

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle
für Prüfung, Überwachung und Zer-
tifizierung
Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile
und Bauarten
Forschung, Entwicklung, Demonstra-
tion und Beratung auf den Gebieten
der Bauphysik

Institutsleitung
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

Messbericht S 10741

Messungen der Trittschallpegel von Treppen- podesten mit verschiedenen Treppenlagern; CRET®Silent® und RIBA®Silent®

Auftraggeber:

F.J. Aschwanden AG
Grenzstrasse 24
CH-3250 Lyss,
Switzerland

Stuttgart,
6. Oktober 2015

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Prüfaufbau	3
2.1	Prüfstand.....	4
2.2	Messgeräte.....	4
2.3	Prüfgegenstände	5
2.4	Einbausituation bei CRET Silent Produkten	5
2.5	Einbausituation bei RIBA Silent	6
3	Prüfverfahren	7
3.1	Erläuterungen zu den Einzahlangaben.....	8
4	Messergebnisse	8

1 Einleitung

Im Auftrag der FJ Aschwanden AG wurden am Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) in der Zeit von November 2013 bis November 2014 Trittschallmessungen an insgesamt 13 Treppenpodesten durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war es, die Verbesserung durch verschiedene elastische Treppenlager zu ermitteln. Hierzu wurden jeweils zwei Messungen durchgeführt. Bei der ersten Messung war das Treppenpodest starr mit einer Massivwand (im Folgenden als Messwand bezeichnet) verbunden (Referenzmessung, Prüfobjekt S 10616-00 bzw. S 10741-00). Bei der zweiten Messung erfolgte die Befestigung des Treppenpodestes an der Wand mit dem geprüften elastischen Befestigungselement.

2 Prüfaufbau

Messwand

Die Messwand bestand aus 240 mm dicken KSV-Steinen und war beidseitig mit ca. 10 mm Kalkzementputz verputzt. Die flächenbezogene Masse der Messwand betrug ca. 480 kg/m². In der Mitte der Messwand war eine Öffnung für das Element.

Prüfobjekte S 10616-00; S 10741-00 (Referenzmessungen):

Die Referenzplatte bestand aus einer einzelnen durchgehenden Stahlbetonplatte der Festigkeitsklasse C25/30, um ein kraftschlüssig mit der Wand verbundenes Treppenpodest ohne Trittschallisolierung zu simulieren. Die Platte wurde analog zu einer Betondecke im Hochbau in einem Mörtelbett gelagert und fest mit der Messwand verbunden. Die Messwand diente als Nachbildung der Wand eines Treppenhauses.

Prüfobjekte S 10616-01 bis S 10616-06 und S 10741-01 bis S 10741-05

Der Prüfgegenstand bestand aus zwei Elementen. Ein Stahlbeton-Element der Festigkeitsklasse C25/30 mit einer Aufnahmhülse für den Querkraftdorn des Podests war analog zu einer Betondecke im Hochbau in einem Mörtelbett gelagert und fest mit der Massivwand verbunden. Die Aufnahme für den Querkraftdorn war oben und unten mit Elastomerstreifen ausgekleidet. Das zweite Element war das Treppenpodest. Es bestand aus einer Stahlbetonplatte der Festigkeitsklasse C25/30 mit Querkraftdorn. Am äußeren Ende der freien Seite wurde das Podest elastisch gelagert zum Boden abgestützt (siehe Bilder).

Geprüft wurden jeweils 2 Varianten:

Variante 1 (unbelastet)

Variante 2 (belastet mit Gewichten, Nutzlast je nach Element zwischen 1,1t und 5t.

2.1 Prüfstand

Gemessen wurde im Fassadenprüfstand P1 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik. Der Prüfstand erfüllt die Anforderungen von DIN EN ISO 10140-5:2010. Wände und Decken bestehen aus Beton. Zur Unterdrückung der Flankenübertragungen ist zwischen Sende- und Empfangsraum eine umlaufende Fuge angeordnet.

Abmessungen der Prüfräume*:

Raum 1 (L x B x H):	4,60 m x 4,45 m x 3,11 m; V = 75,7 m ³
Raum 2 (L x B x H):	5,60 m x 4,45 m x 3,70 m; V = 92,9 m ³
Prüföffnung (B x H):	4,12 m x 3,53 m; S = 14,54 m ²

* Die Angaben gelten für den leeren Prüfstand. Das genaue Raumvolumen mit eingebautem Prüfgegenstand ist dem beigefügten Ergebnisblatt zu entnehmen.

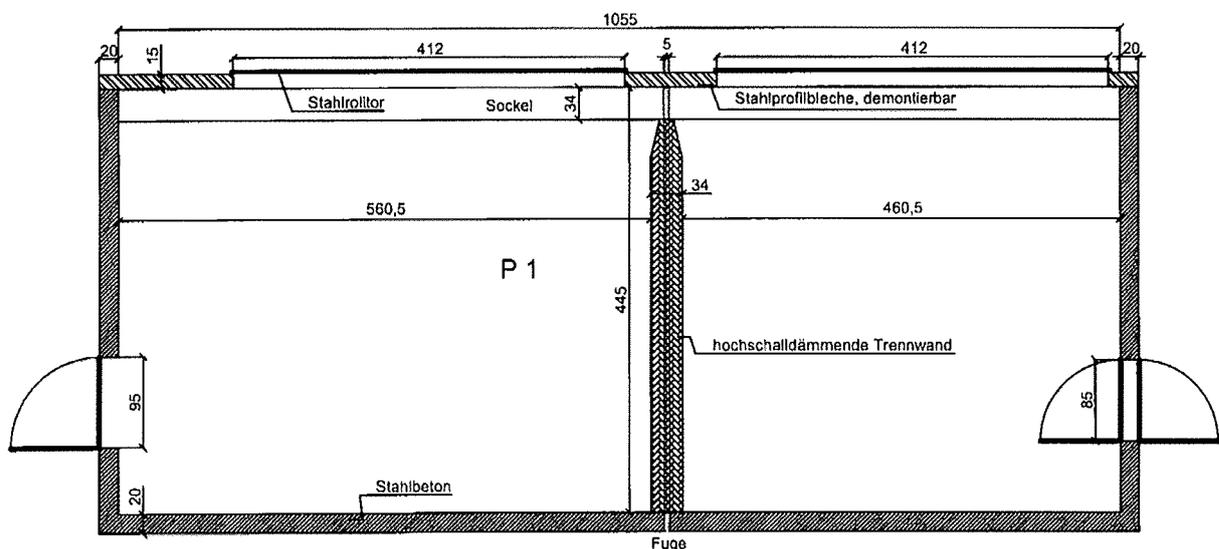


Bild 1:
Prüfstand P1 am Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Das maximale bewertete Schalldämm-Maß des Prüfstandes beträgt $R'_{w,max} = 71$ dB (bezogen auf die Fläche der Prüföffnung).

2.2 Messgeräte

Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2122340
Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2172092
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1688866
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1222159
Pistonfon	Brüel & Kjær 4220 S.Nr. 1048377
Analysator:	Norsonic 840/1 S.Nr. 17855
Verstärker:	Klein & Hummel AK 240 S.Nr. 2076
Lautsprecher:	Lanny MLS 87

Bei dem verwendeten Analysator handelt es sich um ein Gerät der Genauigkeitsklasse 1. Die Messkette verfügte über eine gültige Eichung.

