

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

www.empa.ch

Steinbruch Mellikon AG
Industriegebiet
CH-5465 Mellikon

Prüfbericht Nr. 5214.010986

Prüfauftrag: **Luftschalldämmung und Schallabsorption**
Auftraggeber: Steinbruch Mellikon AG, CH-5465 Mellikon
Prüfobjekt: **verschiedene Varianten von Steinkorb-Lärmschutzwänden, gefüllt mit Jurakalk Schotter**
Ihr Auftrag vom: 21.10.2015
Ausführung der Prüfung: 26./ 27./ 28.10.2015 / 26./27.01.2016
Anzahl Seiten: 21

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Abteilung Akustik
Dübendorf, 6. April 2016

Prüfleiter:
M. Würzer

Abteilungsleiter:
K. Eggenschwiler



STS 0068

Inhalt

1	Auftrag.....	3
2	Hinweise zu den Messungen.....	3
2.1	Luftschalldämmung.....	3
2.2	Schallabsorption.....	3
3	Durchgeführte Messungen der Luftschalldämmung.....	4
3.1	FS-Transmissionsperre Typ 7.....	4
3.2	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm (150 + 250 mm), Dämmung 65 mm.....	5
4	Durchgeführte Messungen der Schallabsorption.....	6
4.1	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm, 200 mm, Dämmung 65 mm.....	6
4.2	Steinkorb - Schotter Jurakalk 70-120/140 mm, 300 mm, Dämmung 18 mm.....	7
4.3	Steinkorb - Schotter Jurakalk 70-120/140 mm, 300 mm, Dämmung 65 mm.....	8
4.4	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60mm, 150 mm, Dämmung 65 mm.....	9
5	Messung der Luftschalldämmung.....	10
6	Messung des Schallabsorptionsgrads α_s im Hallraum.....	12
7	Messdatenblätter, Luftschalldämmung gemessen im Labor.....	14
7.1	FS-Transmissionsperre Typ 7.....	15
7.2	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm (150 + 250 mm), Dämmung 65 mm.....	16
8	Messdatenblätter, Schallabsorptionsgrad Hallraum-Methode.....	17
8.1	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm, 200 mm, Dämmung 65 mm.....	18
8.2	Steinkorb - Schotter Jurakalk 70-120/140 mm, 300 mm, Dämmung 18 mm.....	19
8.3	Steinkorb - Schotter Jurakalk 70-120/140 mm, 300 mm, Dämmung 65 mm.....	20
8.4	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm, 150 mm, Dämmung 65 mm.....	21

1 Auftrag

Mit Schreiben vom 21.10.2015 erteilte die Firma Steinbruch Mellikon AG der Empa den Auftrag, Untersuchungen zur Luftschalldämmung sowie dem Schallabsorptionsgrad α_s an verschiedenen Varianten von Steinkorb-Lärmschutzwänden in den Labors der Empa durchzuführen.

2 Hinweise zu den Messungen

2.1 Luftschalldämmung

Die Luftschalldämmung im Labor wird nach der Norm EN ISO 10140 gemessen, welche die bisherige Norm EN ISO 140 ersetzt. Die sich daraus ergebenden Einzahlgrößen R_w , C und C_{tr} werden nach der Norm EN ISO 717-1 (2013) berechnet. Das Messverfahren ist im Abschnitt 4 beschrieben. In der internen Dokumentation SOP-177-1 (Nr. 1058), welche der Qualitätssicherung untersteht, sind die Details des Messverfahrens sowie die Eigenschaften der Prüfstände, die verwendeten Messgeräte und die Kalibrationsdaten festgehalten.

Die wesentlichen Details zum Prüfobjekt sind im Abschnitt 3.1 angegeben, und die Resultate folgen weiter hinten im Bericht. Massgebend sind die numerischen Angaben, die nur für das im EMPA-Prüfstand gemessene Objekt gültig sind. Die Ergebnisse können nicht unbesehen auf eine Serie übertragen werden. Die Messunsicherheit im Sinne einer Standardabweichung beträgt im verwendeten Prüfstand und mit den eingesetzten Messgeräten nach den bisherigen Erfahrungen ± 1 dB für R_w oder für die kombinierten Größen $R_w + C_{tr}$ bzw. $R_w + C$.

2.2 Schallabsorption

Die Messung, Auswertung und Bestimmung des Schallabsorptionsgrads α_s von absorbierenden Materialien beruhen auf der Norm EN ISO 354 (2003). Das Messverfahren ist im Abschnitt 5 beschrieben. Die Details des Messverfahrens, die Beschreibung des Hallraums, die Liste der verwendeten Messgeräte und ihre Kalibrationsdaten sind in der internen Dokumentation SOP-177-6 (Nr. 1059) festgehalten, welche der Qualitätssicherung untersteht.

Die wesentlichen Details zum Prüfobjekt sind im Abschnitt 3.2 angegeben und die Resultate folgen weiter hinten im Bericht. 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.

Die Messgenauigkeit im Sinne einer Standardabweichung beträgt für α_s mit den eingesetzten Messgeräten nach den bisherigen Erfahrungen in Abhängigkeit von der Frequenz: Tieftonbereich 100 - 250 Hz: $\pm 0,1$, Mitteltonbereich 315 - 800 Hz: $\pm 0,05$ Hochtonbereich 1000 - 5000 Hz: $\pm 0,02$.

