

FACHREFERAT - IM RAHMEN DES ASCHWANDEN-CAMPUS

Eine neue Generation von trittschallmindernden Kraftübertragungselementen

Prof. Dr. Ing. Urs Bopp SIA/VDI,

Hochschule für Technik der Fachhochschule Nordwestschweiz

Prof. Dr. sc. math. Marcel Steiner,

Hochschule für Technik der Fachhochschule Nordwestschweiz

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Vorgehen	5
3. Realitätsnahe Versuche an Prüfinstituten	9
4. Messverfahren der Hochschule für Technik Stuttgart	15
5. Einbau der Kraftübertragungselemente	17
6. Zusammenfassung	21
7. Literatur und Normen	23

1 Einleitung

Im Bauwesen werden bei der Auflagerung von Gebäudeteilen häufig Kraftübertragungselemente eingesetzt. Diese kommen vor allem bei Treppen, Balkonen, Podesten und Laubengängen zum Einsatz. Es handelt sich dabei um einachsige Übertragungselemente für die Aufnahme von Querkräften und Zugkräften. Ein besonderes Augenmerk wird dabei nicht nur auf die Schwingungsdämpfung, sondern vor allem auch auf die Trittschalldämmung gelegt. Beim Trittschall handelt es sich um eine spezielle Form des Körperschalls, der gerade beim Übergang von Treppenhäusern zum angrenzenden Wohnbereich sehr unangenehm auftreten kann. Durch statisch notwendige Verbindungen entsteht eine akustische Brücke, durch welche Körperschall von einem Bauteil zum anderen übertragen werden kann. Dies erfordert eine effiziente akustische Entkoppelung.

1.1 SIA 181:2006

Mit der Einführung der überarbeiteten Norm für den Schallschutz im Hochbau SIA 181 im Jahre 2006 gelten bei Doppel- und Reiheneinfamilienhäusern, sowie bei neugebautem Stockwerkeigentum die erhöhten Anforderungen [1, § 2.2.2]. Für den Trittschall gelten bei Neubauten erhöhte Anforderungen [1, § 3.2.2.3].

1.2 Erhöhte Ansprüche der Bauherren

Neben den gesetzlichen Vorschriften für die Körperschalldämmung im Bauwesen haben auch die Bauherren vermehrt erhöhte Ansprüche an die Bauausführung. Eine effiziente akustische Isolierung ist zudem eine absolute Notwendigkeit für die Bauherrschaft, da Körperschallbrücken in Wohnhäusern zu sehr unerwünschten Folgen führen können. Durch das erhöhte Ruhebedürfnis und Ruheempfinden unserer Gesellschaft muss den hohen Anforderungen an den Schallschutz bereits bei der Projektierung von Betontragelementen Rechnung getragen werden. Durch eine sorgfältige Planung der dabei auftretenden Dilatationsfugen kann die Schallübertragung zwischen Gebäudeteilen wesentlich reduziert werden. Falls in einem Wohnhaus vorhandene Körperschallbrücken zu einer Wohnqualitätseinbusse führen, kann dies auf das Objekt extrem wertvermindernd wirken und für die Bewohner sehr störend sein. Zudem ist eine nachträgliche Sanierung von Körperschallbrücken kaum, oder nur mit einem zum Teil enormen Aufwand möglich. Herkömmliche Auflagerkonstruktionen sind aus ästhetischen und funktionellen Gründen unerwünscht, denn diese beanspruchen einen relativen grossen Platz.

1.3 Ziel

Die Firma F.J. Aschwanden AG in Lyss stellt innovative und qualitativ hochstehende Produkte im ingenieurmässigen Bauwesen her. Im Angebot ist unter anderem die Produktelinie Silent, dies sind Elemente, die zur Körperschallisolation eingesetzt werden. Diese Produkte werden laufend weiterentwickelt und optimiert.

Aufgrund der steigenden Anforderungen im Schallschutz durch Normen und Bauherren war es schon früh das Ziel der Firma F.J. Aschwanden AG, die Isolationswirkung von Querkraftdornen, Ankern und Bewehrungselementen weiter zu entwickeln. Neben Verbesserung der akustischen und baustatischen Eigenschaften standen Fragen der Montierbarkeit, oder ästhetische Überlegungen im Vordergrund.

Die Weiterentwicklung wurde in Zusammenarbeit mit Fachspezialisten aus den Bereichen Bauingenieurwesen der Hochschule für Technik Rapperswil, Akustik und Schwingungstechnik der Hochschule für Technik der FHNW in Windisch sowie Physik der Universität Basel durchgeführt. Die akustischen Prüfungen der entwickelten Elemente fanden an den Forschungsstätten der EMPA in Dübendorf und des Fraunhofer Instituts für Bauphysik IBP in Stuttgart statt.

2 Vorgehen

In den letzten Jahren wurden mit Erfolg neue Materialien zur effizienten Schwingungsdämpfung im Bauwesen entwickelt. Diese weisen aber in der Regel geringere zulässige Flächenpressungen auf und deshalb müssen die Elemente auch in ihrer Gestaltung auf das neue Material optimiert werden.

In der Vergangenheit wurde bei der Materialwahl grosser Wert auf die reine Schwingungsdämpfung gelegt, welche im Hinblick auf die akustische Schallübertragung nicht alleine relevant ist. In den vorliegenden Untersuchungen wurden die Materialien vor allem im Hinblick auf eine gute Isolationswirkung bei der Körperschallübertragung ausgewählt.

In Voruntersuchungen im Labor der Hochschule für Technik der FHNW wurden verschiedene Materialien und unterschiedliche Materialkombinationen unter maximal zulässiger Dauerlast, wie auch unter geringeren Lasten auf ihre Körperschallminderung untersucht.