2.3 Prüfgegenstände

Prüfobjekt	Prüfbericht	Trittschalldämmung		Bemerkungen	
		ohne Nutzlast	mit Nutzlast		
		$L_{n,w,ref}-L_{n,w}$	$L_{n,w,ref}-L_{n,w}$	Nutzlast	
CRET Silent-986	P-BA 294/2014	30,4 dB	26,1 dB	Ca. 5 t	
CRET Silent-985	P-BA 9/2014	30,0 dB	27,0 dB	Ca. 1,8 t	Hülse beschädigt
CRET Silent-984	P-BA 295/2014	38,7 dB	40,0 dB	Ca. 1,2 t	
CRET Silent-947 APG	P-BA 298/2014	30,7 dB	30,9 dB	Ca. 2,7 t	
CRET Silent-946 APG	P-BA 297/2014	33,7 dB	35,3 dB	Ca. 1,5 t	
RIBA Silent-917	P-BA 13/2014	34,0 dB	33,0 dB	Ca. 1,8 t	
RIBA Silent-915	P-BA 12/2014	36,0 dB	33,0 dB	Ca. 1,1 t	

2.4 Einbausituation bei CRET Silent Produkten

fase n/m

Eigengewicht der Versuchsplatte: $25\text{kN/m}^3 \times 0,22\text{m} \times 1\text{m} \times 2,5\text{m} = 13,75\text{ kN}$

Nutzlast mit Schwerpunkt, der 0,27 m ab Mauer liegt: 4923 kg

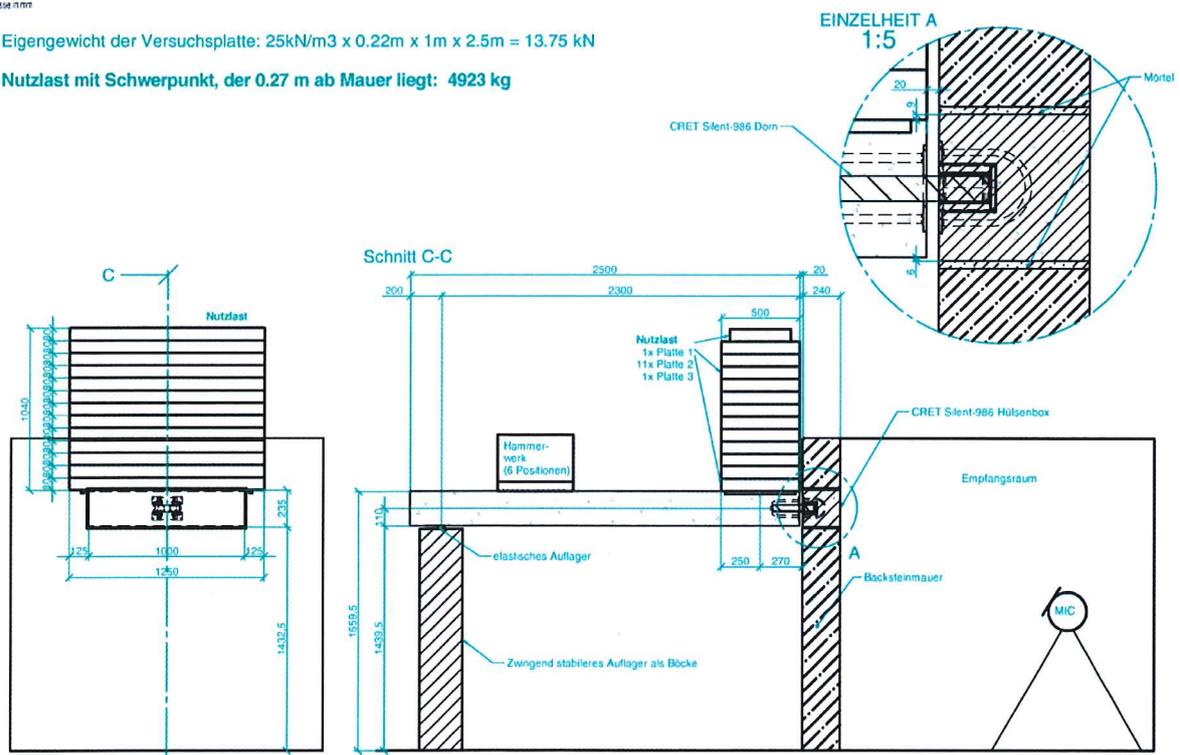


Bild 2:
Beispielhafte Darstellung für Messungen mit Nutzlast – Zeichnung des Auftraggebers;
ohne Maßstabsangabe; verkleinert

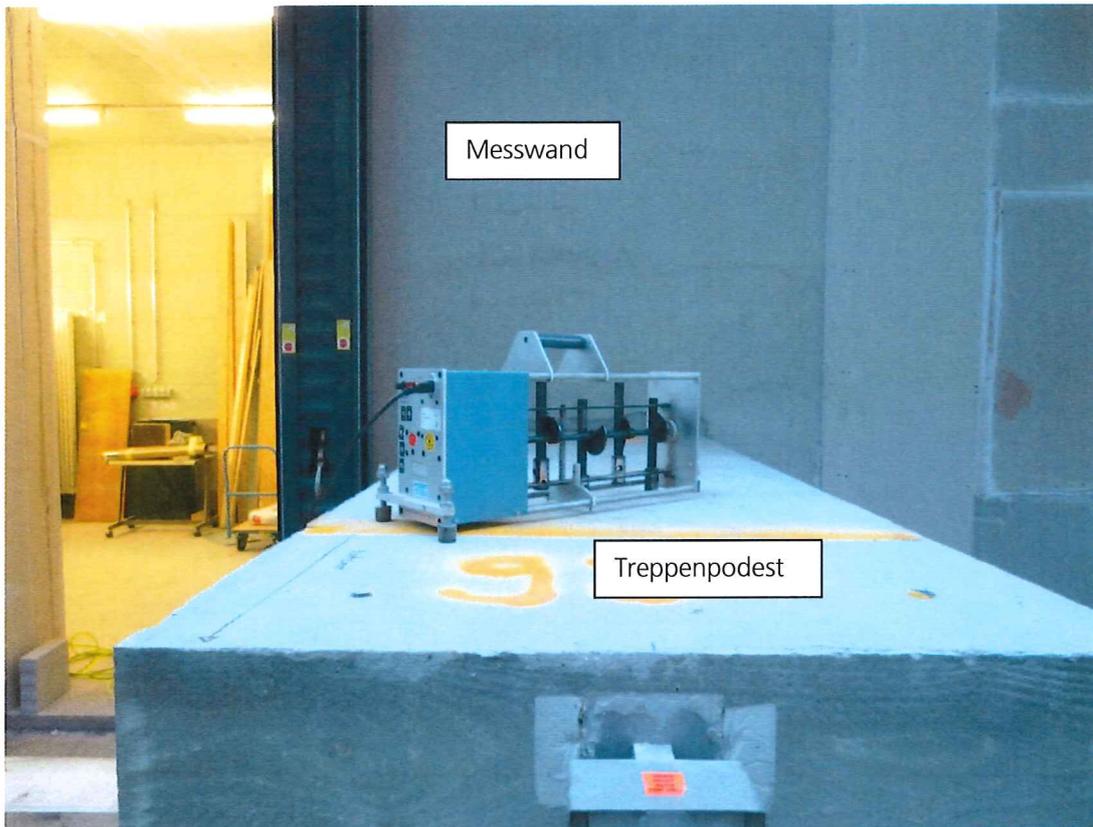


Bild 3:
Foto vom Prüfaufbau

2.5 Einbausituation bei RIBA Silent

Alle Maße in mm

Gesamtlast auf Dorn: $F_{RD}/1.4 = 18 \text{ kN}$
 Eigengewicht der Versuchsplatte: $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.22 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 13.75 \text{ kN}$

$B = 18 \text{ kN} - 13.75 \text{ kN} / 2 = 11.125 \text{ kN}$
 $a = 2100$
 $b = 300$
 $Q = ((a+b) \times B) / a = 12.70 \text{ kN}$