3 Durchgeführte Messungen der Luftschalldämmung

3.1 FS-Transmissionsperre Typ 7

Kundenreferenz:	André Schärer		
Eingang des Prüfobjektes:	26.10.2015	Empa-Kennzeichnung:	10986_01.L
Einbau des Prüfobjektes:	26.10.2015	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	26.10.2015	Ausgeführt von:	M. Würzer

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
18	FS-Transmissionsperre Typ 7 (Randbereiche seitlich verstärkt mit Ausklinkungen) Oberfläche: strukturiert		~ 24
Dämmung, Materialzusammensetzung:			
<ul style="list-style-type: none">• EPDM• Reifengummi: NR und SBR mit den reifenspezifischen Zuschlagsstoffen• synthetischer Gummi• vlieskaschiertes weich Thermoplast fest verpresst, gebunden mit Polyurethan			
18	Gesamt		~ 24

Einbaubedingungen

Die Transmissionsperre wurde zur Messung in die Öffnung eines hochdämmenden Rahmens im Prüfstand 1/4 im Labor eingesetzt und an den Rändern beidseitig mit elastischem Kitt abgedichtet. Die Abmessung beträgt 1350 x 1540 mm.



Die Resultate sind im Abschnitt 7.1 angegeben.

3.2 Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm (150 + 250 mm), Dämmung 65 mm

Kundenreferenz:	André Schärer		
Eingang des Prüfobjektes:	26.10.2015	Empa-Kennzeichnung:	10986_03.L
Einbau des Prüfobjektes:	27.10.2015	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	27.10.2015	Ausgeführt von:	M. Würzer

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
150	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40 - 60 mm <ul style="list-style-type: none">Korbgrösse: 2000 x 1000 x 150 / 250 mm	~ 1497	~ 224
65	Dämmung, Materialzusammensetzung: <ul style="list-style-type: none">EPDMReifengummi: NR und SBR mit den reifenspezifischen Zuschlagsstoffensynthetischer Gummivlieskaschiertes weich Thermoplast gebunden mit Polyurethan		~ 40
0.75	<ul style="list-style-type: none">Feinblech Güte DX51D+Z150MA-C		
250	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40 - 60 mm	~ 1497	~ 374
480	Gesamt		~ 638

Einbaubedingungen

Die Steinkorb-Lärmschutzwand wurde zur Messung in die Öffnung eines hochdämmenden Rahmens im Prüfstand 1/4 im Labor montiert. Die seitlichen- und oberen Abschlüsse bildeten 2-schalige Holz-Adapter dessen Hohlräume mit Mineralwolle bedämpft wurden. Die Steinkörbe wurden auf Bohlenbretter gestellt. Rundumlaufend kamen Kompribänder zur Gewährleistung eines luftdichten Anschlusses zum Einsatz. Die Prüffläche beträgt 4000 x 2600 mm (10.4 m²).



Die Resultate sind im Abschnitt 7.2 angegeben.

4 Durchgeführte Messungen der Schallabsorption

4.1 Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm, 200 mm, Dämmung 65 mm

Kundenreferenz:	André Schärer		
Eingang des Prüfobjektes:	26.10.2015	Empa-Kennzeichnung:	10986_04.A
Einbau des Prüfobjektes:	28.10.2015	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	28.10.2015	Ausgeführt von:	M. Würzer

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
200	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40 - 60 mm <ul style="list-style-type: none">Korbgrösse: 2000 x 1000 x 200 mm Steinkorbgritter: 5/6 mm	~ 1497	~ 299
65	Dämmung, Materialzusammensetzung: <ul style="list-style-type: none">EPDMReifengummi: NR und SBR mit den reifenspezifischen Zuschlagsstoffensynthetischer Gummivlieskaschiertes weich Thermoplast gebunden mit Polyurethan		~ 40
0.75	<ul style="list-style-type: none">Feinblech Güte DX51D+Z150MA-C		
266	Gesamt		~ 339

Einbaubedingungen

Die Steinkorb-Lärmschutzwand wurde zur Messung auf den Boden des Hallraumes gelegt. Die Steinkörbe wurden auf die Dämmschicht gestellt. Die Abmessung beträgt 3000 x 4000 mm. Seitlich ist das absorbierende Material durch einen Holzrahmen abgedeckt.



Die Resultate sind im Abschnitt 8.1 angegeben.

4.2 Steinkorb - Schotter Jurakalk 70-120/140 mm, 300 mm, Dämmung 18 mm

Kundenreferenz: André Schärer

Eingang des Prüfobjektes: 26.01.2016 Empa-Kennzeichnung: 10986_08.A

Einbau des Prüfobjektes: 26.01.2016 Ausgeführt von: Auftraggeber

Ausführung der Prüfung: 26.01.2016 Ausgeführt von: M. Würzer

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
300	Steinkorb - Schotter Jurakalk 70 - 120/140 mm <ul style="list-style-type: none"> Korbgrösse: 1000 x 1000 x 300 mm 	~ 1463	~ 438
18	Dämmung, EPDM, Materialzusammensetzung: <ul style="list-style-type: none"> Reifengummi: NR und SBR mit den reifenspezifischen Zuschlagsstoffen synthetischer Gummi vlieskaschiertes weich Thermoplast fest verpresst, gebunden mit Polyurethan 		~ 24
318	Gesamt		~ 462

Einbaubedingungen

Die Steinkorb-Lärmschutzwand wurde zur Messung auf den Boden des Hallraumes gelegt. Die Steinkörbe wurden auf die Dämmschicht gestellt. Die Abmessung beträgt 3000 x 4000 mm. Seitlich ist das absorbierende Material durch einen Holzrahmen abgedeckt.



Die Resultate sind im Abschnitt 8.2 angegeben.