2.1 Vorversuche

Messaufbau

Der Versuchsaufbau ist angelehnt an die in den letzten Jahren durchgeführten Versuche von Sommerfeld [2] und Fichtel et al [3] sowie an die Norm DIN EN ISO 16251-1 [4].

Die vom Normhammerwerk erzeugten Schwingungen werden über eine Reihe von Lastplatten aus Stahl in eine Lastplatte aus Beton übertragen (Bild 1). Um die Körperschallübertragung zwischen den Lastplatten zu verbessern, sind die Stahl-Lastplatten überschleift und die Beton-Lastplatte überfräst. Versuche haben gezeigt, dass die Anzahl der Stahl-Lastplatten keinen wesentlichen Einfluss auf die Körperschallübertragung zwischen Hammerwerk und Beton-Lastplatte hat.

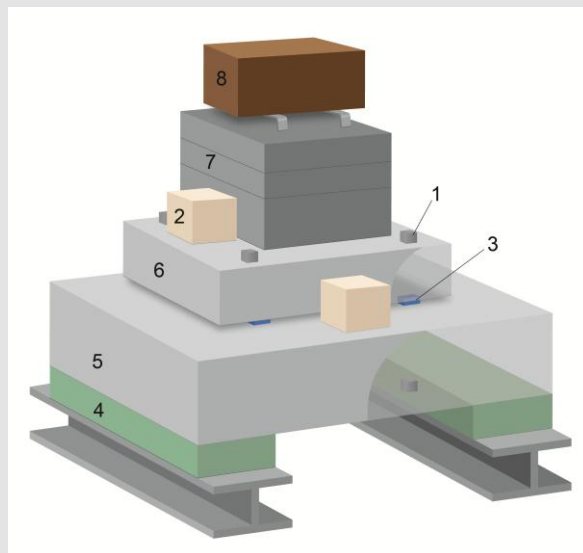


Bild 1: Prüfstand der Vorversuche. 1 Beschleunigungsaufnehmer, 2 abgekapseltes Mikrofon, 3 Prüfling, 4 elastische Lagerung, 5 Beton-Grundplatte, 6 Beton-Lastplatte, 7 Stahl-Lastplatten, 8 Normhammerwerk

Die Lastplatten und das Hammerwerk sind über die Prüflinge (Isolation) auf der Beton-Grundplatte abgestützt. Durch Änderung der Anzahl der Stahllastplatten kann die Last variiert werden. Zur Messung der Schwingungsübertragung sind auf der Beton-Lastplatte und der Beton-Grundplatte je drei Beschleunigungsaufnehmer befestigt. Die Auswertung erfolgt ebenfalls in Analogie zu DIN EN ISO 16251-1 [4].

Zusätzlich wird die Körperschallübertragung auch direkt durch Messen des sekundären Luftschalls (abgestrahlter Körperschall) ermittelt. Insbesondere die Gesamtpegel des Luftschalls sind ein gutes und anerkanntes Mass für das Störempfinden des Menschen. Dazu werden über der Beton-Lastplatte und der Beton-Grundplatte je ein von der Umgebung abgekapseltes Mikrofon angebracht. Dadurch wird von den Mikrofonen überwiegend der von der jeweiligen Betonplatte abgestrahlte Luftschall aufgenommen, während der direkte Luftschall durch die doppelte Kapselung des Mikrofons weitgehend abgeschirmt wird.

Versuchsreihen

Es wurden zahlreiche Versuche und Messungen unter unterschiedlichen Lasten durchgeführt. Um optimale Resultate zu erhalten, wurden die Isolationsmaterialien in unterschiedlichen Anordnungen (Sandwichanordnung, etc.) getestet und miteinander verglichen. Auch das Verhalten bei Feuchtigkeitsaufnahme durch das Isolationsmaterial wurde geprüft.

Messergebnisse und Schlussfolgerungen

Aus den Vorversuchen wurden wichtige Erkenntnisse für die Auswahl der besten Materialien gewonnen. Die Streuungen bei den Versuchen waren erwartungsgemäss relativ gross, so dass eine Vielzahl von Messungen durchgeführt wurde, um gesicherte Resultate zu erhalten.

Die Experimente zeigten, dass die neuen Isolationsmaterialien eine wesentlich bessere Körperschalldämmung aufweisen, als die früher verwendeten Materialien, besonders im bauakustisch wichtigen tieffrequenten Bereich bis ca. 400 Hz. Auch die neuesten hochbelastbaren Materialien weisen eine sehr gute Isolationswirkung auf.

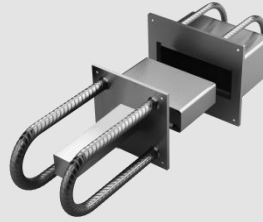
Der Einsatz der neuesten Isolationsmaterialien verspricht somit eine sehr gute Trittschallminderung bei hohen bis sehr hohen Lasten.

2.2 Neues Design der Kraftübertragungselemente

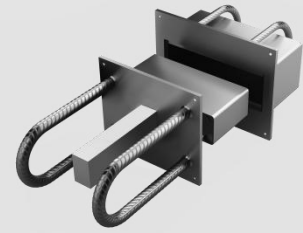
Basierend auf den Ergebnissen der Vorversuche wurde die Ausgestaltung der neuen Kraftübertragungselemente in Angriff genommen. Da die neuen Isolationsmaterialien unterschiedlich weich sind, musste unter anderem die Auflagefläche angepasst werden. Dies führte zum neuen Design der Querkraftdorne CRET Silent-980 bis -986, der Querkraftdorne für die Vorfabrikation CRET Silent-945 APG bis -947 APG, der Anker RIBA Silent-912, bis -917 sowie der Treppenlager NELL Silent (Bilder 2 bis 5).



