

In situ Messungen des Luft- und Trittschallschutzes Schweizer Hohlkastendecken

Christoph Geyer, Amabel Mónica Melián Hernández, Andreas Müller

¹ Berner Fachhochschule, CH 2500 Biel, Schweiz, E-Mail: Christoph.geyer@bfh.ch

Einleitung

Im Rahmen des Schweizer Forschungsschwerpunkts Schallschutz im Holzbau werden Messungen des Luft- und Trittschallschutzes nach EN ISO 140-4 [1] bzw. EN ISO 140-7 [2] typischer Schweizer Hohlkastendecken in ausgeführten Objekten ausgewertet. Damit wird der Stand der Technik des Luft- und Trittschallschutzes für Hohlkastendecken in der Schweiz dargestellt.

Untersuchte Objekte

Für diesen Holzdeckentyp liegen Messberichte für zwölf Objekte in der Schweiz vor. Der Luft- und Trittschallschutz wurde in einem Hotel, in 9 Mehrfamilienhäusern und zwei Gewerbegebäuden gemessen.

Messmethode und -größen

Die Auswertung der Messungen des Luft- und Trittschallschutzes in den Objekten erfolgen nach den Vorgaben der SIA 181 [3]. Danach wird der Luftschallschutz von Raum zu Raum, durch die Summe aus der bewerteten Standardschallpegeldifferenz, $D_{nT,w}$ nach EN ISO 140-4 und dem Spektrumanpassungswert C nach EN ISO 717-1 [4] bestimmt. Der Trittschallschutz ergibt sich als die Summe aus dem bewerteten Standardtrittschallpegel $L'_{nT,w}$ nach EN ISO 140-7 und dem Spektrumsanpassungswert für Gehgeräusche, C_1 , nach EN ISO 717-2 [5].

Messergebnisse

Die Messungen des Luft- und Trittschallschutzes erfolgen nach EN ISO 140-4 für den Luftschallschutz bzw. nach EN ISO 140-7 für den Trittschallschutz.

Luftschallschutz

In Abbildung 1 sind die Messergebnisse für den Luftschallschutz der Hohlkastendecken in Form der Einzulangaben $D_{nT,w}$, $D_{nT,w} + C$ und $D_{nT,w} + C_{50-5000}$ für alle untersuchten Hohlkastendecken dargestellt. Die Fehler der Einzulangaben werden in dieser und in den folgenden Abbildungen mit zwei Standardabweichungen der Einzulangaben nach EN ISO 12999 [6] abgeschätzt.

Es ergeben sich für alle Messungen folgende Mittelwerte für die Einzulangaben: $D_{nT,w} = 63,4$ dB, $D_{nT,w} + C = 61,7$ dB und $D_{nT,w} + C_{50-5000} = 58,2$ dB.

Abbildung 2 zeigt die Verteilung der Einzulangaben des Trittschallschutzes als Boxplot mit dem Minimum (unteres Ende des Fehlerbalkens), dem 75 % Quartil (untere Grenze der Box), dem Median (Grenze zwischen den verschiedenen Farben in den Boxen), dem 25 % Quartil (obere Grenze der Box) und dem Maximalwert (oberes Ende des Fehlerbalkens) für die Einzulangaben des Luftschallschutzes.

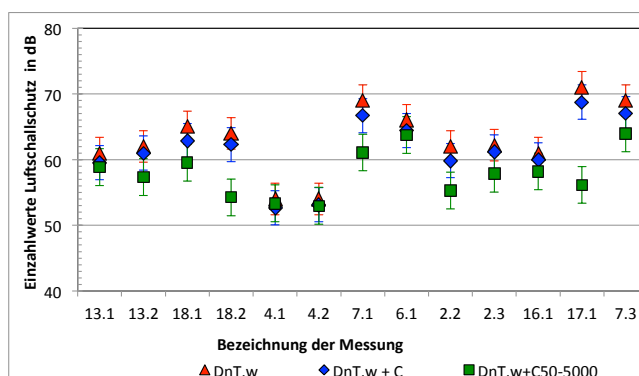


Abbildung 1: Einzulangaben des Luftschallschutzes der untersuchten Hohlkastendecken. Die Bezeichnung der Messung setzt sich aus der Nummer des jeweiligen Objektes vor dem Punkt und der Nummer der Messung nach dem Punkt zusammen.