4.3 Steinkorb - Schotter Jurakalk 70-120/140 mm, 300 mm, Dämmung 65 mm

Kundenreferenz:	André Schärer		
Eingang des Prüfobjektes:	26.01.2016	Empa-Kennzeichnung:	10986_09.A
Einbau des Prüfobjektes:	26.01.2016	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	26.01.2016	Ausgeführt von:	M. Würzer

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
300	Steinkorb - Schotter Jurakalk 70 - 120/140 mm • Korbgrösse: 1000 x 1000 x 300 mm	~ 1463	~ 438
65	Dämmung, EPDM, Materialzusammensetzung: • Reifengummi: NR und SBR mit den reifenspezifischen Zuschlagsstoffen • synthetischer Gummi • vlieskaschiertes weich Thermoplast fest verpresst, gebunden mit Polyurethan	~ 540	~ 35.1
365	Gesamt		~ 473.1

Einbaubedingungen

Die Steinkorb-Lärmschutzwand wurde zur Messung auf den Boden des Hallraumes gelegt. Die Steinkörbe wurden auf die Dämmschicht gestellt. Die Abmessung beträgt 3000 x 4000 mm. Seitlich ist das absorbierende Material durch einen Holzrahmen abgedeckt.



Die Resultate sind im Abschnitt 8.3 angegeben.

4.4 Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60mm, 150 mm, Dämmung 65 mm

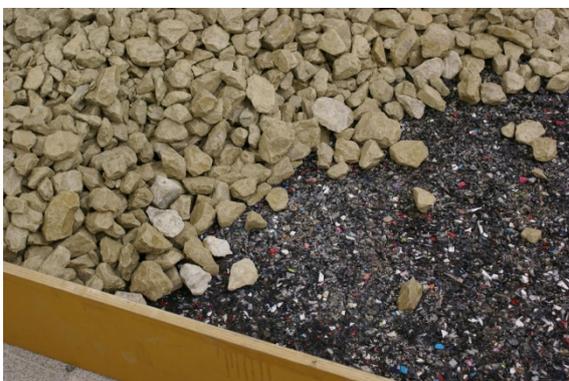
Kundenreferenz:	André Schärer		
Eingang des Prüfobjektes:	26.01.2016	Empa-Kennzeichnung:	10986_10.A
Einbau des Prüfobjektes:	27.01.2016	Ausgeführt von:	Auftraggeber
Ausführung der Prüfung:	27.01.2016	Ausgeführt von:	M. Würzer

Aufbau

Dicke [mm]	Produktebezeichnung	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
~ 150	Steinkorb - Schotter Jurakalk 40 - 60mm Schotterbett: 150 mm	~ 1497	~ 224
65	Dämmung, EPDM, Materialzusammensetzung: <ul style="list-style-type: none">• Reifengummi: NR und SBR mit den reifenspezifischen Zuschlagsstoffen• synthetischer Gummi• vlieskaschiertes weich Thermoplast fest verpresst, gebunden mit Polyurethan	~ 540	~ 35.1
215	Gesamt		~ 259

Einbaubedingungen

Die Steinkorb-Lärmschutzwand wurde zur Messung auf den Boden des Hallraumes gelegt. Die Steinkörbe wurden auf die Dämmschicht gestellt. Die Abmessung beträgt 3000 x 4000 mm. Seitlich ist das absorbierende Material durch einen Holzrahmen abgedeckt.



Die Resultate sind im Abschnitt 8.4 angegeben.

5 Messung der Luftschalldämmung

In diesem Abschnitt wird das Messverfahren der Luftschalldämmung beschrieben.

Messung im Prüfstand nach der Norm EN ISO 10140

Das zu prüfende Bauteil wird zwischen zwei Räumen eingebaut. Die Räume entsprechen den Anforderungen von EN ISO 10140-5 für Prüfräume mit baulicher Trennung zwischen Sende- und Empfangsraum, damit die Messergebnisse nicht durch Flankenübertragungen beeinflusst werden. Im Senderaum wird mit einem bewegten Lautsprecher ein Breitbandrauschen mit ausgeglichenem Terzbandspektrum erzeugt. Sowohl im Sende- als auch im Empfangsraum werden mit Drehmikrofonen die energetischen Mittelwerte der Schallpegel gemessen und daraus die Schallpegeldifferenz D gebildet. Die Messungen erfolgen mit einem zweikanaligen Terzbandanalysator im Frequenzbereich von 100 Hz bis 5000 Hz, wobei die Terzbänder 50, 63 und 80 Hz in der Regel zur Information mitgemessen werden. Der Einfluss des Grundgeräusches auf den Empfangspegel wird überwacht. Der Einfluss der Absorption im Empfangsraum wird über die Nachhallzeiten erfasst, welche an acht festen Positionen des Drehmikrophons gemessen und arithmetisch gemittelt werden.

In den Prüfständen der EMPA erfolgt die Untersuchung in der Regel in beiden Übertragungsrichtungen. Das Ergebnis im Prüfbericht ist der energetische Mittelwert aus den Schalldämmmassen R von beiden Messrichtungen.

Bei sehr guten Schalldämmungen kann der gemessene Wert durch die Nebenwegübertragungen des Prüfstandes begrenzt werden. Ist dies in einer Terz der Fall, so wird das Zeichen $>$ (grösser als) vor den Wert gesetzt als Hinweis, dass der wahre Wert möglicherweise grösser ist als der gemessene. In der Grafik wird in diesem Falle auch die maximale Schalldämmung des Prüfstandes R'_{\max} angegeben.

Bewertung

Die Bewertung erfolgt nach der Norm EN ISO 717-1 (2013)

Als Kennzeichnung für die Luftschalldämmung von Bauteilen wird das bewertete Schalldämmmass R_w und die Spektrums-Anpassungswerte C und C_{tr} verwendet. Die Berechnung dieser Einzahlangaben erfolgt nach den Vorschriften von EN ISO 717-1.