CRET Silent-984

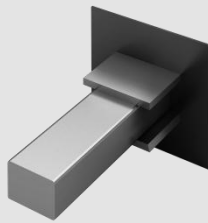


CRET Silent-985

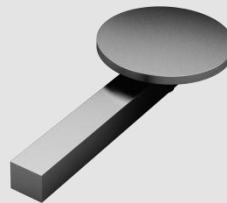


CRET Silent-986

Bild 2: CRET Silent Querkraftdorne für Ortbeton



Hülse



Dorn

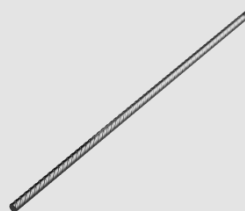


APG

Bild 3: CRET Silent Querkraftdorne für die Vorfabrikation
CRET Silent-945 APG, -946 APG, -947 APG



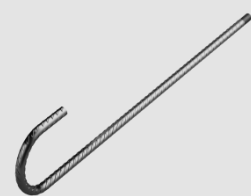
Hülse



Anker Modell A



Anker Modell B

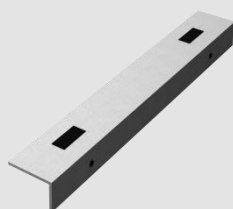


Anker Modell C

Bild 4: RIBA Silent Zug- und Druckanker
RIBA-915, -917



NELL Silent-Z



NELL Silent-L



NELL Silent-F



NELL Silent-W



NELL Silent-Isolmat

Bild 5: NELL Silent Treppenlager und Lager

3 Realitätsnahe Versuche an Prüfinstituten

3.1 Messaufbau

Um die neuen Querkraftdorne und Anker auch unter realitätsnahen Einbaubedingungen zu überprüfen, wurde die EMPA in Dübendorf und das Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP in Stuttgart beauftragt, Versuche in ihren Prüfständen durchzuführen.

Weil es bisher keine Norm zur Prüfung der akustischen Eigenschaften von Querkraftdornen oder Ankern gab, haben die Prüfinstitute ein Messverfahren in Anlehnung an die Norm für Deckenkonstruktionen empfohlen, das in der Reihe DIN EN ISO 10140 geregelt ist. In dieser Normenreihe wird die Messung der Trittschallminderung, z.B. mit Deckenauflage, geregelt.

Der Prüfstand ist dabei so konzipiert, dass originale CRET Silent und RIBA Silent Kraftverbindungselemente im eingebauten Zustand untersucht werden können. Dieser Versuchsaufbau kommt einer realen Einbausituation sehr nahe (Bild 6).

