

Abhängigkeit der Trittschallminderung schwimmender Zementestriche von der Größe der Estrichfläche

Dominik Erler¹, Dietmar Sprinz¹, Jörn Hübel²

¹ MFPA Leipzig GmbH, 04319 Leipzig, E-Mail: sprinz@mfpaleipzig.de

² Hochschule Mittweida, 09648 Mittweida, E-Mail: huebel@hs-mittweida.de

Einleitung

Bekanntermaßen wird die Trittschallminderung schwimmender Zementestriche auf Massivdecken hauptsächlich von der Federsteifigkeit der Trittschalldämmschicht und der Masse der aufliegenden Estrichplatte bestimmt. Einen weiteren Einfluss hat jedoch die Ausdehnung des schwimmenden Estrichs in Länge und Breite, da der Trittschall nicht nur über die Anregungsstelle in die Massivdecke eingeleitet wird, sondern auch über die komplette, zu BiegeWellen angeregte Estrichplatte. In diesem Zusammenhang fordert die englischsprachige Norm zur Messung der Trittschallminderung in Prüfständen ISO 10140-1 [1] eine minimale Estrichfläche von 10 m², die Norm DIN 4109-4 [2] sogar eine Estrichfläche entsprechend der kompletten Prüfstandsdecke.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde die Abhängigkeit der Trittschallminderung von der Estrichfläche im Bereich von 0,5 m² bis 24 m² im Prüfstand messtechnisch untersucht; nach Abschluss der Arbeit wurden zusätzliche Auswertungen vorgenommen. Die Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt. Ein funktionaler Zusammenhang zwischen Estrichfläche und Trittschallminderung wird abgeleitet.

Motivation

Zum Einfluss der flächenhaften Ausdehnung eines schwimmenden Estrichs auf die Zahlenwerte der Trittschallminderung wurde bisher nur wenig publiziert; abweichende Ergebnisse liegen vor (z.B. [4], [5]). Aus der Theorie sind keine praktisch verwendbaren Angaben für diese Zahlenwerte bekannt. Bedeutung hat die Thematik jedoch, wenn Estrichunterteilungen in einem Raum vorliegen. Zudem stellt sich die Frage, ob die Trittschallminderung am Bau in begrenztem Maß von der Raumgröße abhängen kann.

Untersuchungen

Es wurden Messungen der Trittschallminderung an 4 unterschiedlichen Zementestrichen auf 140 mm dicken Stahlbetondecken in 2 Prüfständen mit unterdrückter Flankenübertragung (Deckenfläche der Prüfstände ca. 18 m² sowie ca. 24 m²) durchgeführt. Die Zementestriche unterschieden sich in den Estrichdicken, den Trittschalldämmstoffen und den dynamischen Steifigkeiten der Trittschalldämmstoffe. Folgende Estriche wurden untersucht:

Estrich A:	95 mm Zementestrich 17 mm profilierter PUR-Schaum $s' = 10 \text{ MN/m}^3$ $f_R = 46 \text{ Hz}$
Estrich B:	100 mm Zementestrich 17 mm profilierter PUR-Elastomerverbund $s' = 12 \text{ MN/m}^3$ $f_R = 50 \text{ Hz}$
Estrich C:	55 mm Zementestrich 8 mm Polyesterfaser (offenporig) $s' = 22 \text{ MN/m}^3$ $f_R = 83 \text{ Hz}$
Estrich D:	65 mm Zementestrich 5 mm PE-Schaum (geschlossen zellig) $s' = 185 \text{ MN/m}^3$ $f_R = 226 \text{ Hz}$

Der angegebene Wert f_R bildet die rechnerische Resonanzfrequenz des Masse-Feder-Masse-Systems des jeweiligen schwimmenden Estrichs.

Begonnen wurden die Messungen jeweils an dem raumgroßen, vor Ort hergestellten Estrich nach min. 21 Tagen Abbindezeit. Nach Ermittlung der Trittschallminderung für den raumgroßen Estrich erfolgten Unterteilungen der Estrichfläche (vollständige Trennung der Estrichplatten bis Oberkante Trittschalldämmstoff) schrittweise bis zu min. 0,5 m² hinab und die Ermittlung der Trittschallminderung für diese Flächen. In Abbildung 1 ist die schrittweise Unterteilung beispielhaft dargestellt und in Abbildung 2 die entstehenden unterschiedlichen Anregungssituationen.