**Die Luftschalldämmung eines Bauteils ist umso besser,
je grösser der Wert des bewerteten Schalldämmmasses R_w ,
bzw. von „ $R_w + C$ “ oder „ $R_w + C_{tr}$ “ ist.**

Die **Spektrums-Anpassungswerte C und C_{tr}** qualifizieren die Eignung des Bauteils in Bezug auf spezifische Lärmeinwirkungen. Der Wert C liefert eine Zusatzinformation bezüglich der Eignung des Bauteils bei Störungen mit ausgeglichenem Frequenzspektrum wie z.B. Wohnlärm, Eisenbahnlärm, Lärm von Kinderspielplätzen usw., und der C_{tr} - Wert liefert eine Zusatzinformation für Störungen mit dominantem Tieftonanteil wie z.B. Strassenlärm mit hohem Lastwagenanteil, Fluglärm, Störungen von Diskotheken usw. Die Zahlenwerte von C und C_{tr} liegen meistens zwischen 0 und -10 dB. Der Frequenzverlauf der Schalldämmung ist umso günstiger, je weniger negativ der Wert von C bzw. C_{tr} ist (d.h. -1 ist besser als -3).

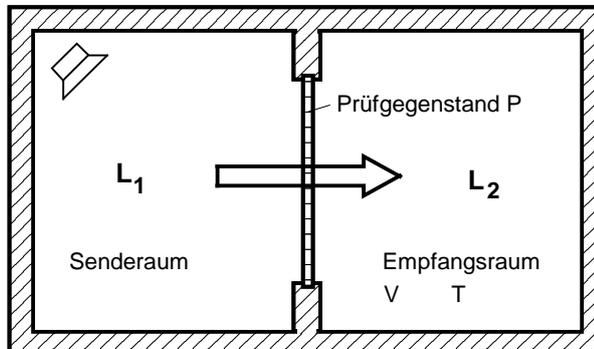
Lärmschutzwände

Für Lärmschutzwände wird nach der Norm EN 1793 „Lärmschutzeinrichtungen an Strassen“ in einer Zusatzauswertung mit Hilfe der gemessenen Luftschalldämmung R der Einzahl-Wert DL_R berechnet. Darauf basierend erfolgt eine Einteilung in eine der Gruppen B0 bis B3.

Messung im Prüfstand

Massgebende Normen: Messverfahren EN ISO 10140-2 (2010)
 Bewertungsverfahren EN ISO 717-1 (2013)

Prüfanordnung:



Prüfgegenstand	P	
Fläche des Prüfgegenstandes	S	m ²
Senderraum		
- Energetisch gemittelter Sendepiegel	L ₁	dB *
Empfangsraum		
- Energetisch gemittelter Empfangspegel	L ₂	dB *
- Nachhallzeit	T	s *
- Volumen	V	m ³
- Äquivalente Schallabsorptionsfläche	$A = 0.16 \cdot \frac{V}{T}$	m ² *
Schallpegeldifferenz zwischen den Räumen	$D = L_1 - L_2$	dB *
Schalldämmmass des Prüfgegenstandes P	$R = D + 10 \lg \frac{S}{A}$	dB *
Bewertetes Schalldämmmass des Prüfgegenstandes P	R_w	dB
Spektrum-Anpassungswerte (nach EN ISO 717-1)	C und C_{tr}	dB

* Werte pro Terzband (50 bzw. 100Hz - 5000 Hz)

6 Messung des Schallabsorptionsgrads α_s im Hallraum

In diesem Abschnitt wird das Messverfahren für die Schallabsorption beschrieben

Grundlage

Norm EN ISO 354 (2003) „Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen“, wobei die Messverfahren adoptiert wurden auf Grund der Norm EN ISO 18233 (2006) „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 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.

Für gewisse Anwendungen ist es sinnvoll, zusätzlich arithmetische Mittelwerte über bestimmte Frequenzbereiche anzugeben.

Bedeutung

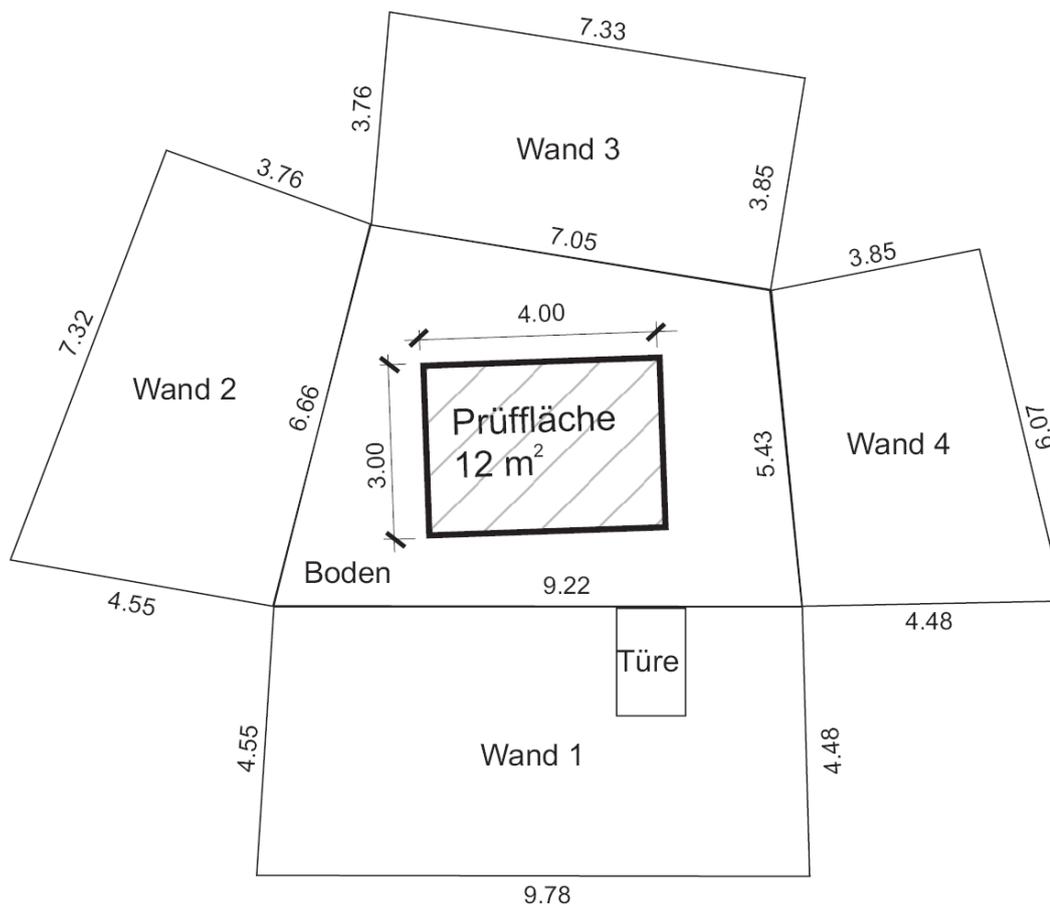
Das Schallabsorptionsvermögen eines Materials ist umso besser, je grösser α_s ist. Bei der Hallraummethode können Absorptionsgrade grösser als 1 auftreten. Es ist daher wichtig, diese mit dem Index s (für statistischer Schalleinfall) gekennzeichnete Grösse klar von anderen Grössen zu unterscheiden, welche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