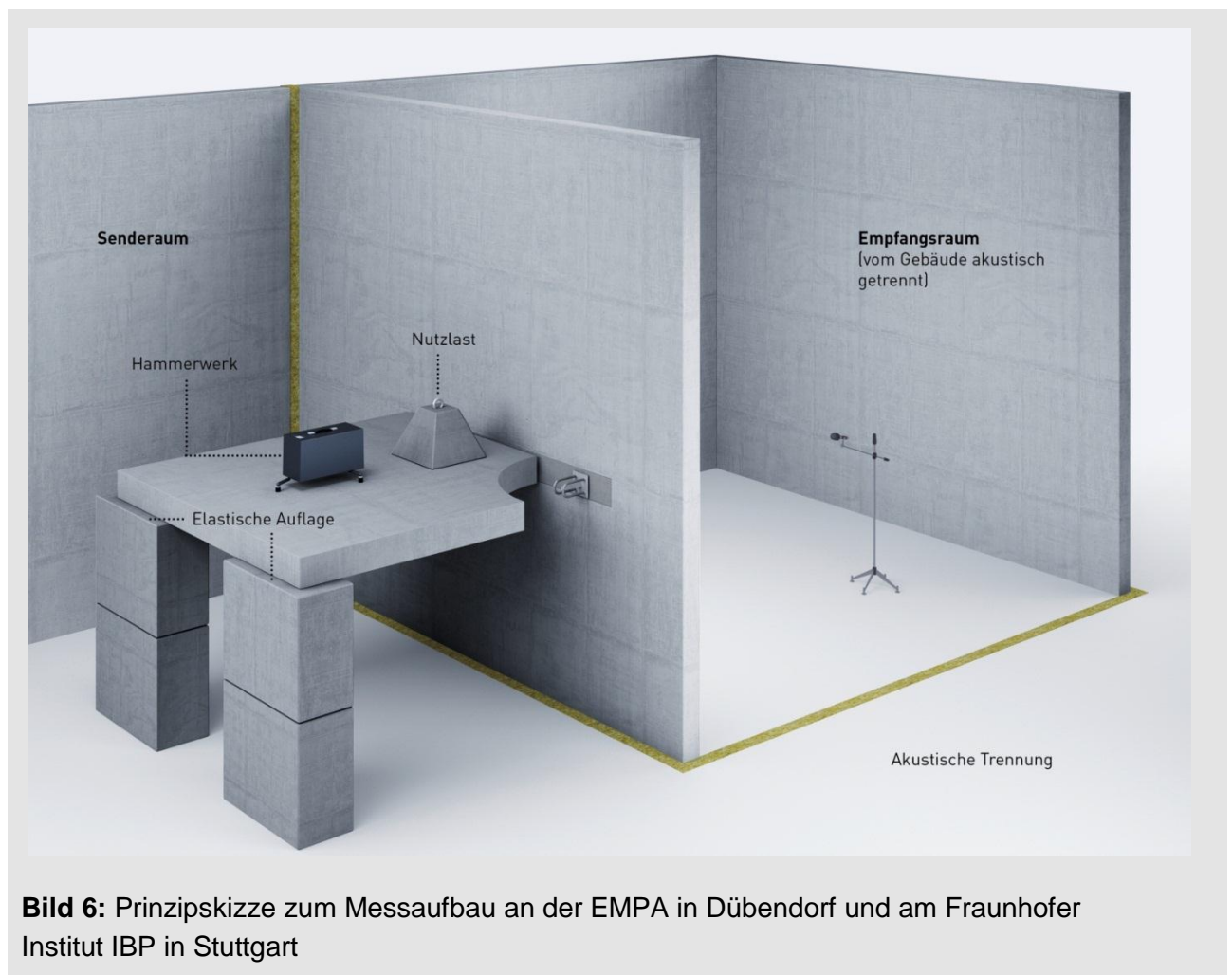


Bild 6: Prinzipskizze zum Messaufbau an der EMPA in Dübendorf und am Fraunhofer Institut IBP in Stuttgart



Bild 7: Ansicht der EMPA-Versuchsanordnung ohne Nutzlast (Quelle: EMPA Untersuchungsbericht Nr. 446465)



Bild 8: Einbau der Podestplatte ohne Nutzlast am Fraunhofer Institut IBP

Die Podestplatte mit dem trittschallmindernden Element wurde in die Wand des Prüfraums eingebaut und mit Hilfe eines Normhammerwerks angeregt. Das freie Ende der Podestplatte wurde elastisch gelagert, um Nebenwege bei der Übertragung zu vermeiden. Dabei konnte die Nutzlast mit Stahl- und Betongewichten simuliert werden. Als Referenzlösung wurde die Podestplatte fest eingemauert und ebenfalls mit dem Normhammerwerk angeregt (Bilder 7,8).

In Anlehnung an die Norm EN ISO140-8, bzw. DIN EN ISO 10140-3 wird dazu eine Messung in den einzelnen Terzbändern vorgenommen:

- (a) Der Trittschallpegel $L_{n,r,0}$ der Konstruktion der durchgehenden, fugenlosen Platte mit festem Einbau im Mauerwerk (entspricht der Nullmessung).
- (b) Der entsprechende Wert $L_{n,r}$ der Rohdecke mit dem CRET Silent-Querkraftdorn, bzw. dem RIBA Silent-Anker (entspricht der Messung mit der trittschallmindernden Massnahme).

Die Trittschallminderung in den einzelnen Terzbändern ist dann durch

$$\Delta L = L_{l,n,r,0} + L_{n,r} [dB]$$

gegeben.

3.2 Messergebnisse

Bild 9 zeigt die vom Fraunhofer IBP ermittelte Trittschallminderung der neuen Querkraftdorne CRET Silent-984, -985 und -986 gegenüber einem fest eingebauten Podestplatte.

Bereits 1998 hat die EMPA, die damals neu entwickelten Querkraftdorne CRET Silent-960/-970 und später CRET Silent-980 im Auftrag der F.J. Aschwanden AG nach dem gleichen Verfahren gemessen. Auch diese Messergebnisse sind in Bild 9 wiedergegeben. Die Zahlenwerte in Bild 9 geben die Reduktion der A-bewerteten Terzpegel gegenüber einem fest eingebauten Podest wieder.

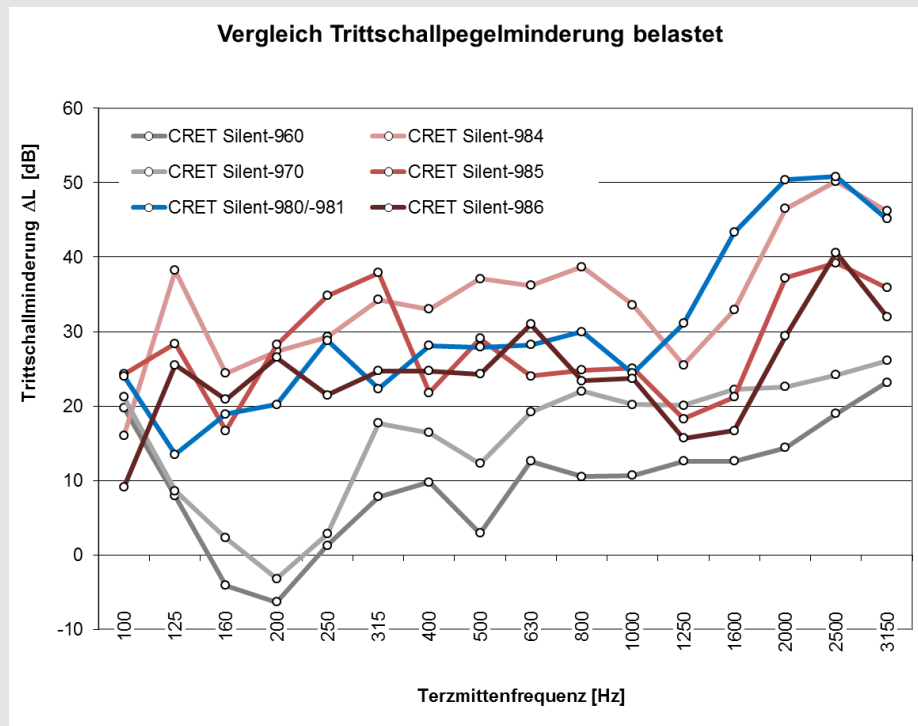


Bild 9: Von der EMPA, bzw. dem Fraunhofer IBP ermittelte Trittschallminderung der CRET Silent-Querkraftdorne mit Nutzlast gegenüber einem fest eingebauten Podest

Wie aus Bild 9 ersichtlich, ist die Trittschallminderung der neuen CRET Silent Elemente, im Gegensatz zu herkömmlichen Querkraftdornen, bereits im tieffrequenten Bereich mit 20 bis 30 dB sehr gut. Im hochfrequenten Bereich erreicht die Trittschallminderung sogar Werte zwischen 40 und 50 dB.