Nutzlast (Q) mit Schwerpunkt, der 0.3 m ab Mauer liegt: ca. 1270kg

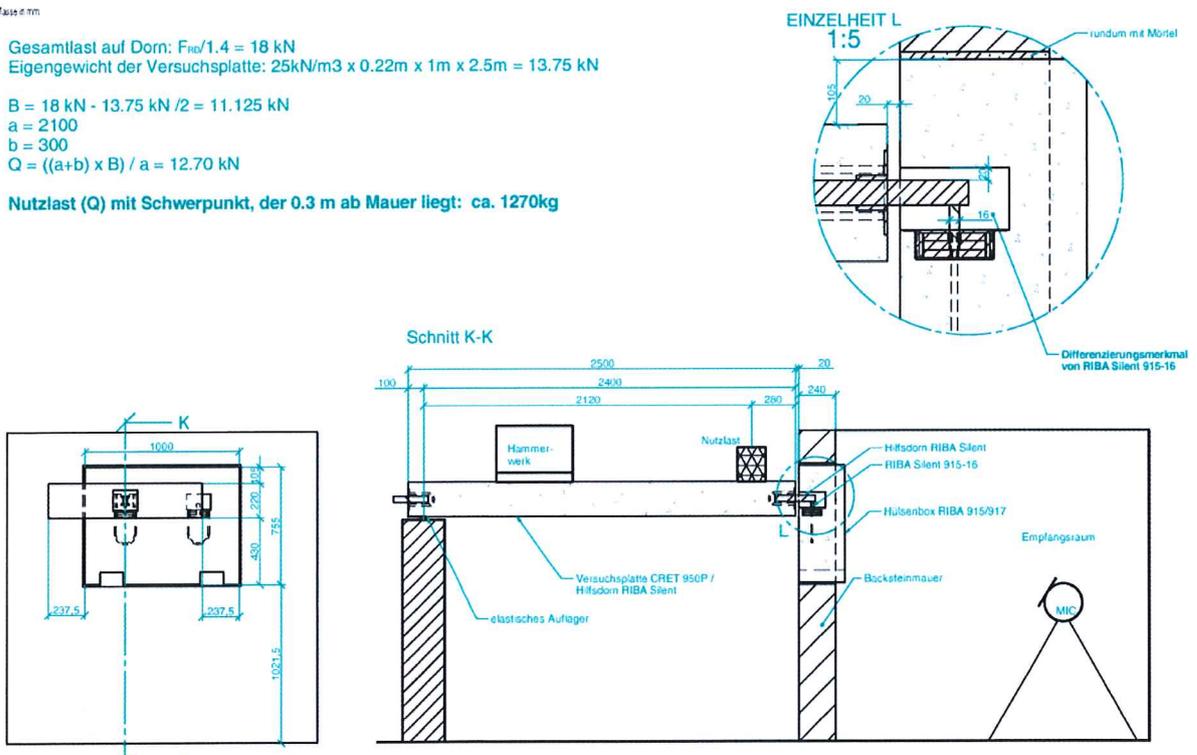


Bild 4:
Beispielhafte Darstellung für Messungen mit Nutzlast – Zeichnung des Auftraggebers;
ohne Maßstabsangabe; verkleinert

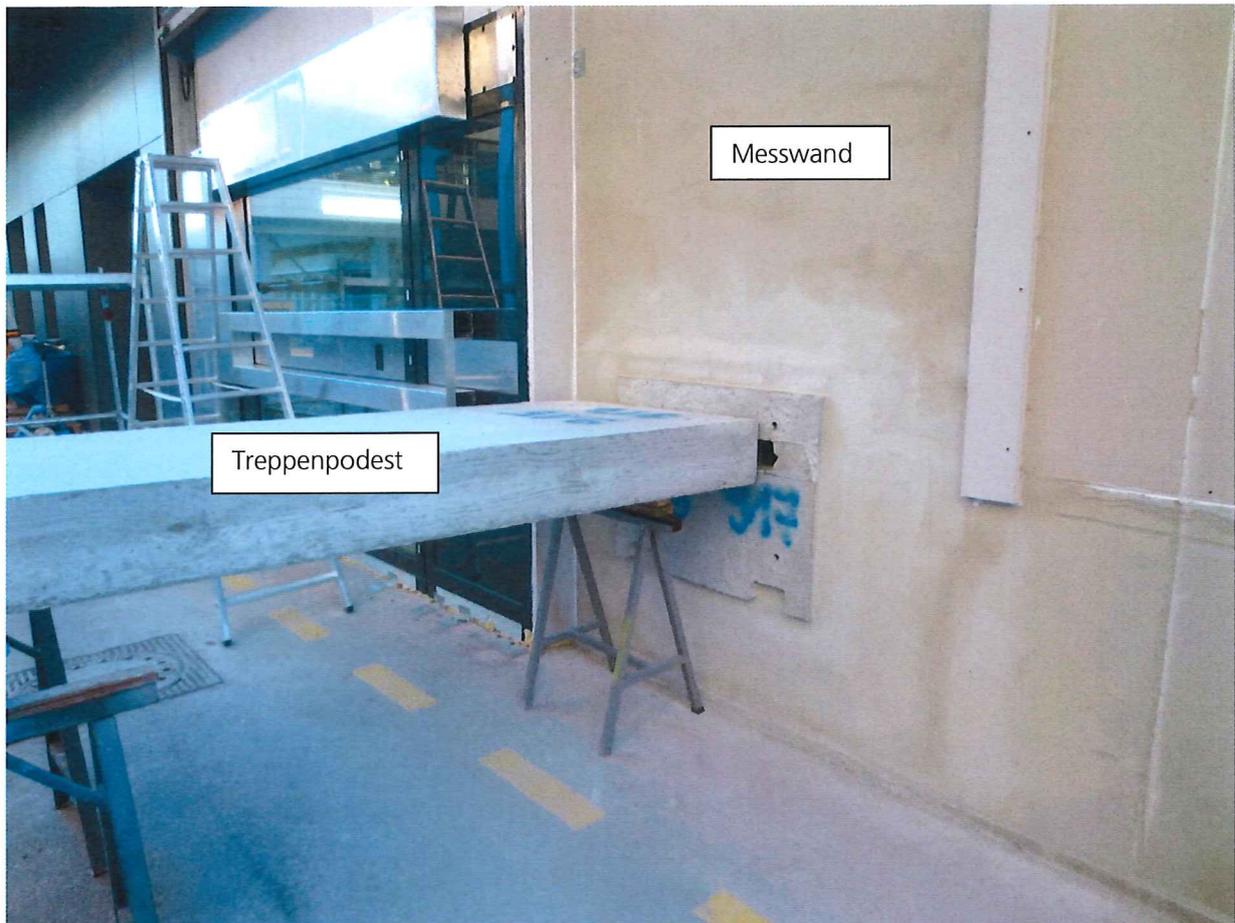


Bild 5:
Foto vom Prüfaufbau

3 Prüfverfahren

Die Messung wurde nach DIN EN ISO 10140-3:2010 durchgeführt. Die Berechnung der bewerteten Trittschallpegel erfolgte nach DIN EN ISO 717-2:2013. Die Anregung erfolgte mit dem Norm-Trittschallhammerwerk. Die räumliche Mittelung des Schalldruckpegels im Prüfraum geschah durch Bewegen der Mikrofone auf geneigten Kreisbahnen. Es wurden zwei Messungen durchgeführt, eine Messung auf der Referenzplatte, sowie eine Messung auf der elastisch gelagerten Platte. Die Trittschallpegel wurden jeweils nach folgender Beziehung ermittelt:

$$L_n = L_i + 10 \lg (A/A_0) \text{ dB}$$

Die Verbesserung des bewerteten Norm-Trittschallpegels berechnet sich zu $L_{n,w,ref} - L_{n,w}$. Die bewertete Trittschallminderung nach DIN EN ISO 717-2:2013 konnte nicht ermittelt werden, da Sie sich nur auf Deckenauflagen auf einer Norm-Rohdecke bezieht.

Dabei bedeuten:

L_n	=	Norm-Trittschallpegel
L_i	=	Schalldruckpegel im Empfangsraum
A_0	=	Bezugs-Absorptionsfläche (10 m ²)
A	=	äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum bestimmt aus Messungen der Nachhallzeit
$L_{n,ref}$	=	Norm-Trittschallpegel mit dem Referenzobjekt
$L_{n,w}$	=	bewerteter Norm-Trittschallpegel
$L_{n,w,ref}$	=	bewerteter Norm-Trittschallpegel mit dem Referenzobjekt

3.1 Erläuterungen zu den Einzulangaben

Erläuterung zu dem angegebenen bewerteten Norm-Trittschallpegel:

Im vorliegenden Messbericht wird der bewertete Norm-Trittschallpegel gemäß dem aktuellen Beschluss des Arbeitskreises der bauaufsichtlich anerkannten Schallprüfstellen in der Form

$$L_{n,w} = 54,7 \pm 1,5 \text{ dB (Beispiel)}$$

mit 0,1 dB Genauigkeit und Messunsicherheit angegeben. Die Berechnung des auf 0,1 dB genauen $L_{n,w}$ Wertes erfolgt nach DIN EN ISO 717-2:2013, indem die Bezugskurve statt in ganzzahligen Schritten mit einer Schrittweite von 0,1 dB verschoben wird. Bei der angegebenen Messunsicherheit handelt es sich um die mittlere Standardabweichung für Prüfstandsmessungen nach DIN EN ISO 12999-1:2014. Bei dem Spektrum-Anpassungswert C_i wird auf die Angabe einer Nachkommastelle verzichtet, da hierfür bislang kein genormtes Berechnungsverfahren vorliegt.