Die Norm **EN 1793-1** (1997) „Lärmschutzeinrichtungen an Strassen“ definiert Klassierungen für Lärmschutzwände.

Abwicklung des Empa-Hallraums



Abmessungen

Kleinste Längenabmessung:	3.76 m	Boden:	48.2 m ²
Grösste Raumdiagonale:	11.50 m	Decke:	56.2 m ²
Türöffnung:	1.20 x 2.00 m	Wand 1:	42.8 m ²
		Wand 2:	28.9 m ²
		Wand 3:	27.4 m ²
		Wand 4:	23.6 m ²

Volumen des Hallraums: 215 m³

Summe der innern Oberflächen: 227 m²

Plexiglas - Reflektoren: Summe aller einseitigen Flächen: 31 m²

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

7 Messdatenblätter, Luftschalldämmung gemessen im Labor

7.1 FS-Transmissionsperre Typ 7

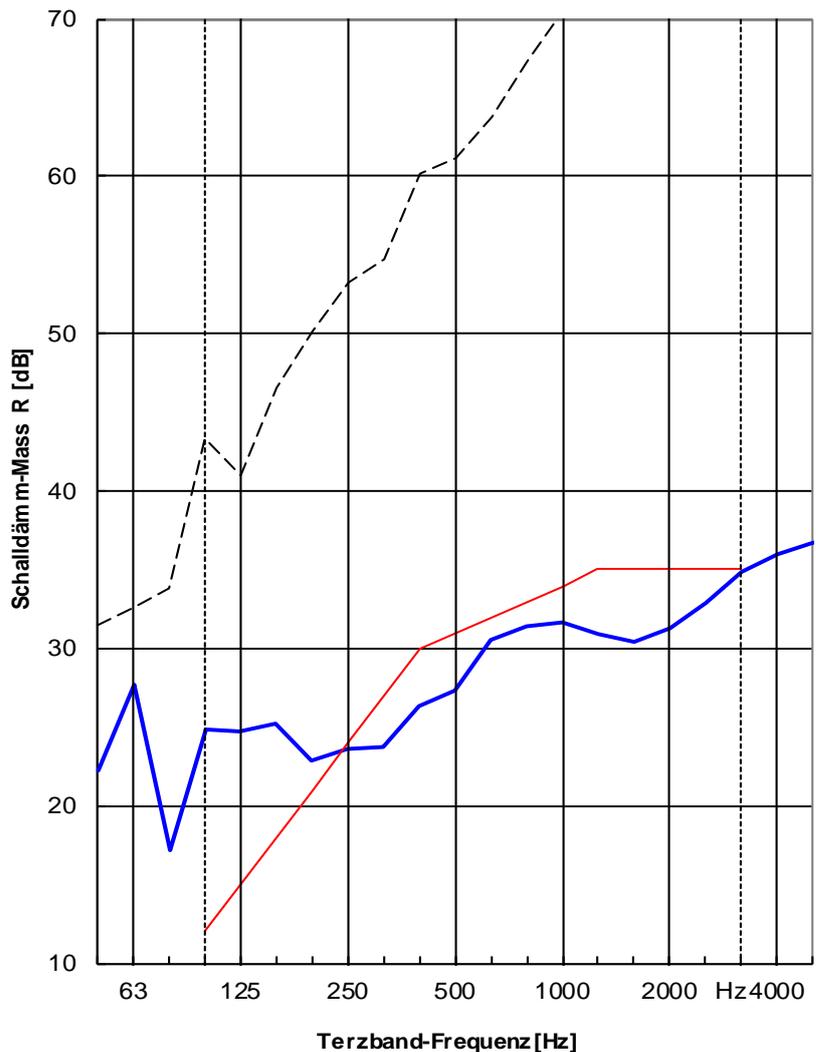
Gegenstand: FS-Transmissionsperre Typ 7

Messung Empa, Schallhaus, Prüfräume 1 / 4 Volumen: 101 / 73 m³
 Temperatur: 25.8°C rel. Luftfeuchtigkeit: 37 % Luftdruck: 967 hPa
 Dicke: 18 mm Prüffläche: 1.9 m² **Datum: 26.10.2015**

**R_w(C ; C_{tr}) =
 31 (-1 ; -2) dB**

R_w + C_{tr} = 29 dB R_w + C_{tr,50-315} = 28 dB R_w + C_{tr,50-500} = 28 dB
 R_w + C = 30 dB R_w + C₅₀₋₃₁₅₀ = 30 dB R_w + C₅₀₋₅₀₀₀ = 31 dB