Einbrüche in der Trittschallminderung unter 10 dB bei einzelnen Terzmittenfrequenzen treten bei den neuen CRET Silent-980 bis -986 Querkraftdornen nicht auf.

Zur einfachen Charakterisierung von trittschallmindernden Elementen wird anstelle der Trittschallminderung der sechzehn Terzbänder oft eine Einzahlangabe gewünscht. Weil es noch kein internationales Prüfverfahren für Podest- und Treppenlager gibt, wurde bei den Silent-Elementen diese Einzahlangabe in Form einer bewerteten Trittschallminderung ΔL_w nach EN ISO 717-2 vorgenommen. Dieses Verfahren kann gut auf den vorliegenden Fall angewendet werden. Dies wird auch durch andere Untersuchungen bestätigt [5 - 7].

CRET Silent

Für die Querkraftdorne der neuesten Generation, CRET Silent-984, -985 und -986, ergaben sich aus den Messwerten des Fraunhofer IBP für diese bewertete Trittschallminderung ΔL_w gegenüber der fest eingebauten Podestplatte die folgenden Werte:

CRET Silent-984: $\Delta L_w = 40$ dB,

CRET Silent-985: $\Delta L_w = 30$ dB,

CRET Silent-986: $\Delta L_w = 26$ dB.

Die Elemente mit niedrigem Tragwiderstand erreichen ausgezeichnete und die mit hohem Tragwiderstand immer noch sehr gute Trittschallminderungswerte.

Auch bei den trittschallmindernden Querkraftdornen CRET Silent-945 APG bis -947 APG für den Einbau in vorfabrizierten Gebäudeteilen wurden ähnliche Ergebnisse ermittelt.

Bild 10 zeigt die bewertete Trittschallminderung der trittschallmindernden Querkraftdorne im Vergleich zum Tragwiderstand der einzelnen Elemente bei einer Fugenbreite $e = 20$ mm.

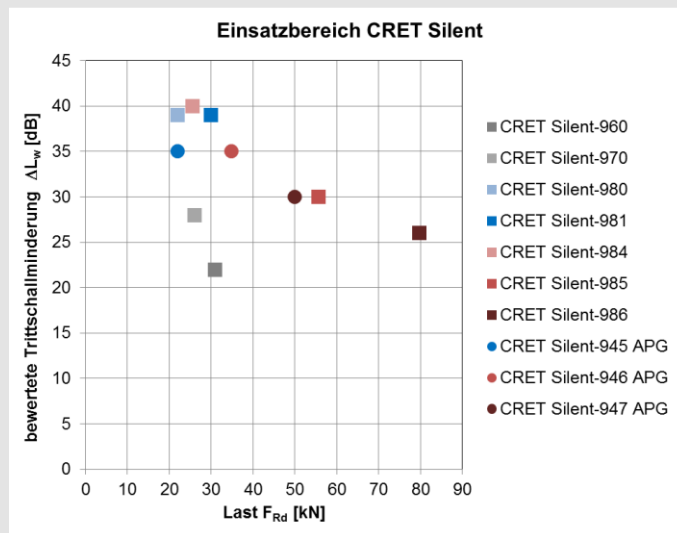


Bild 10: Einsatzbereich der trittschallmindernden Querkraftdorne: gemessene bewertete Trittschallminderung und maximaler Tragwiderstand

RIBA Silent

Bei den schalldämmenden Anker wurden die folgenden bewerteten Trittschallminderungen ΔL_w gegenüber der fest eingebauten Podestplatte gemessen:

RIBA Silent-912: $\Delta L_w = 39$ dB,

RIBA Silent-915: $\Delta L_w = 33$ dB,

RIBA Silent-917: $\Delta L_w = 33$ dB.

Bild 11 zeigt die bewertete Trittschallminderung der trittschallmindernden Anker im Vergleich zum Tragwiderstand.

