	0.93	0.90	
630	7.88	2.39	0.84		
800	7.51	2.54	0.75		
1'000	6.88	2.48	0.75	0.75	
1'250	5.94	2.26	0.79		
1'600	5.34	2.17	0.79		
2'000	4.66	2.04	0.80	0.80	
2'500	4.14	1.86	0.86		
3'150	3.57	1.76	0.84		
4'000	2.98	1.55	0.90	0.90	
5'000	2.39	1.35	0.93		



MESSPROTOKOLL DER SCHALLABSORPTION (ISO 354, ISO 11654)
Prüflingangaben

Hersteller	Woodwork AG, Industriestrasse 8, CH-4950 Hettwil		
Produktnamen	Akustibohr Front R1.2/8/8/P Rückseite R5/8/8/P		
Bemerkungen, Konfiguration	diverse Akustibohr Trägerplatte: MDF 16 mm, Akustikvlies, mit 30 mm Isolation Caruso WLG035 Aufbauhöhe $h = 190$ mm (16 mm Materialdicke + 30 mm Isolation + 144 mm Luftspalt)		
Aufbau (gem. ISO 354/Amd 1:1997)	Typ E-190	Anzahl Messungen	3 pro Mikrofon
Musterfläche	$3.98 \times 2.99 = 11.88 \text{ m}^2$	Anzahl Mikrofone	10
Temperatur	22.5 °C	Akustisches Signal	Weisses Rauschen
Relative Feuchtigkeit	46.5 % rel.	Leerraummessung	Interpolierte Werte
Hallraumvolumen	214.3 m³	EEC Auftrags Nr.	12648
Messung Nr. / Messdatum / Zeit	Nr. 18 / 06.05.2008 / 14h24'	Archivierungsdatei	WOOD0818.ABS

Prüflingsabbildung

Aufbauskizze

Messresultate (gem. ISO 354, ISO 11654)

Freq. [Hz]	T_1	T_2	α_s	α_{pi}	α_w
100	20.78	6.85	0.28		
125	18.00	4.63	0.46	0.40	
160	15.39	4.06	0.53		
200	12.06	2.84	0.78		
250	11.05	2.89	0.74	0.75	
315	9.73	2.80	0.74		
400	7.88	2.95	0.61		
500	8.25	3.43	0.49	0.50	
630	7.88	3.65	0.43		
800	7.51	3.91	0.36		
1'000	6.87	3.86	0.33	0.30	
1'250	5.94	3.81	0.27		
1'600	5.34	3.73	0.23		
2'000	4.65	3.56	0.19	0.20	
2'500	4.14	3.33	0.17		
3'150	3.57	2.94	0.17		
4'000	2.99	2.57	0.16	0.15	
5'000	2.39	2.13	0.15		