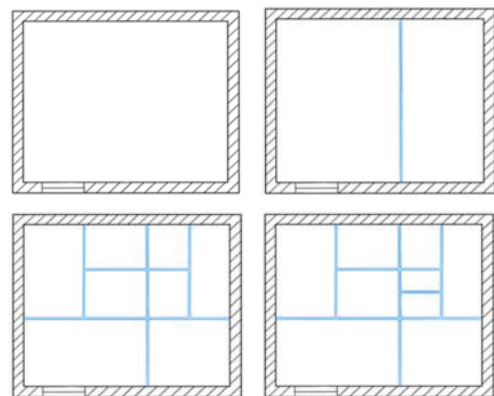


Abbildung 1: Schematische Darstellung der schrittweisen Unterteilung der Estriche (Beispiel Estrich A)

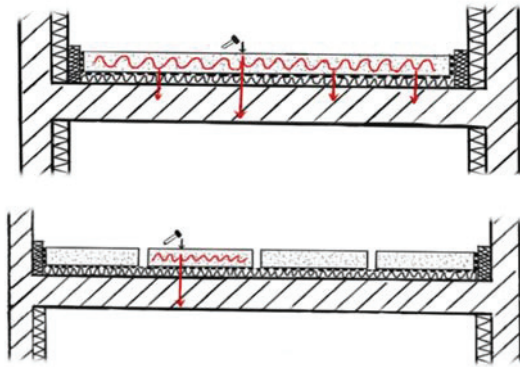


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Anregungssituation bei raumgroßem und geteiltem Estrich.

Die genauen Größen der Estrichflächen und die Anzahl der Estrichteilungen war für die verschiedenen Estriche unterschiedlich. In jedem Fall wurden aber annähernd rechteckige Estrichflächen hergestellt, mit einem Verhältnis der Seitenabmessungen im Bereich von ca. 1:1 bis ca. 1:2. Die exakten Zahlenwerte 1:1 und 1:2 wurden grundsätzlich vermieden.

Messergebnisse

In Tabelle 1 und Abbildung 3 sind für alle untersuchten Estriche die bewerteten Trittschallminderungen ΔL_w in Abhängigkeit von der Estrichfläche aufgeführt. Es zeigt sich insgesamt, dass ΔL_w mit kleiner werdender Estrichfläche ansteigt. Der Verlauf des Anstiegs ist für die einzelnen Estriche verschieden: Bei den vergleichsweise dicken Estrichen A und B setzt ein relevanter Anstieg schon nach der ersten Estrichteilung ein, bei den vergleichsweise dünnen Estrichen C und D erst bei einer Unterteilung auf ca. 4 bzw. 5 m². Bei allen Estrichen steigt ΔL_w bei einer Unterteilung auf 1 m² um 5 bis 8 dB und bei einer Unterteilung auf 0,5 m² um ca. 10 dB an.

Tabelle 1: bewertete Trittschallminderung ΔL_w der untersuchten Estriche in Abhängigkeit von der Estrichfläche

Fläche in m ²	Estrich A	Fläche in m ²	Estrich C
	ΔL_w in dB		ΔL_w in dB
24,3	32,7	18,1	24,7
14,2	34,1	8,9	24,6
10,1	34,9	8,6	25,2
6,7	35,6	6,4	24,6
4,8	37,0	4,8	24,6
3,7	38,0	4,1	25,7
2,7	38,1	2,1	26,7
1,7	38,5	1,9	28,7
1,2	39,4	1,0	32,9
0,6	41,4	0,5	34,5
0,5	42,9		

Fläche in m ²	Estrich B	Fläche in m ²	Estrich D
	ΔL_w in dB		ΔL_w in dB
24,3	31,7	18,0	17,9
12,2	32,6	8,0	18,0
5,7	35,7	5,0	19,4
3,2	38,0	2,4	20,7
1,1	38,3	0,9	23,2
		0,5	27,4