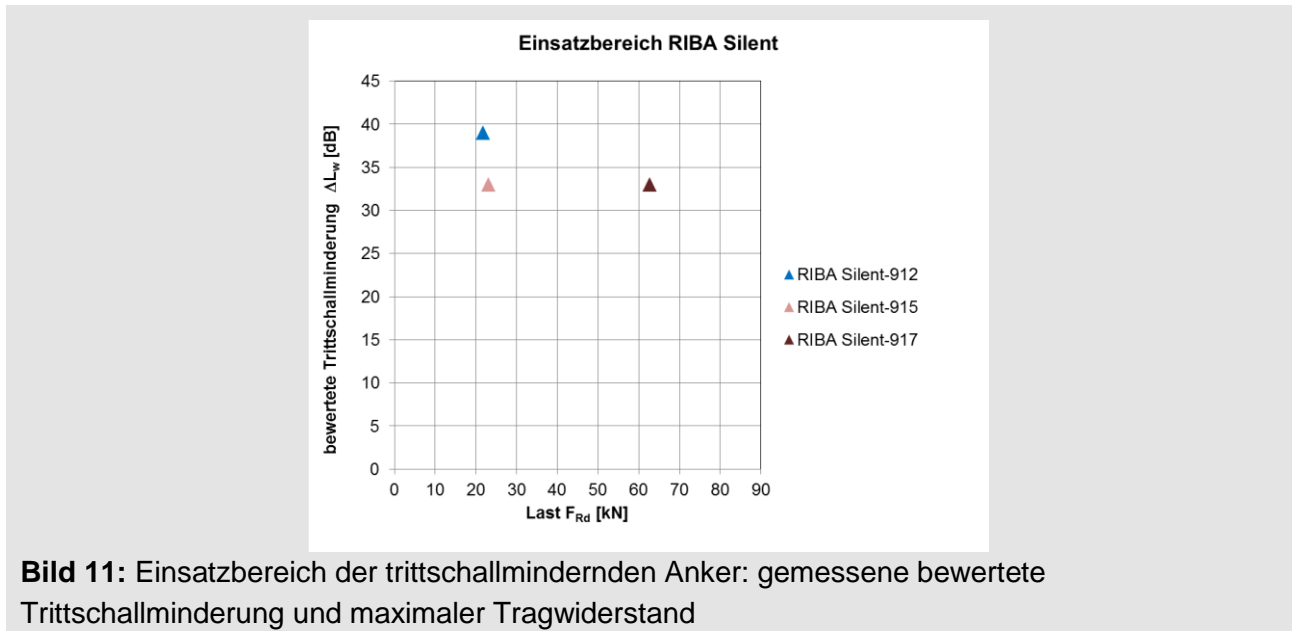


Bild 11: Einsatzbereich der trittschallmindernden Anker: gemessene bewertete Trittschallminderung und maximaler Tragwiderstand

EMPA Untersuchungsberichte:

CRET Silent-945 APG Nr. 454317

CRET Silent-960, -970 Nr. 149285/2

CRET Silent-980*, -981* Nr. 446465

ARBO Silent-700 Nr. 172809

RIBA Silent-912* Nr. 446465

Fraunhofer-Institut IBP Untersuchungsberichte:

CRET Silent-984 P-BA 295/2014

CRET Silent-985 P-BA 9/2014

CRET Silent-986 P-BA 294/2014

CRET Silent-946 APG P-BA 297/2014

CRET Silent-947 APG P-BA 298/2014

RIBA Silent-915 P-BA 12/2014

RIBA Silent-917 P-BA 13/2014

Auszüge der Untersuchungsberichte können über die Webseite www.aschwanden.com bezogen werden.

4 Messverfahren der Hochschule für Technik Stuttgart

In einer Publikation [7] hat die Hochschule für Technik in Stuttgart ein neues Messverfahren zur Beurteilung der Trittschallminderung von entkoppelten Massivtreppen vorgestellt. Der in dieser Publikation vorgestellte Messaufbau ist weitgehend identisch mit dem wie er an der EMPA und dem Fraunhofer Institut IBP verwendet wird.

Ein grundlegender Unterschied besteht jedoch in der Referenzmessung. Bei den Versuchen der EMPA und des IBP wird als Referenz eine Podestplatte fest eingemauert und mit dem Normhammerwerk die Referenzplatte angeregt, so als ob beim realen Einbau eines Treppenpodests keine Schallschutzmassnahme vorgesehen würde (Bild 12).

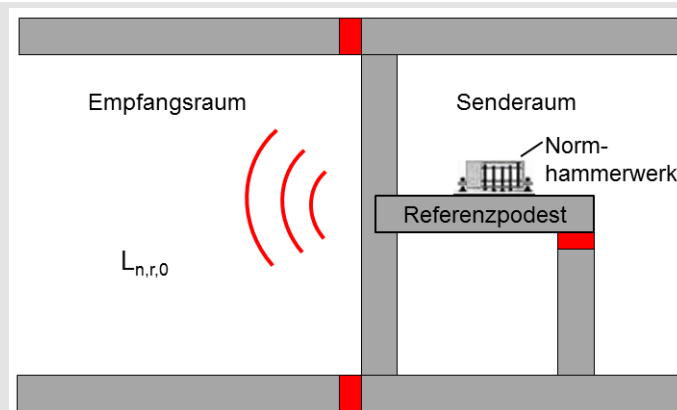


Bild 12: Von der EMPA und dem Fraunhofer Institut IBP verwendeter Messaufbau für die Referenzmessung

Bei dem von der Hochschule für Technik in Stuttgart vorgeschlagenen neuen Messaufbau wird bei der Referenzmessung keine Podestplatte eingebaut, sondern mit dem Hammerwerk direkt die Wand angeregt (Bild 13).

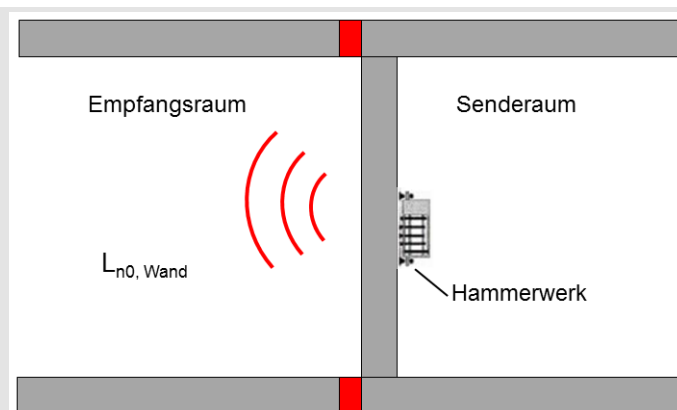


Bild 13: Von der Hochschule für Technik in Stuttgart vorgeschlagener Messaufbau für die Referenzmessung [7]

In [7] wird die mit Anregung auf der Podestplatte ermittelte bewertete Trittschallminderung als ΔL^* und die mit der Wandanregung ermittelte bewertete Trittschallminderung als ΔL^{**} bezeichnet.