Die Anforderungen nach SIA 181 an den Luftschallschutz betragen für $D_{nT,w} + C \geq 52$ dB als Mindestanforderung und ≥ 55 dB als erhöhte Anforderung für Trennbauteile zwischen fremden Wohnräumen mit einem Raumvolumen von < 200 m³.

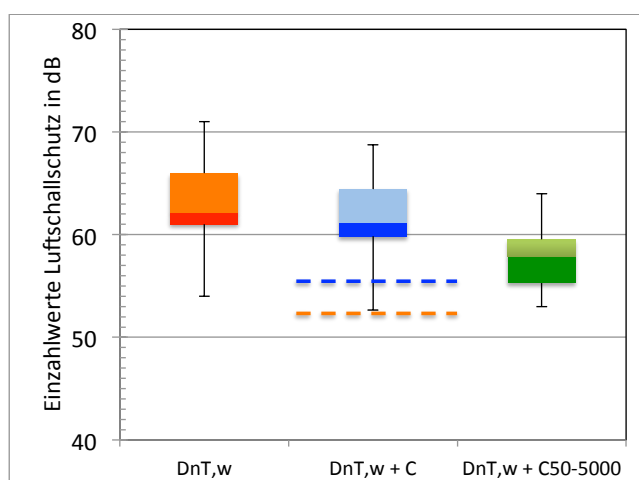


Abbildung 2: Boxplot der Verteilung der Einzulangaben des Luftschallschutzes, $D_{nT,w}$, $D_{nT,w} + C$ und $D_{nT,w} + C_{50-5000}$. Die obere und untere Grenze der Box bezeichnet das 25 %- und 75 %-Quartil der Verteilung, der Maximalwert wird durch das obere Ende des Fehlerbalkens, der Minimalwert durch das untere Ende des Fehlerbalkens angezeigt. Die gestrichelten Linien bezeichnen die Mindestanforderungen nach SIA 181 zwischen Wohnungen $D_{nT,w} + C \geq 52$ dB (orange) und die erhöhten Anforderungen ≥ 55 dB (blau).

Trittschallschutz

Abbildung 3 zeigt die Zusammenstellung der Messergebnisse für den Trittschallschutz derselben Hohlkastendecken in Form der Einzulangaben, bewerteter Standardtrittschallpegel $L'_{nT,w}$, und der Summe aus Einzulangaben und den Spektrumsanpassungswerten C_1 und $C_{1,50-2500}$, $L'_{nT,w} + C_1$ und $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$.

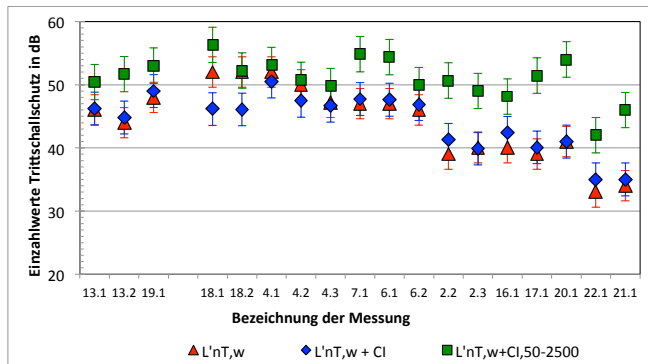


Abbildung 3: Einzelwerte des Trittschallschutzes der untersuchten Hohlkastendecken $L'_{nT,w}$, $L'_{nT,w} + C_1$ und $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$. Die Bezeichnung der Messung setzt sich aus der Nummer des Objektes vor dem Punkt und der Nummer der Messung nach dem Punkt zusammen

Es ergeben sich für alle Messungen folgende Mittelwerte für die Einzelwerte des Trittschallschutzes von Raum zu Raum: $L'_{nT,w} = 44,3$ dB, $L'_{nT,w} + C_1 = 44,1$ dB und $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500} = 51,0$ dB.

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Einzelwerte des Trittschallschutzes als Boxplot mit dem Minimum (unteres Ende des Fehlerbalkens), dem 75 % Quartil (untere Grenze der Box), dem Median (Grenze zwischen den Farben in der Box), dem 25 % Quartil (obere Grenze der Box) und dem Maximalwert (oberes Ende des Fehlerbalkens).