Frequenz f [Hz]	R Terz [dB]
50	> 22.3
63	> 27.7
80	17.2
100	24.9
125	24.7
160	25.2
200	22.9
250	23.6
315	23.7
400	26.3
500	27.3
630	30.5
800	31.4
1000	31.6
1250	30.9
1600	30.4
2000	31.3
2500	32.9
3150	34.9
4000	36.0
5000	36.7



EN 1793-2; Gruppe B3
DL_R = 29

Auswertung: EN ISO 717-1 (2011)
 Messmethode: EN ISO 10140 (2010)
 Prüfschall: Breitbandrauschen
 Empfang: Terzbandfilter
 > : Limitierung durch R_wmax oder Grundgeräusch

— Verschiebene Bezugskurve
 - - - - R_wmax: max. Luftschalldämmung des Prüfstands



7.2 Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm (150 + 250 mm), Dämmung 65 mm

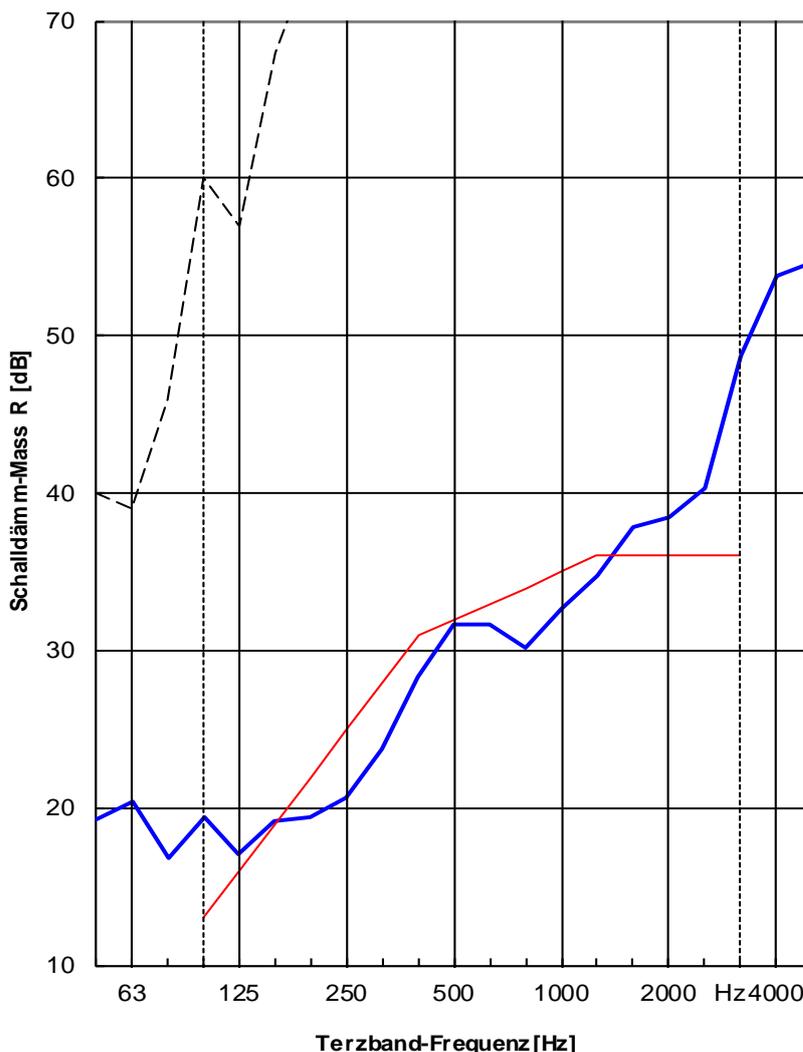
Gegenstand: Steinkorb-Lärmschutzwand, Jurakalk 40 - 60 mm, (150+250 mm), Dämmung 65 mm

Messung Empa, Schallhaus, Prüfräume 1 / 4 Volumen: 101 / 73 m³
 Temperatur: 25.3°C rel. Luftfeuchtigkeit: 37 % Luftdruck: 967 hPa
 Dicke: 500 mm Prüffläche: 10.4 m² **Datum: 27.10.2015**

**R_w(C ; C_{tr}) =
 32 (-1 ; -4) dB**

R_w + C_{tr} = 28 dB R_w + C_{tr,50-315} = 27 dB R_w + C_{tr,50-500} = 27 dB
 R_w + C = 31 dB R_w + C₅₀₋₃₁₅₀ = 31 dB R_w + C₅₀₋₅₀₀₀ = 32 dB

Frequenz f [Hz]	R Terz [dB]
50	19.3
63	20.4
80	16.8
100	19.4
125	17.0
160	19.1
200	19.4
250	20.7
315	23.7
400	28.3
500	31.7
630	31.6
800	30.2
1000	32.6
1250	34.7
1600	37.8
2000	38.4
2500	40.3
3150	48.7
4000	53.8
5000	54.7



EN 1793-2; Gruppe B3
DL_R = 28

Auswertung: EN ISO 717-1 (2011)
 Messmethode: EN ISO 10140 (2010)
 Prüfschall: Breitbandrauschen
 Empfang: Terzbandfilter
 > : Limitierung durch R'max oder Grundgeräusch

— Verschobene Bezugskurve
 - - - - R'max: max. Luftschalldämmung des Prüfstands



8 Messdatenblätter, Schallabsorptionsgrad Hallraum-Methode

8.1 Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm, 200 mm, Dämmung 65 mm