Für den Nachweis der bauaufsichtlichen Schallschutzanforderungen nach DIN 4109:1989 und zur Produktdeklaration (z. B. bei der CE-Kennzeichnung) ist ein ganzzahliger Wert des bewerteten Norm-Trittschallpegels heran-zuziehen. Dieser ergibt sich aus dem im Prüfbericht angegebenen Wert, indem auf die nächst größere ganze Zahl aufgerundet wird (im obigen Beispiel wird aus $L_{n,w} = 54,7$ dB auf diese Weise $L_{n,w} = 55$ dB).

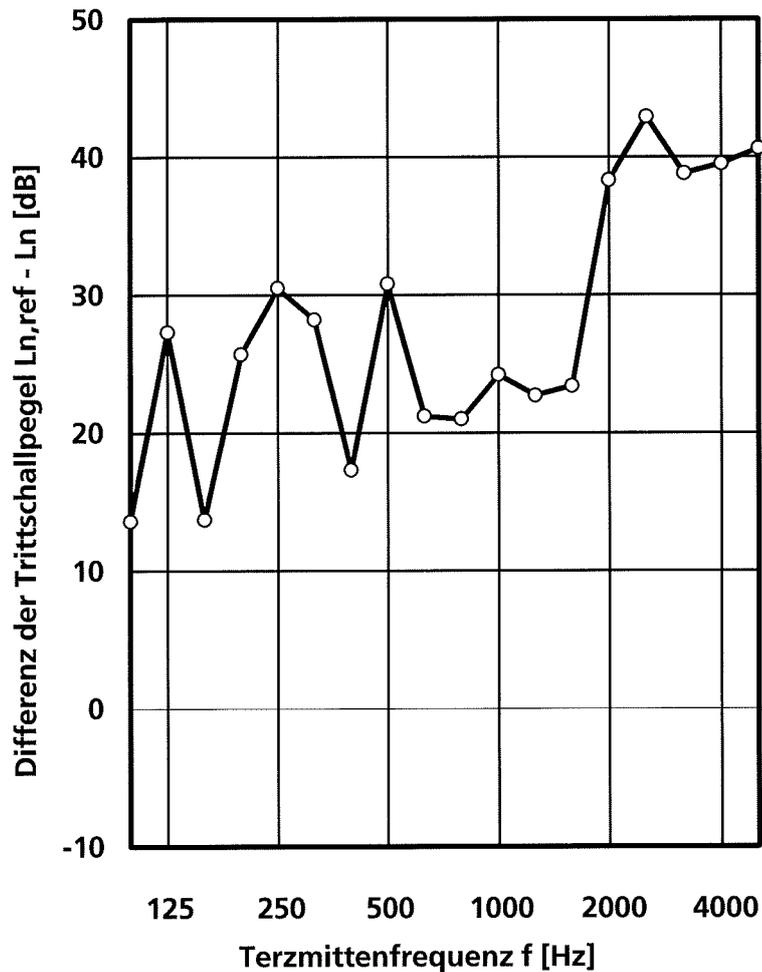
Die obigen Erläuterungen gelten sinngemäß auch für Einzulangaben, die analog zu $L_{n,w}$ gebildet werden. Ein Beispiel hierfür ist der bewertete Norm-Trittschallpegel mit leichter Bezugsdecke $L_{n,t1,w}$.

4 Messergebnisse

Die Messergebnisse befinden sich in Anlage 1 bis 14 zum Messbericht.

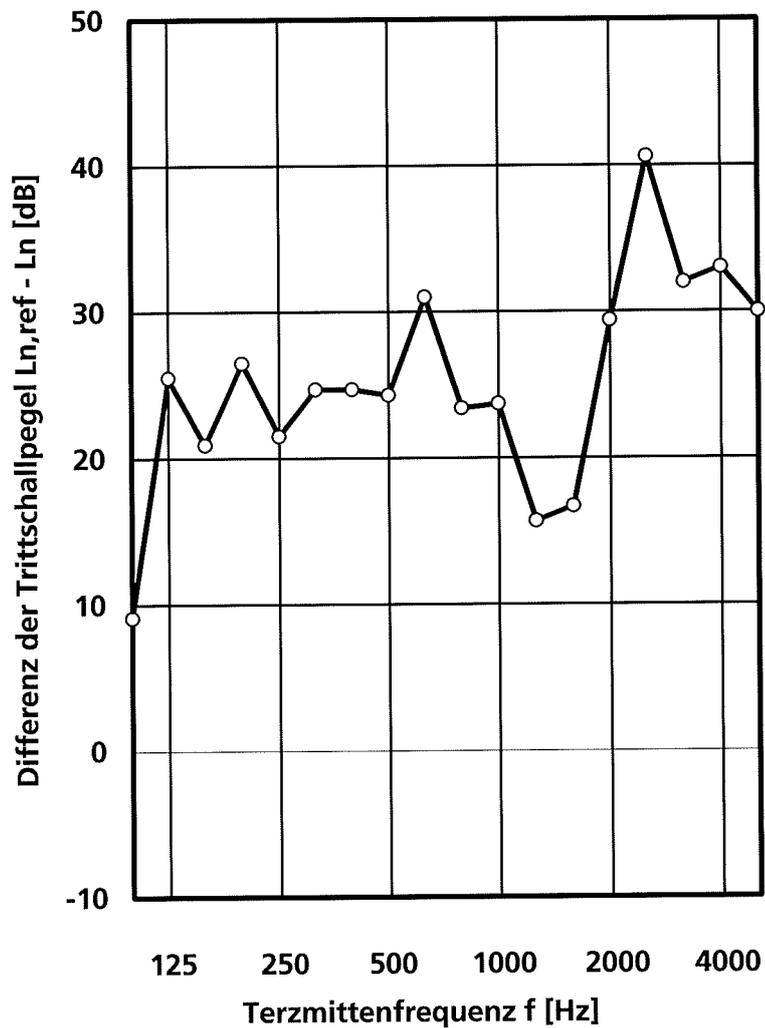
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 27. 10. 2014
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-986 unbelastet
 Messergebnis: Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 37,6 \pm 1,5 (-4) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 68,0 - 37,6 = 30,4 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	9,4
63	8,7
80	12,2
100	13,6
125	27,3
160	13,7
200	25,7
250	30,5
315	28,2
400	17,3
500	30,8
630	21,2
800	21,0
1000	24,2
1250	22,7
1600	23,4
2000	38,3
2500	42,9
3150	38,8
4000	39,5
5000	40,6