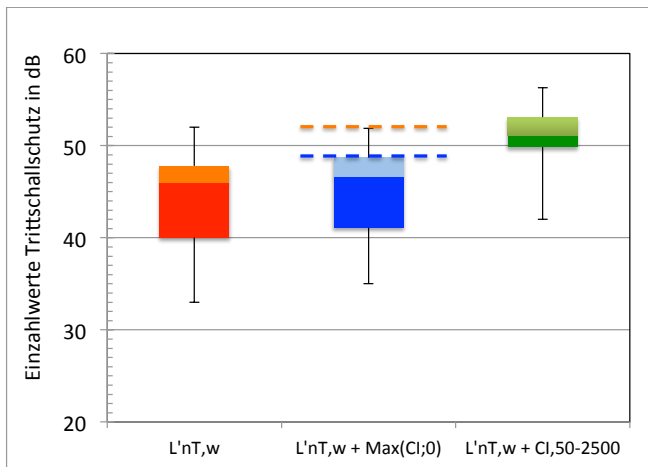


Abbildung 4: Boxplot der Verteilung der Einzelwerte der Messungen des Trittschallschutzes, $L'_{nT,w}$, $L'_{nT,w} + C_1$, $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$. Die obere und untere Grenze der Box bezeichnet das 25 %- und 75 %-Quartil der Verteilung, der Maximalwert wird durch das obere Ende des Fehlerbalkens, der Minimalwert durch das untere Ende des Fehlerbalkens angezeigt. Die gestrichelten Linien zeigen die Mindestanforderungen nach SIA 181 zwischen Wohnungen mit $L'_{nT,w} + C_1 \leq 52$ dB (orange) und die erhöhten Anforderungen mit ≤ 49 dB (blau) an.

Die Trittschallanforderungen nach SIA 181 betragen für $L'_{nT,w} + C_1 \leq 52$ dB als Mindestanforderung und ≤ 49 dB als erhöhte Anforderung. Allerdings muss beachtet werden, dass zum Nachweis der Trittschallanforderungen nach SIA 181 keine C_1 -Werte < 0 dB berücksichtigt werden dürfen.

Es ergeben sich für alle Messungen folgende Mittelwerte für die Einzelwerte des Trittschallschutzes von Raum zu Raum: $L'_{nT,w} + C_1 = 44,1$ dB (alle C_1 -Werte) ,

$$L'_{nT,w} + C_1(C_1 \geq 0 \text{ dB}) = 45,0 \text{ dB und}$$

$$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500} = 51,0 \text{ dB.}$$

Einfluss der Bauteile auf den Schallschutz

Da nur Schallmessungen für die fertigen Hohlkastendecken und keine für die Rohdecke ohne schwimmendem Estrich und/oder ohne abgehängte Decke vorliegen, ist allerdings eine Analyse der Wirkung der einzelnen konstruktiven Elemente auf den Schallschutz der Hohlkastendecke erschwert.

Flächenbezogene Masse der Hohlkastendecke

Zunächst wird die Hypothese untersucht, ob für einen hohen Luftschallschutz eine hohe Masse der Hohlkastendecke erforderlich ist.

Für die Berechnung der flächenbezogenen Masse der Bauteilschichten werden die Rohdichten der Baustoffe in Tabelle 1 verwandt. Diese wurden meist aus Datenblätter der Hersteller abgeleitet.

Baustoff	Rohdichte in kg/m ³
Steinplatten	2'500
Keramische Fliesen	2'000
Anhydritestrich	2'000
Zementestrich	2'000
Gipskartonplatten	650
Gipsfaserplatten	1'100
Dreischichtplatten	500
OSB Platten	600
Holzbalken	470
Alba Balance	890
Duripanel	1'250

Tabelle 1: Rechenwerte der Rohdichten der Baustoffe für die Berechnung der flächenbezogenen Massen

Luftschallschutz

Es kann für keine der Einzulangaben des Luftschallschutzes, die Standardschallpegeldifferenz $D_{nT,w}$, $D_{nT,w} + C$ und $D_{nT,w} + C_{50-5000}$ eine Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Hohlkastendecke festgestellt werden.