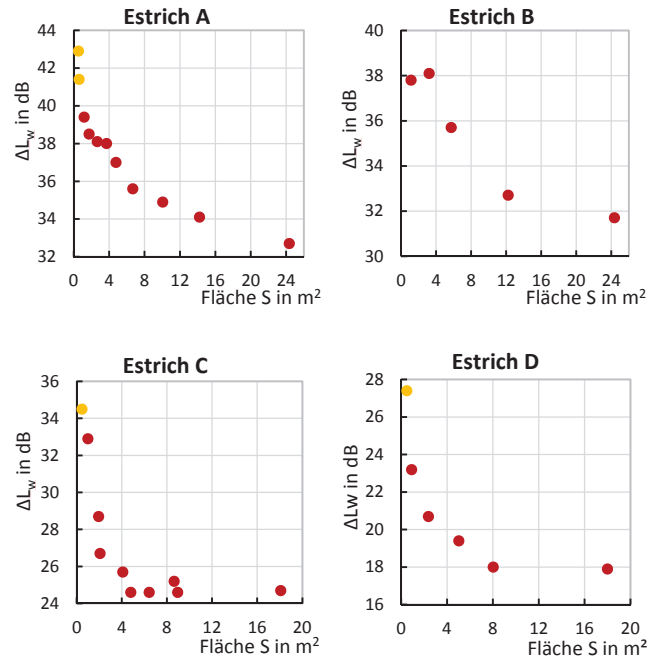


Abbildung 3: bewertete Trittschallminderung ΔL_w der untersuchten Estriche in Abhängigkeit von der Estrichfläche

- Messwerte für Estrichflächen bis 1 m²
- Messwerte für Estrichflächen unterhalb 1 m²

In Abbildung 4 sind die Messergebnisse zusammen mit einer gemeinsamen Regressionskurve für alle Estriche angegeben. Dargestellt ist die Änderung der Trittschallminderung ΔL_w bei Änderung der Estrichfläche von 10 m² auf die Fläche S. Die Bezugsfläche von 10 m² in Abbildung 4 wurde entsprechend der Mindestfläche nach [1] für Messungen der Trittschallminderung von schwimmenden Estrichen im Prüfstand gewählt.

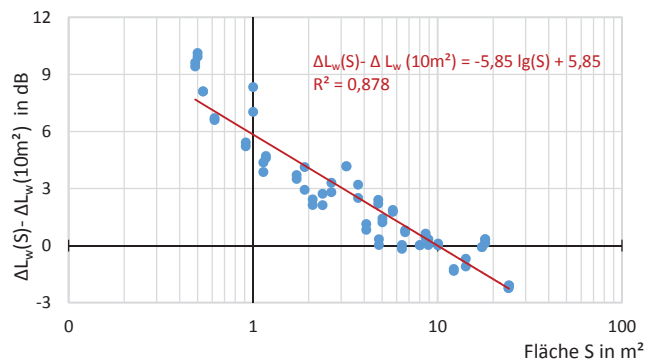


Abbildung 4: Änderung der Trittschallminderung ΔL_w bei Änderung der Estrichfläche von 10 m² auf die Fläche S (alle untersuchten Estriche)

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die subjektive Lautstärkeempfindung beim Trittschall ggf. besser durch lineare (unbewertete) Pegel beschrieben wird, wurde zusätzlich zur Messgröße ΔL_w auch die Messgröße $\Delta L_w + C_{1,\Delta}$ ausgewertet. $C_{1,\Delta}$ ist der Spektrumanpassungswert für die Trittschallminderung nach [3]; durch seine Hinzunahme wird

in den Messergebnissen eine verstärkte Störwirkung des Trittschalls im tiefen Frequenzbereich bis zu 100 Hz hinab berücksichtigt.