ΔL^* entspricht demnach der an den Prüfinstituten EMPA und IBP ermittelten bewerteten Trittschallminderung ΔL .

Bisher publizierte Messwerte zeigen, dass die nach der neuen Methode der Hochschule für Technik in Stuttgart ermittelte bewertete Trittschallminderung ΔL^{**} um 8 bis 9 dB höhere Zahlenwerte ergibt, als wenn die bewertete Trittschallminderung nach der Methode der EMPA und des Fraunhofer Instituts IBP ermittelt wird.

5 Einbau der Kraftübertragungselemente

Gegenüber herkömmlichen Auflagerkonstruktionen erfordern CRET Silent-Dorne einen minimalen Aufwand bei der Planung und der Bauausführung. Zudem sind keine Doppelstützen oder Doppelwände erforderlich. Dies wiederum führt zu einem wertvollen Gewinn an Nutzfläche. CRET Silent-Dorne ermöglichen eine einfache und akustisch effiziente Trennung von Bauteilen. Einfachste Geometrien der Fugenausbildung können mit den CRET Silent-Dornen konstruktiv und ausführungstechnisch einfach konzipiert werden.

Das Verlegen von CRET Silent-Querkraftdornen auf den Baustellen erfolgt, indem die CRET-Hülsen auf die Schalung genagelt werden (Bild 14). Nach dem Betonieren und Ausschalen erfolgt das Aufziehen des Füllmaterials mit Steinwolle und anschliessendem Einschleiben der CRET-Dorne. Dabei muss die Schalung weder speziell bearbeitet noch durchbohrt werden. Beim ganzen Einbau ist sicher zu stellen, dass keine Körperschallbrücken entstehen, da sonst die akustische Isolierung stark vermindert werden könnte. Dazu werden die Ränder der CRET-Dorne und allfällige Fugen im Füllmaterial mit Klebeband abgeklebt.

Der Einbau von RIBA Silent-Ankern erfolgt, indem die Verankerungshülsen auf die Schalung der ersten Betonieretappe aufgenagelt werden. Nach dem Betonieren und Ausschalen der ersten Etappe wird dann der Verankerungsstab in die Hülse geschraubt. Wiederum ist sicher zu stellen, dass keine Körperschallbrücken jeglicher Art auftreten können.

Generell ist der Vermeidung von Körperschallbrücken grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Anders als bei anderen physikalischen Vorgängen, wie zum Beispiel der Wärmeübertragung, kann bereits eine Körperschallbrücke kleinster Dimension die Wirkung von trittschallmindernden Massnahmen stark vermindern, oder im unglücklichsten Falle sogar ganz zunichtemachen. Ursache dafür ist, dass zur akustischen Anregung von Bauteilen bereits eine geringe Energiemenge ausreichend ist. Dazu sind nicht Übertragungsstellen von grösserer Ausdehnung erforderlich, sondern es reicht, wenn eine kleine starre Überbrückung besteht.

Aus diesem Grunde dürfen auch keine Hartschaummaterialien (Polystyrol-Hartschaum, u.ä.) als Fugenmaterial eingesetzt werden. Diese sind zwar gute Wärmeisolatoren, aber sehr schlechte Körperschallisolatoren. Als Fugenmaterial geeignet sind weiche Materialien, wie zum Beispiel Mineralwolle.