Die Messwerte belegen, dass auch mit sehr leichten Hohlkastendecken eine hoher Luftschallschutz erreicht werden kann und hierzu keine schwere Rohdecke erforderlich ist.

In Abbildung 5 sind beispielhaft die Einzelwerte der Schallmessungen, $D_{nT,w} + C$ mit der Regressionsgeraden y aus x dargestellt. Die Regressionsgerade y-aus-x zeigt nur eine sehr schwache Korrelation zwischen den Einzelwerten und der flächenbezogenen Masse der Hohlkastendecke.

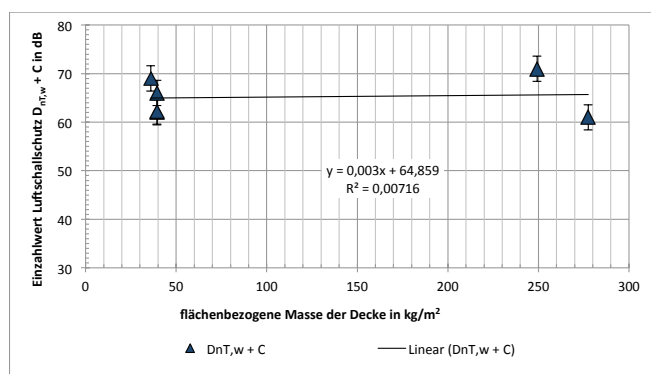


Abbildung 5: Einzahlwerte des Luftschallschutzes der Hohlkastendecken, $D_{nT,w} + C$, als Funktion der flächenbezogenen Masse der Rohdecke, m' . Die durchgezogene Linie stellt die y-aus-x-Regressionsgerade für die Messwerte dar. Darüber hinaus ist die Geradengleichung der Regressionsgeraden und das Bestimmtheitsmaß R^2 angegeben.

Trittschallschutz

Auch die Einzahlwerte des Trittschallschutzes der untersuchten Hohlkastendecken mit schwimmendem Estrich und abgehängter Decke, der bewertete Standardtrittschallpegel $L'_{nT,w}$, $L'_{nT,w} + C_1$ und $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ werden über der flächenbezogenen Masse der Hohlkastendecke aufgetragen.

Auch hier zeigt sich für keinen der Einzahlwerte des Trittschallschutzes eine Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Hohlkastendecke.

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen beispielhaft die Einzahlwerte $L'_{nT,w} + C_1$ und $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ der Hohlkastendecken mit schwimmendem Unterlagsboden und abgehängter Decke als Funktion der flächenbezogenen Masse der Hohlkastendecke.

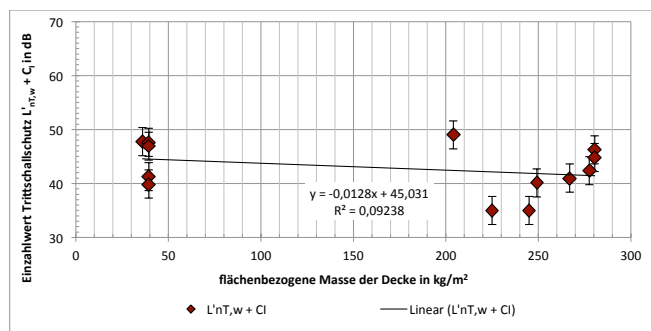


Abbildung 6: Einzahlwerte des Trittschallschutzes der Hohlkastendecken, $L'_{nT,w} + C_1$, als Funktion der flächenbezogenen Masse der Rohdecke, m' . Die durchgezogene Linie stellt die y-aus-x-Regressionsgeraden für die Messwerte dar. Darüber hinaus ist die Geradengleichung der Regressionsgeraden und das Bestimmtheitsmaß R^2 angegeben.

Schwimmender Estrich

Der schwimmende Estrich und die abgehängte Decke stellen jeweils eine akustische Vorsatzschale dar. Die akustische Wirksamkeit akustischer Vorsatzschalen hängt von ihrer Resonanzfrequenz ab: der Schallschutz der Hohlkastendecke mit akustischer Vorsatzschale wird umso besser, je kleiner die Resonanzfrequenz der Vorsatzschale ist. Um den Einfluss dieser Bauteile auf den Luft- und Trittschallschutz

der Geschossdecke zu erkennen, werden daher zunächst die Resonanzfrequenzen berechnet.