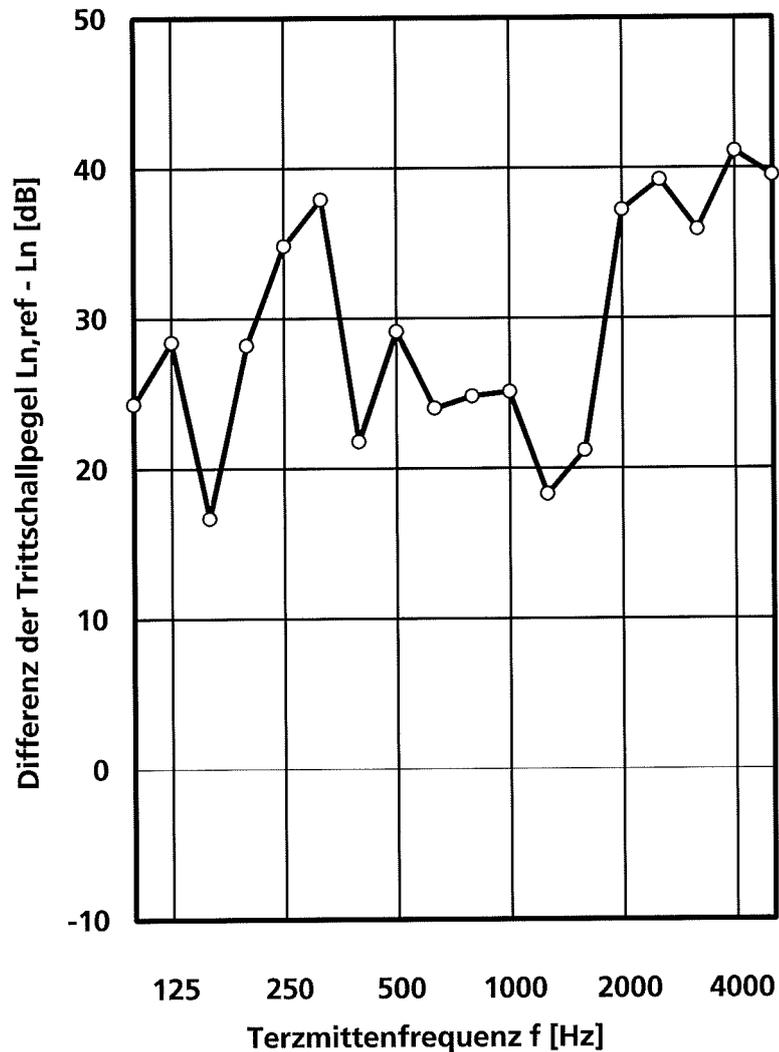
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 27. 10. 2014
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-986 belastet mit ca. 5 t
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_1) = 41,9 \pm 1,5 (-7) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 68,0 - 41,9 = 26,1 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	8,1
63	2,1
80	10,9
100	9,1
125	25,5
160	20,9
200	26,5
250	21,5
315	24,7
400	24,7
500	24,3
630	31,0
800	23,4
1000	23,7
1250	15,7
1600	16,7
2000	29,4
2500	40,6
3150	32,0
4000	33,0
5000	30,0



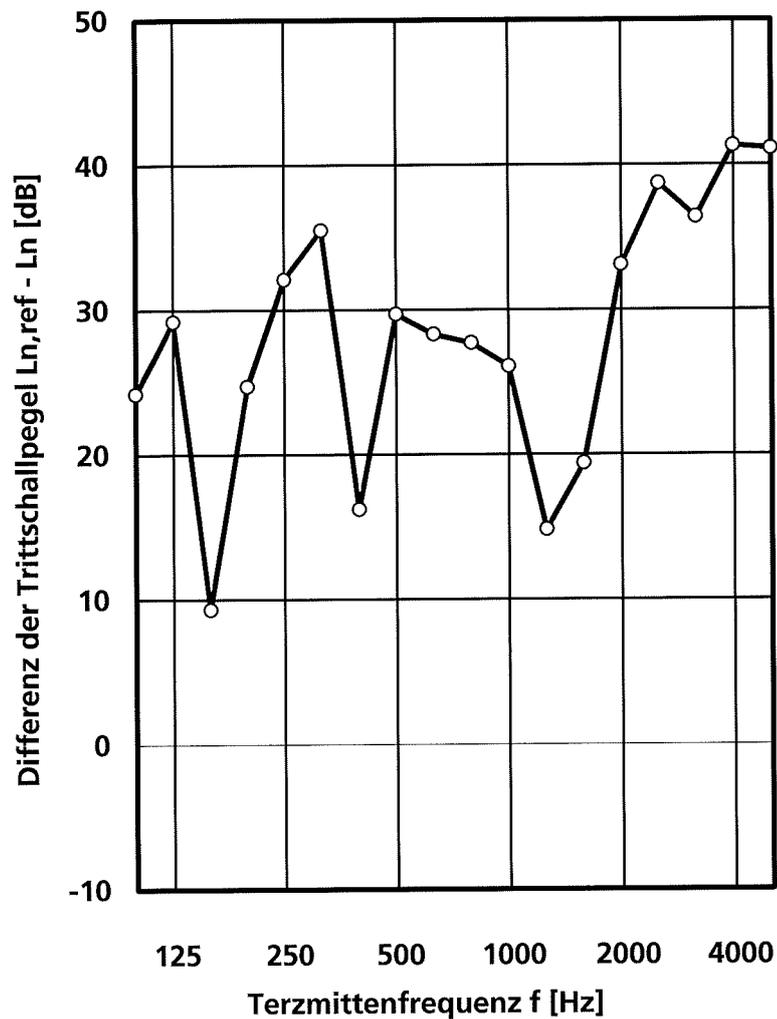
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 25. 11. 2013
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-985 unbelastet
 Messergebnis: Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 33,5 \pm 1,5 (-5) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 63,8 - 33,5 = 30,3 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	3,6
63	14,2
80	20,2
100	24,3
125	28,4
160	16,7
200	28,2
250	34,8
315	37,9
400	21,8
500	29,1
630	24,0
800	24,8
1000	25,1
1250	18,3
1600	21,2
2000	37,2
2500	39,2
3150	35,9
4000	41,1
5000	39,5



Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 27. 11. 2013
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-985 belastet mit ca. 1,8 t
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 36,1 \pm 1,5 (-5) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 63,8 - 36,1 = 27,7 \text{ dB}$

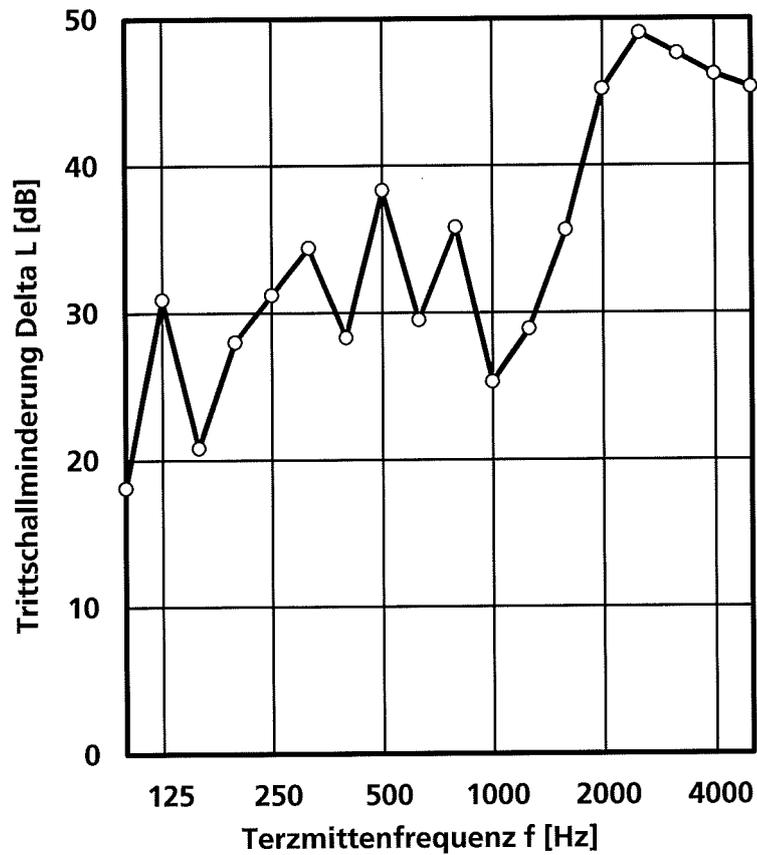
f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	0,7
63	9,3
80	16,5
100	24,2
125	29,2
160	9,3
200	24,7
250	32,1
315	35,5
400	16,2
500	29,7
630	28,3
800	27,7
1000	26,1
1250	14,8
1600	19,4
2000	33,1
2500	38,7
3150	36,4
4000	41,3
5000	41,1



Betreff:
 Auftraggeber:
 Messdatum:
 Kurzbeschreibung:
 Messergebnis:

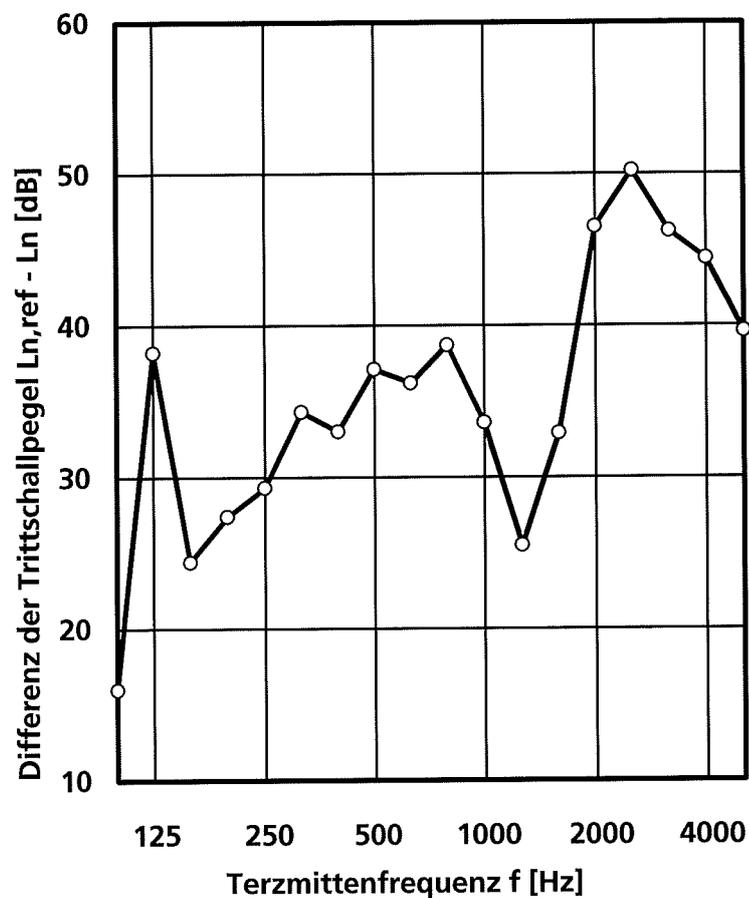
Trittschallpegel eines Treppenpodests
 F. J. Aschwanden AG
 07. 11. 2014
 CRET Silent-984 unbelastet
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 29,3 \pm 1,5 (1) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 63,8 - 29,3 = 38,7 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	9,4
63	15,1
80	19,5
100	18,1
125	30,9
160	20,8
200	28,0
250	31,2
315	34,4
400	28,3
500	38,3
630	29,5
800	35,8
1000	25,3
1250	28,9
1600	35,6
2000	45,2
2500	49,0
3150	47,6
4000	46,2
5000	45,3



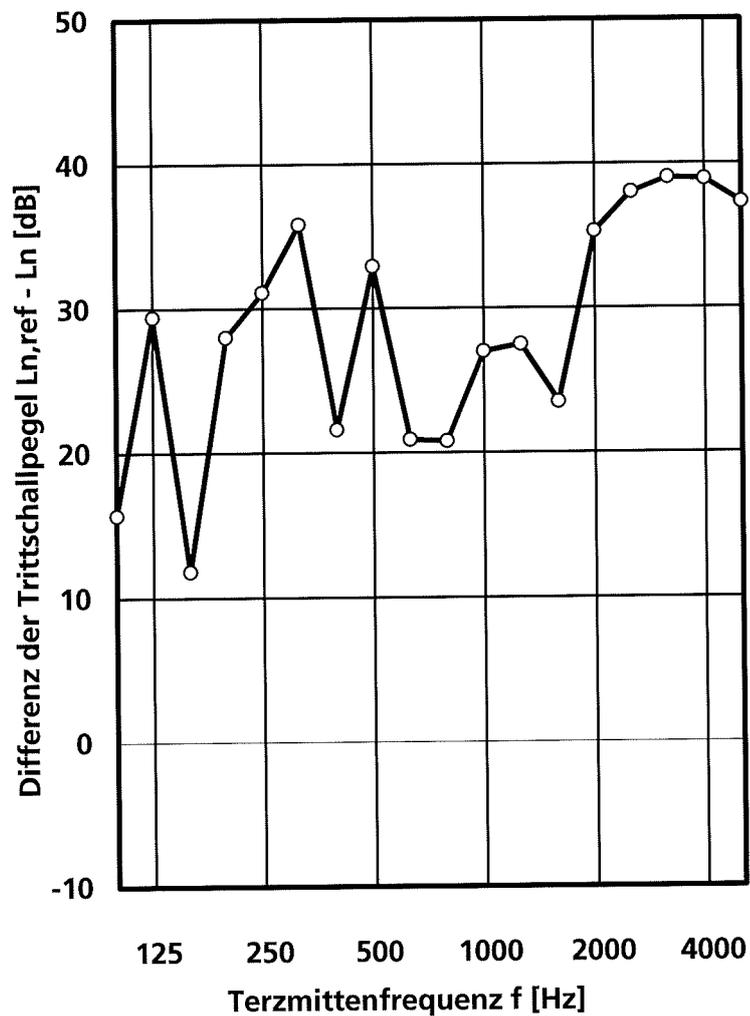
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 07. 11. 2014
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-984 belastet mit ca. 1,2 t
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 28,0 \pm 1,5 (-4) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 68,0 - 28,0 = 40,0 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	6,9
63	7,5
80	15,9
100	16,0
125	38,2
160	24,4
200	27,4
250	29,3
315	34,3
400	33,0
500	37,1
630	36,2
800	38,7
1000	33,6
1250	25,5
1600	32,9
2000	46,5
2500	50,2
3150	46,2
4000	44,4
5000	39,6



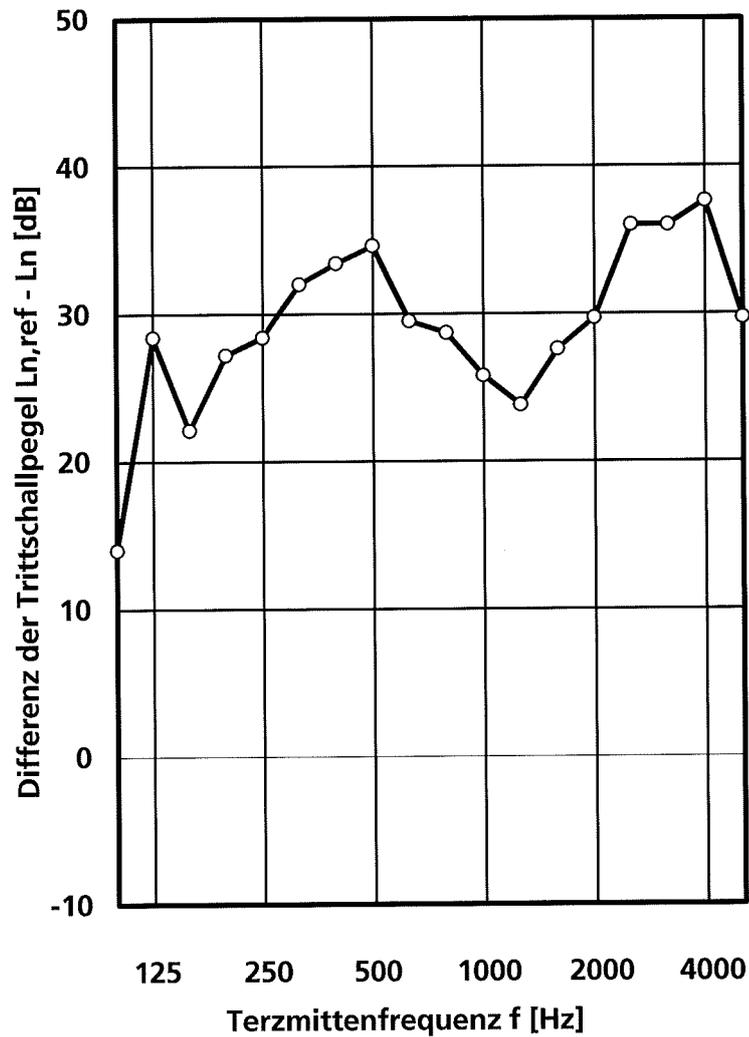
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 02. 12. 2014
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-947 APG unbelastet
 Messergebnis: Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 37,3 \pm 1,5 (-6) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 68,0 - 37,3 = 30,7 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	8,5
63	13,8
80	19,2
100	15,7
125	29,4
160	11,8
200	28,0
250	31,1
315	35,8
400	21,6
500	32,9
630	20,9
800	20,8
1000	27,0
1250	27,5
1600	23,5
2000	35,3
2500	38,0
3150	39,0
4000	38,9
5000	37,3