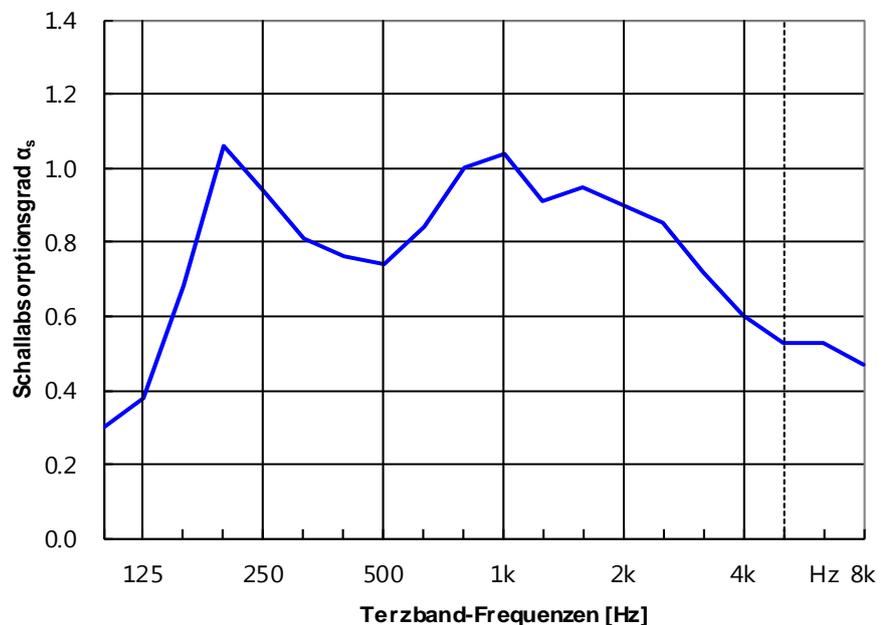
Gegenstand: Steinkorb-Lärmschutzwand Jurakalk 40 - 60 mm, 200 mm, Dämmung 65 mm

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.30
125	0.38
160	0.68
200	1.06
250	0.94
315	0.81
400	0.76
500	0.74
630	0.84
800	1.00
1000	1.04
1250	0.91
1600	0.95
2000	0.90
2500	0.85
3150	0.72
4000	0.60
5000	0.53
6300	0.53
8000	0.47

Messung Hallraum Empa Dübendorf, Volumen V: 215 m³ **Datum: 28.10.2015**

Temperatur: 20.7°C, relative Luftfeuchtigkeit 65.6 %

Probengrösse: 4000 x 3000 mm Prüffläche S: 12.0 m²



Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : **0.80 (L)**

α_p : 250 Hz: 0.95 500 Hz: 0.80 1000Hz: 1.00 2000Hz: 0.90 4000Hz: 0.60

Messung: EN ISO 354 (2003)

EN 1793-1; Gruppe A3 $DL_a = 9$

MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

8.2 Steinkorb - Schotter Jurakalk 70-120/140 mm, 300 mm, Dämmung 18 mm

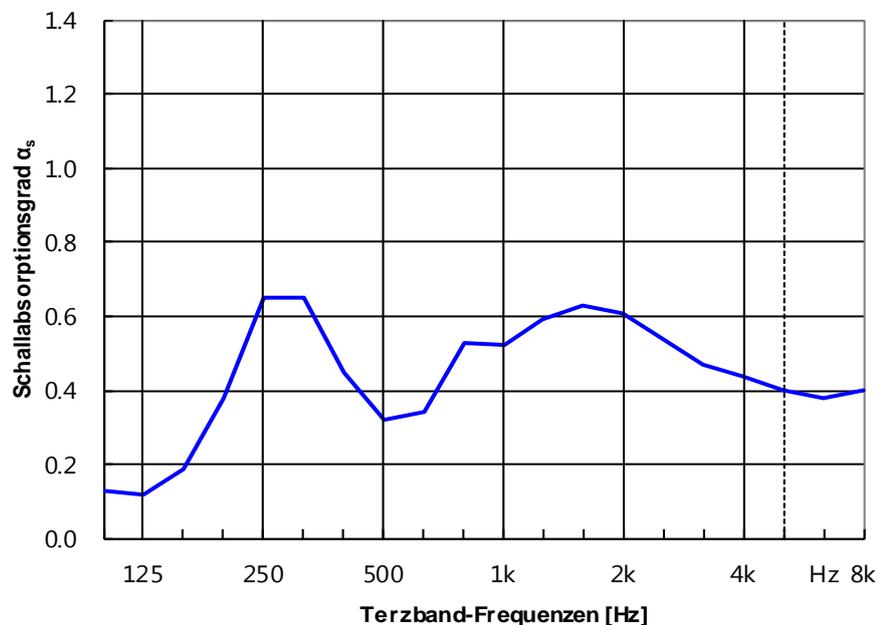
Gegenstand: Steinkorb-Lärmschutzwand Jurakalk 70 - 120/140 mm, 300 mm, Dämmung 18 m

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.13
125	0.12
160	0.19
200	0.38
250	0.65
315	0.65
400	0.45
500	0.32
630	0.34
800	0.53
1000	0.52
1250	0.59
1600	0.63
2000	0.61
2500	0.54
3150	0.47
4000	0.44
5000	0.40
6300	0.38
8000	0.40

Messung Hallraum Empa Dübendorf, Volumen V: 215 m³ **Datum: 26.01.2016**

Temperatur: 20.4°C, relative Luftfeuchtigkeit 57.5 %

Probengrösse: 4000 x 3000 mm Prüffläche S: 12.0 m²



Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : **0.45 (L)**

α_p : 250 Hz: 0.55 500 Hz: 0.35 1000Hz: 0.55 2000Hz: 0.60 4000Hz: 0.45

Messung: EN ISO 354 (2003)