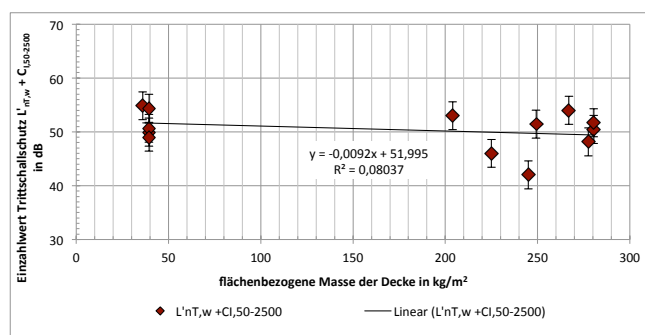


Abbildung 7: Einzahlwerte des Trittschallschutzes der Hohlkastendecken, $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$, als Funktion der flächenbezogenen Masse der Rohdecke, m' . Die durchgezogene Linie stellt die y-aus-x-Regressionsgerade für die Messwerte dar. Darüber hinaus ist die Geradengleichung der Regressionsgeraden und das Bestimmtheitsmaß R^2 angegeben

Die Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs auf der Hohlkastendecke wird nach folgender Formel ermittelt:

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ in Hz} \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet

- m'_1 die flächenbezogene Masse der Hohlkastendecke in kg/m^2
- m'_2 die flächenbezogene Masse der Estrichplatte in kg/m^2
- s' die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung in MN/m^3

Die Hohlkastendecken werden in zwei Gruppen eingeteilt: Gruppe 1 nur mit schwimmendem Estrich und Gruppe 2 mit schwimmendem Estrich und abgehängter Decke.

Allerdings stehen nur zwei (drei) Messungen für den Luftschallschutz (Trittschallschutz) der Gruppe 1 für Hohlkastendecken ohne abgehängte Decken zur Verfügung. Daher konnte für diese Gruppe von Schallmessungen keine statistische Analyse durchgeführt werden.

Luftschallschutz

In Abbildung 8 sind als Beispiel die Einzahlwerte des Luftschallschutzes der Hohlkastendecke, $D_{nT,w} + C_{50-5000}$, über $10 \lg(f_0)$, dem dekadischen Logarithmus der Eigenfrequenz des Unterlagsbodens, f_0 , für die Hohlkastendecken mit abgehängten Decken aufgetragen.

Die statistische Auswertung zeigt ebenfalls nur eine schwache Korrelation zwischen den Einzahlwerten der Luftschalldämmung der Hohlkastendecken mit abgehängter Decke und der Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs.

Damit sind die Einzahlwerte der Luftschalldämmung der Hohlkastendecken mit abgehängten Decken nur wenig von der Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs abhängig.

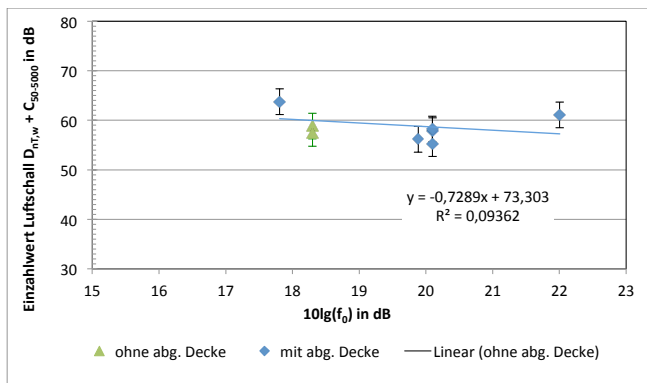


Abbildung 8: Einzahlwerte des Luftschallschutzes der Hohlkastendecken, $D'_{nT,w} + C_{50-5000}$, als Funktion von $10\lg(f_0)$, der Resonanzfrequenz, f_0 , des schwimmenden Estrichs. Die durchgezogene Linie stellt die y-aus-x-Regressionsgerade für die Messwerte dar. Darüber hinaus ist die Geradengleichung der Regressionsgeraden und das Bestimmtheitsmaß R^2 für die Hohlkastendecken mit schwimmendem Estrich und abgehängten Decken angegeben.