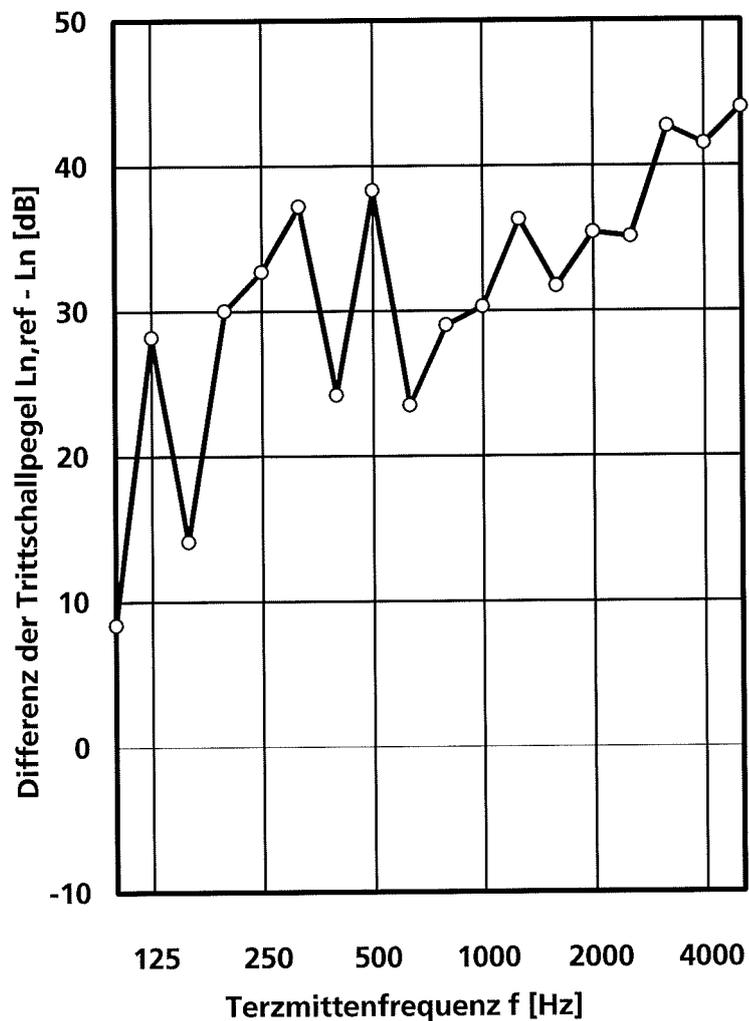
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 02. 12. 2014
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-947 APG belastet mit ca. 2,7 t
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 37,1 \pm 1,5 (-10) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 68,0 - 37,1 = 30,9 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	-3,4
63	8,5
80	12,4
100	14,0
125	28,4
160	22,1
200	27,2
250	28,4
315	32,0
400	33,4
500	34,6
630	29,5
800	28,7
1000	25,8
1250	23,8
1600	27,6
2000	29,7
2500	36,0
3150	36,0
4000	37,6
5000	29,7



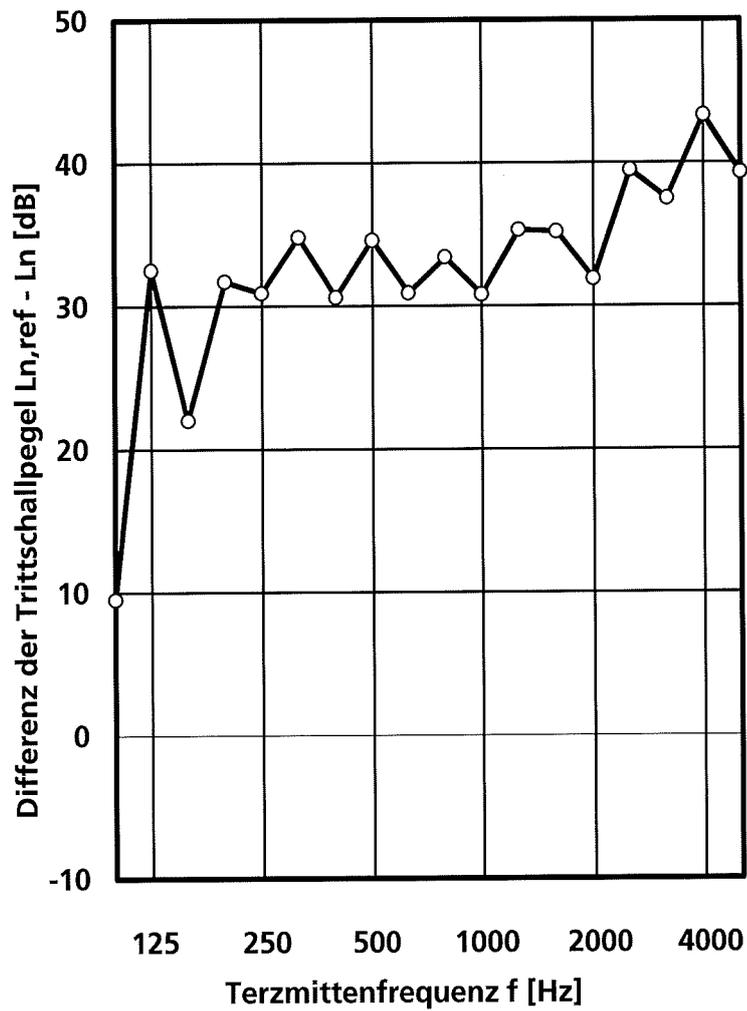
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 24. 11. 2014
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-946 APG unbelastet
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 34,3 \pm 1,5 (-5) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 68,0 - 34,3 = 33,7 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	14,4
63	15,6
80	19,8
100	8,4
125	28,2
160	14,1
200	30,0
250	32,7
315	37,2
400	24,2
500	38,3
630	23,5
800	29,0
1000	30,3
1250	36,3
1600	31,7
2000	35,4
2500	35,1
3150	42,7
4000	41,5
5000	44,0



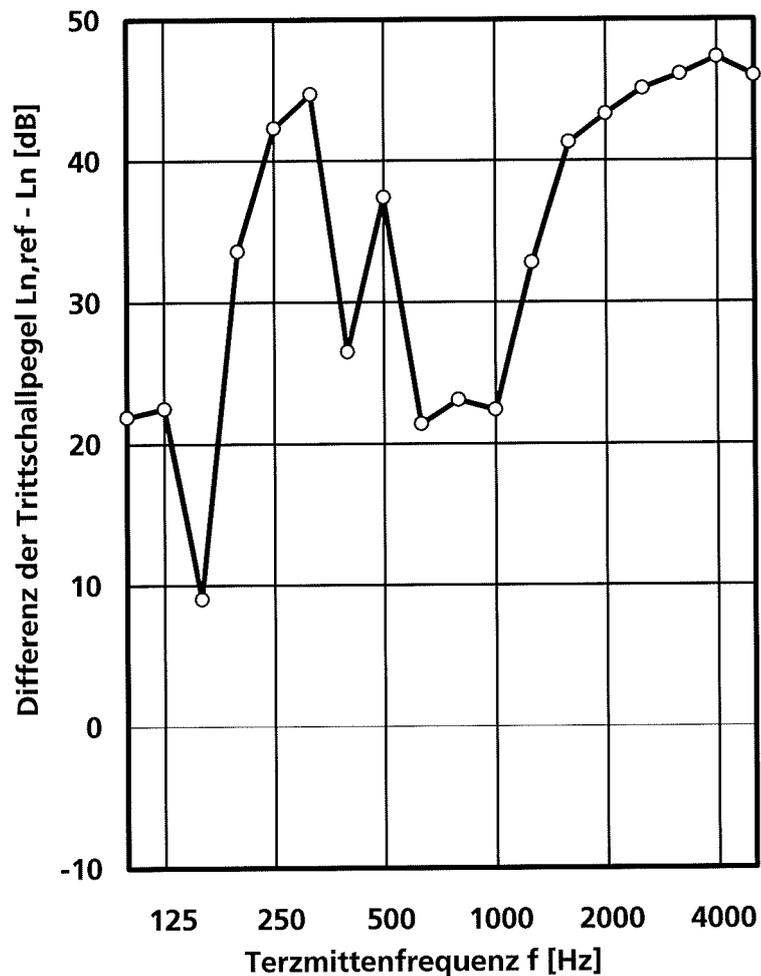
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 24. 11. 2014
 Kurzbeschreibung: CRET Silent-946 APG belastet mit ca. 1,46 t
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 32,7 \pm 1,5 (-7) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 68,0 - 32,7 = 35,3 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	2,6
63	9,7
80	11,4
100	9,5
125	32,5
160	22,0
200	31,7
250	30,9
315	34,8
400	30,6
500	34,6
630	30,9
800	33,4
1000	30,8
1250	35,3
1600	35,2
2000	31,9
2500	39,5
3150	37,5
4000	43,3
5000	39,3