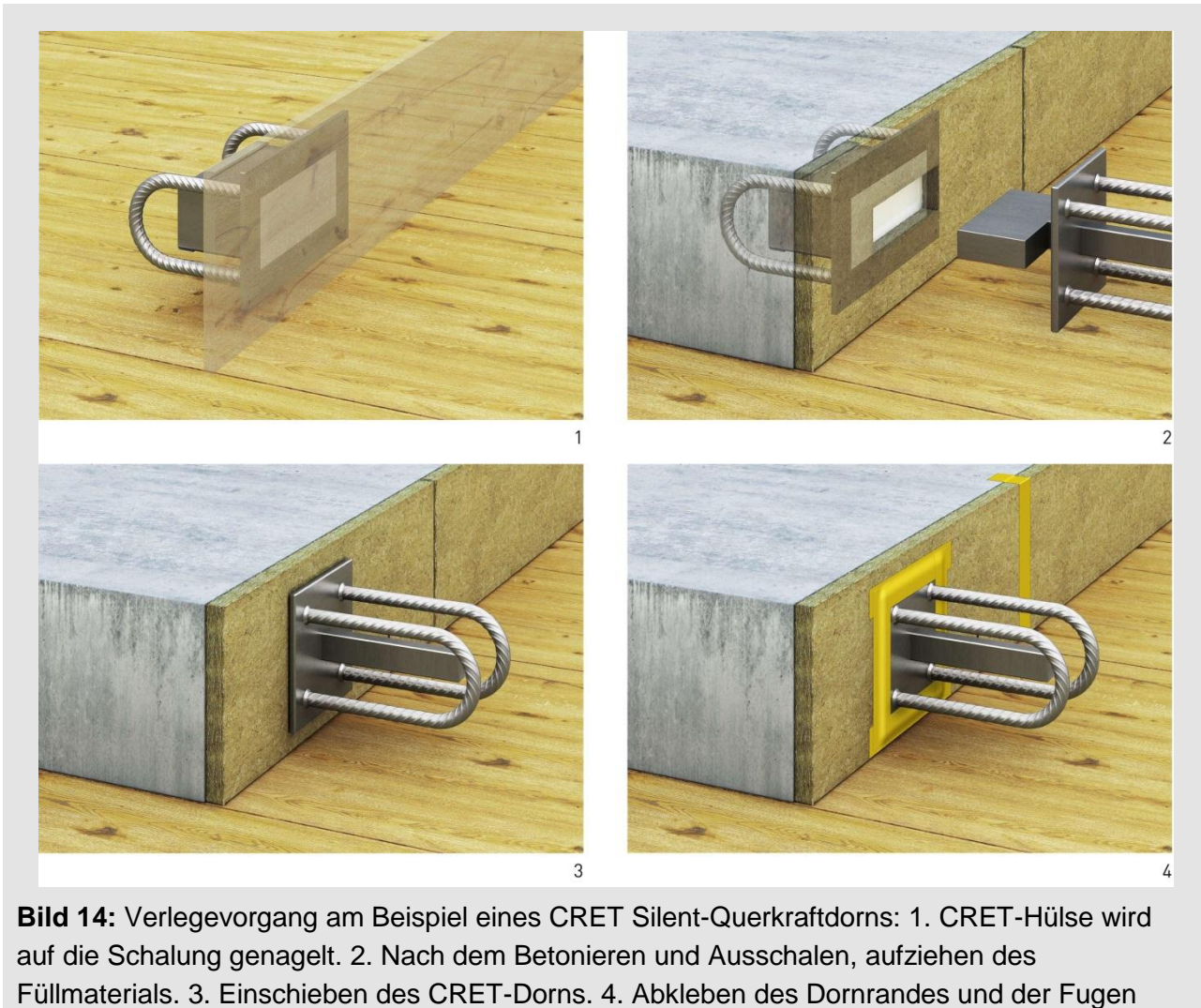


Bild 14: Verlegevorgang am Beispiel eines CRET Silent-Querkraftdorns: 1. CRET-Hülse wird auf die Schalung genagelt. 2. Nach dem Betonieren und Ausschalen, aufziehen des Füllmaterials. 3. Einschieben des CRET-Dorns. 4. Abkleben des Dornrandes und der Fugen

6 Zusammenfassung

Mit der neuesten Produkten, den Querkraftdornen CRET Silent-984, -985 und -986, den Querkraftdornen für Vorfabrikation CRET Silent-946 APG und -947 APG sowie den Ankern RIBA Silent-915 und -917 konnte die bisherige Produktreihe CRET Silent-980, -981, CRET Silent-945 APG und RIBA Silent-912, -914 um Elemente mit deutlich höherem Tragwiderstand erweitert werden. Die bewertete Trittschallminderung wurde dabei gleich hoch, oder nur wenig tiefer ermittelt.

Es stehen der Bauherrschaft und Planer somit Kraftübertragungselemente zur Verfügung, die vorzügliche baustatische und sehr gute akustische Eigenschaften aufweisen.

Damit kann dem erhöhten Ruhebedürfnis und Ruheempfinden unserer Gesellschaft und den hohen Anforderungen der Norm für den Schallschutz im Hochbau SIA 181:2006 Rechnung getragen werden.

Durch das Zusammenbringen von Fachspezialisten aus Industrie und Forschung ist es F.J. Aschwanden AG gelungen, ein innovatives Produkt mit grossem Potenzial zu entwickeln.

.

7 Literatur und Normen

- [1] SIA 181: Schallschutz im Hochbau. 2006.
- [2] M. Sommerfeld. A simplified measurement method for the determination of impact sound reduction. DAGA 2009.
- [3] C. Fichtel, J. Scheck. Bestimmung der Trittschallminderung von schwimmenden Estrichen am Kleinprüfstand. DAGA. 2012.
- [4] DIN EN ISO 16251-1: Akustik - Labormessung der Trittschallminderung von Deckenauflagen auf kleinflächigen Prüfdeckennachbildungen - Teil 1: Schwere Massivdecke. November 2014.
- [5] E. Taskan, et al. Ansatz für ein Rechenmodell zur Prognose der Trittschallübertragung von entkoppelten Massivtreppen. DAGA 2010.
- [6] J. Scheck, et al. Prognose der Trittschallübertragung von entkoppelten Massivtreppen. DAGA 2012.
- [7] J. Scheck, et al. Schallschutz von entkoppelten Massivtreppen - Teil 1: Prüfverfahren im Labor. Bauphysik 35 (2013), Heft 5, Berlin 2013.
- [8] SN EN ISO 140-8: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 8: Messung der Trittschallminderung durch eine Deckenauflage auf einer massiven Bezugsdecke in Prüfständen. März 1998.
- [9] DIN EN ISO 717-2: Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 2: Trittschalldämmung. Juni 2013.
- [10] Reihe DIN EN ISO 10140: Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand. Verschiedene Teile ab Dezember 2010.

Bemerkungen zum vorliegenden Dokument

Dokumentationen erfahren laufend Änderungen aufgrund der aktualisierten Normen und der Weiterentwicklung
Die aktuell gültige Version dieses Fachreferats befindet sich auf unserer Website.
Im Weiteren verweisen wir auf unsere AGB's.

10.2015 Copyright © by
F.J. Aschwanden AG CH-3250 Lyss T 032 387 95 95 F 032 387 95 99
www.aschwanden.com info@aschwanden.com

The logo for Aschwanden features the company name in a bold, black, sans-serif font. Below the text, there are two horizontal bars: a top bar in blue and a bottom bar in grey, both extending slightly beyond the width of the text.