Trittschallschutz

Auch hier werden nur die Hohlkastendecken mit abgehängten Decken einer statistischen Analyse unterzogen.

In Abbildung 9 sind beispielhaft die Einzahlwerte des Trittschallschutzes der Hohlkastendecke, $L'_{nT,w} + C_1$, über $10\lg(f_0)$ dem dekadischen Logarithmus der Resonanzfrequenz f_0 des schwimmenden Estrichs aufgetragen.

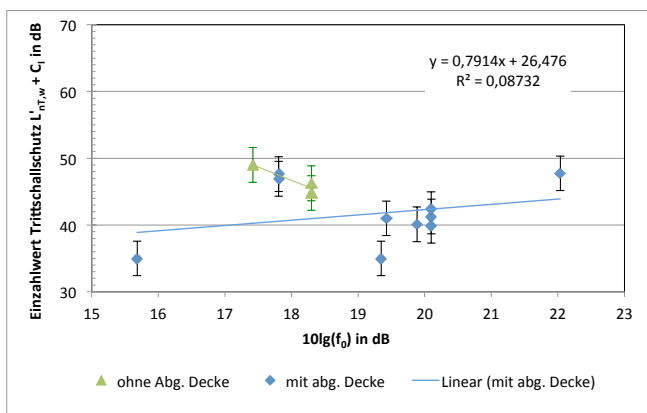


Abbildung 9: Einzahlwerte des Trittschallschutzes der Hohlkastendecken, $L'_{nT,w} + C_1$, als Funktion von $10\lg(f_0)$, der Resonanzfrequenz, f_0 , des schwimmenden Estrichs. Die durchgezogenen Linien stellen die y-aus-x-Regressionsgeraden für die Messwerte dar. Darüber hinaus ist die Geradengleichung der Regressionsgeraden und das Bestimmtheitsmaß, R^2 , für die Hohlkastendecken mit abgehängter Decke angegeben.

Die statistische Auswertung zeigt wieder eine schwache Korrelation zwischen den Einzahlwerten der Trittschalldämmung der Hohlkastendecken, $L'_{nT,w} + C_1$ und der Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs. Damit sind auch die Einzahlwerte der Trittschalldämmung der untersuchten Hohlkastendecken mit abgehängten Decken nicht von der Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs abhängig.

Trägt man die Einzahlwerte $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ über dem dekadischen Logarithmus der Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs, $10\lg(f_0)$, auf, so ergibt die statistische Auswertung ebenfalls keine Abhängigkeit dieser Einzahlwerte von der Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs mit abgehängter Decke.

Da die subjektive Lästigkeit der Wahrnehmung von Gehgeräuschen mit der Einzahlangabe $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ eng korreliert ist [7], bedeutet dies, dass der subjektiv wahrgenommene Trittschallschutz der untersuchten Hohlkastendecken sehr ähnlich ist.

Danksagung

Die Messungen und die Analyse sind Teil des Forschungsschwerpunkts Schallschutz im Holzbau, einem Gemeinschaftsprojekt der Lignum Holzwirtschaft Schweiz und der Berner Fachhochschule AHB. Wir bedanken uns für die Förderung des Forschungsschwerpunktes durch das Bundesamt für Umwelt, BAFU im Rahmen des Aktionsplan Holz. Darüber hinaus danken wir allen beteiligten Industriepartnern und Verbänden für die Unterstützung bei der Durchführung der Messungen.

Literatur

- [1] SN EN ISO 140-4 (1998): „Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen Teil 4: Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden“ Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich
- [2] SN EN ISO 140-7 (1998): „Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen Teil 7: Messung der Trittschalldämmung von Decken in Gebäuden“ Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich
- [3] SIA 181 (2006) „Schallschutz im Hochbau“ Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich
- [4] SN EN ISO 717-1 (2013): „Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung“ Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich
- [5] SN EN ISO 717-2 (2013): „Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 2: Trittschalldämmung“ Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich
- [6] EN ISO 12999 (2014): „Akustik - Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik - Teil 1: Schalldämmung“ Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich
- [7] A. Rabold, U. Schanda, J. Hessinger „Korrelation zwischen Geher und Norm-Hammerwerk bei der Trittschallübertragung“ Jahrestagung der deutschen akustischen Gesellschaft, DAGA 2011, Düsseldorf