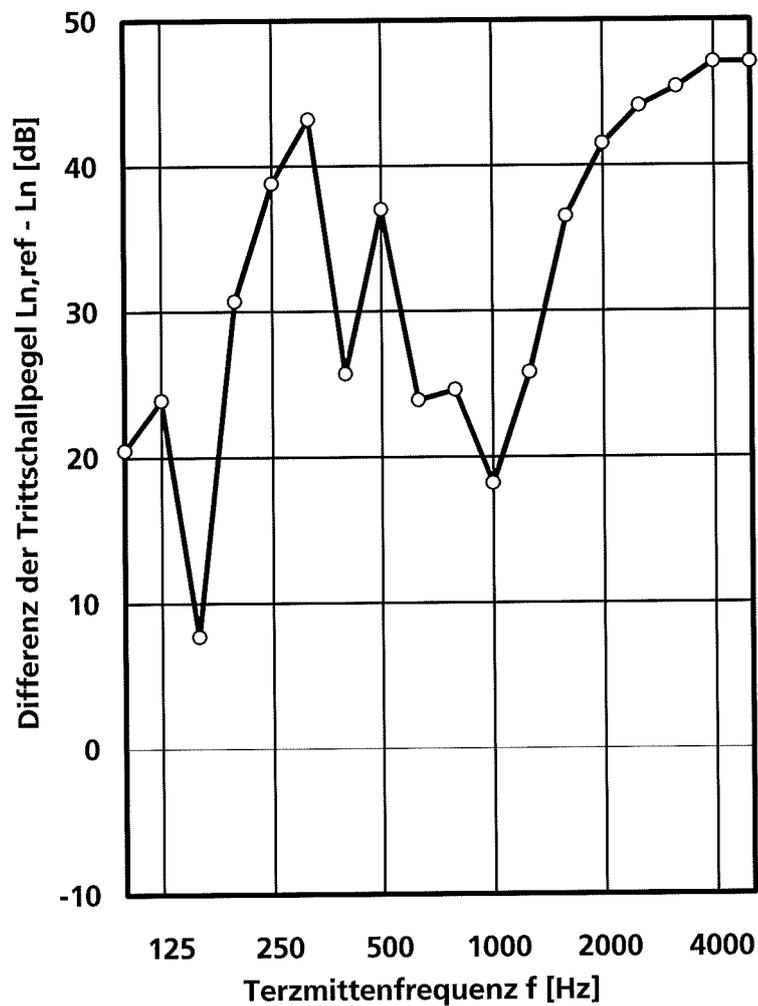
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 17. 12. 2013
 Kurzbeschreibung: RIBA Silent-917 unbelastet
 Messergebnis: Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 29,4 \pm 1,5 (-2) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 63,8 - 29,4 = 34,4 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	4,5
63	9,9
80	16,1
100	21,9
125	22,5
160	9,0
200	33,6
250	42,3
315	44,7
400	26,5
500	37,4
630	21,4
800	23,1
1000	22,4
1250	32,8
1600	41,3
2000	43,3
2500	45,1
3150	46,1
4000	47,3
5000	46,0



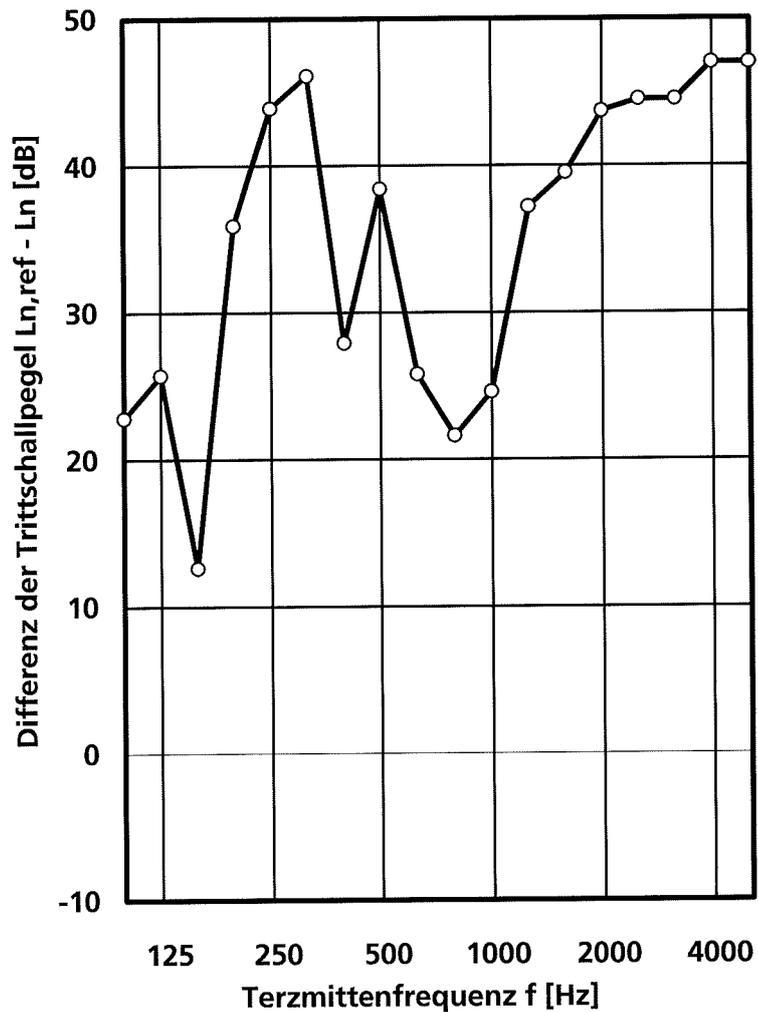
Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 17. 12. 2013
 Kurzbeschreibung: RIBA Silent-917 belastet mit ca. 1,75 t
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 30,6 \pm 1,5 (-1) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 63,8 - 30,6 = 33,2 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	-7,2
63	3,4
80	11,6
100	20,5
125	23,9
160	7,7
200	30,7
250	38,8
315	43,2
400	25,7
500	37,0
630	23,9
800	24,6
1000	18,2
1250	25,8
1600	36,5
2000	41,5
2500	44,1
3150	45,4
4000	47,1
5000	47,1



Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 17. 12. 2013
 Kurzbeschreibung: RIBA Silent-915 unbelastet
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_1) = 27,8 \pm 1,5 (-2) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 63,8 - 27,8 = 36,0 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	9,3
63	14,5
80	17,0
100	22,8
125	25,7
160	12,6
200	35,9
250	43,9
315	46,1
400	27,9
500	38,4
630	25,8
800	21,6
1000	24,6
1250	37,2
1600	39,5
2000	43,7
2500	44,5
3150	44,5
4000	47,0
5000	47,0



Betreff: Trittschallpegel eines Treppenpodests
 Auftraggeber: F. J. Aschwanden AG
 Messdatum: 17. 12. 2013
 Kurzbeschreibung: RIBA Silent-915 belastet mit ca. 1,13 t
 Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140
 $L_{n,w} (C_i) = 29,7 \pm 1,5 (4) \text{ dB}$
 $\Delta (L_{n,w,ref} - L_{n,w}) = 63,8 - 29,7 = 34,1 \text{ dB}$

f [Hz]	$L_{n,ref} - L_n$ [dB]
50	2,3
63	16,4
80	21,9
100	16,5
125	13,2
160	3,1
200	23,1
250	33,4
315	50,7
400	34,2
500	45,7
630	50,6
800	36,4
1000	29,8
1250	35,8
1600	47,7
2000	50,5
2500	52,5
3150	51,4
4000	52,5
5000	55,4