EN 1793-1; Gruppe A1 $DL_a = 3$

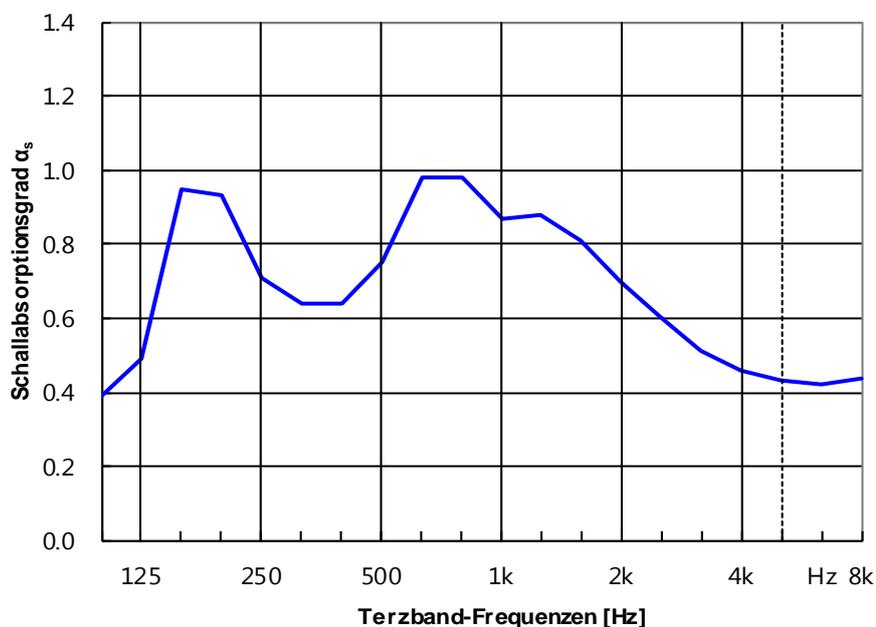
MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

8.3 Steinkorb - Schotter Jurakalk 70-120/140 mm, 300 mm, Dämmung 65 mm

Gegenstand: Steinkorb-Lärmschutzwand Jurakalk 70 - 120/140 mm, 300 mm, Dämmung 65 mm

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.39
125	0.49
160	0.95
200	0.93
250	0.71
315	0.64
400	0.64
500	0.75
630	0.98
800	0.98
1000	0.87
1250	0.88
1600	0.81
2000	0.70
2500	0.60
3150	0.51
4000	0.46
5000	0.43
6300	0.42
8000	0.44

Messung Hallraum Empa Dübendorf, Volumen V: 215 m³ **Datum: 26.01.2016**
 Temperatur: 20.5°C, relative Luftfeuchtigkeit 59.1 %
 Probengrösse: 4000 x 3000 mm Prüffläche S: 12.0 m²



Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : **0.65 (LM)**

α_p : 250 Hz: 0.75 500 Hz: 0.80 1000Hz: 0.90 2000Hz: 0.70 4000Hz: 0.45

Messung: EN ISO 354 (2003)

EN 1793-1; Gruppe A2 $DL_a = 7$

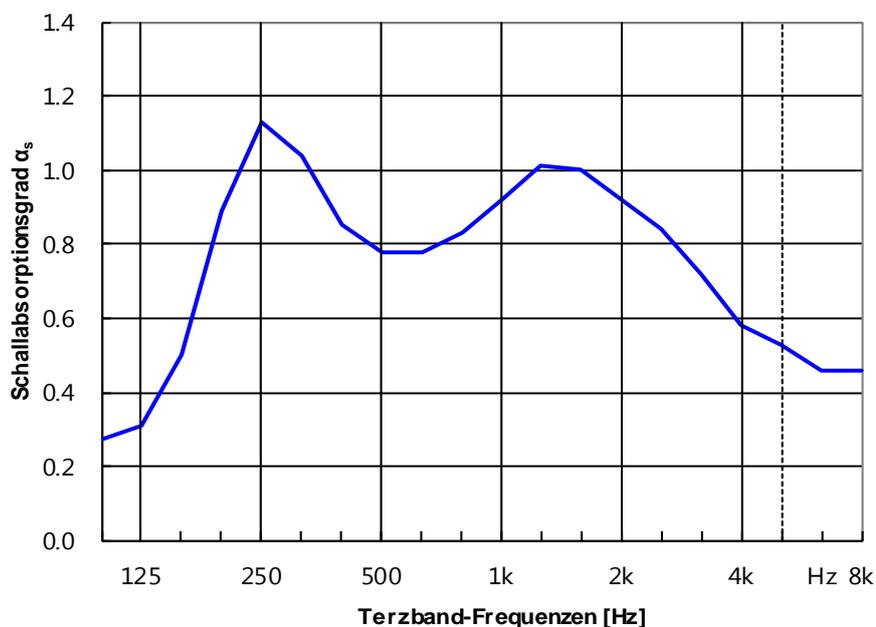
MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort

8.4 Steinkorb - Schotter Jurakalk 40-60 mm, 150 mm, Dämmung 65 mm

Gegenstand: Steinkorb-Lärmschutzwand Jurakalk 40 - 60 mm, 150 mm, Dämmung 65 mm

Frequenz f [Hz]	α_s Terzen
100	0.27
125	0.31
160	0.50
200	0.89
250	1.13
315	1.04
400	0.85
500	0.78
630	0.78
800	0.83
1000	0.92
1250	1.01
1600	1.00
2000	0.92
2500	0.84
3150	0.72
4000	0.58
5000	0.53
6300	0.46
8000	0.46

Messung Hallraum Empa Dübendorf, Volumen V: 215 m³ **Datum: 27.01.2016**
 Temperatur: 20.5°C, relative Luftfeuchtigkeit 60.8 %
 Probengrösse: 4000 x 3000 mm Prüffläche S: 12.0 m²



Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : **0.80 (L)**

α_p : 250 Hz: 1.00 500 Hz: 0.80 1000Hz: 0.90 2000Hz: 0.90 4000Hz: 0.60

Messung: EN ISO 354 (2003)

EN 1793-1; Gruppe A3 $DL_a = 9$

MLS-Messung; Terzbandfilter; T20 aus integrierter Impulsantwort