In Abbildung 5 sind die Werte ΔL_w und $\Delta L_w + C_{1,\Delta}$ in Abhängigkeit der Estrichfläche, zusammen mit den logarithmischen Regressionskurven für diese Werte, für alle untersuchten Estriche aufgetragen. Man erkennt zunächst, dass die Größe $\Delta L_w + C_{1,\Delta}$ mit kleiner werdender Estrichfläche ähnlich ansteigt wie ΔL_w (Regressionskurven für ΔL_w und $\Delta L_w + C_{1,\Delta}$ für jeden Estrich etwa parallel). Die genauere Auswertung (Koeffizienten der Regressionskurven in Abbildung 5) ergibt, dass der Anstieg für die Größe $\Delta L_w + C_{1,\Delta}$ noch etwas stärker ausgeprägt ist. Das hierfür ursächliche frequenzabhängige Verhalten der Trittschallminderung ΔL ist beispielhaft für Estrich D in Abbildung 6 dargestellt. Der Grafik ist zu entnehmen, dass im Frequenzbereich unterhalb des Resonanzeinbruchs (in welchem Estrich und Rohdecke ohne Phasenverschiebung gemeinsam schwingen und als innig miteinander verbunden angesehen werden können) durch die Unterteilungen keine relevanten Erhöhungen von ΔL auftreten, dafür große Erhöhungen im Bereich des Resonanzeinbruchs sowie im darüberliegenden Bereich nachlassende Erhöhungen mit wachsender Frequenz.

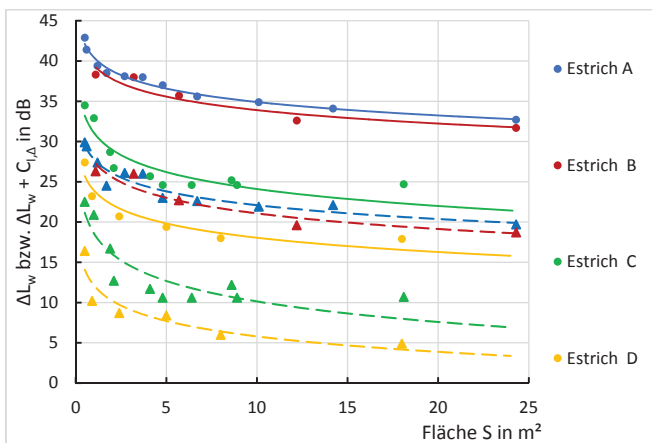


Abbildung 5: Trittschallminderungen ΔL_w und $\Delta L_w + C_{1,\Delta}$ der untersuchten Estriche in Abhängigkeit von der Estrichfläche

- Werte ΔL_w
(mit zugehöriger, durchgehender Regressionskurve)
- ▲ Werte $\Delta L_w + C_{1,\Delta}$
(mit zugehöriger, unterbrochener Regressionskurve)

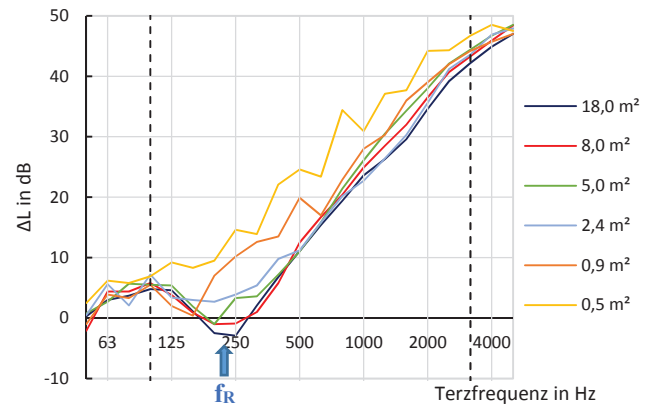


Abbildung 6: frequenzabhängige Trittschallminderung ΔL des untersuchten Estrichs D, in Abhängigkeit von der Estrichfläche (f_R : Resonanzfrequenz Estrich)

Ursachen

Die Ermittlung der physikalischen Ursachen für die erhaltenen Messergebnisse war kein Gegenstand der Untersuchungen; hier ist weiterer Forschungsbedarf gegeben.

Nachgewiesen wurde, dass der Estrichbereich im Raum, der nach Unterteilung von der zu untersuchenden Estrichfläche abgetrennt war, je nach seiner Größe eine bedämpfende Wirkung ausübt: So wurde nach vollständiger Entfernung dieses passiven Estrichbereichs gegenüber dem Zustand vor der Entfernung bei einer Estrichfläche von 1 m^2 beispielsweise eine $1,8 \text{ dB}$ geringere Trittschallminderung ΔL_w gemessen. Bei einer Estrichfläche von 6 m^2 war ΔL_w hierbei um $0,8 \text{ dB}$ geringer und bei 12 m^2 um $0,4 \text{ dB}$ geringer. Die Messwerte zeigen, dass die bedämpfende Wirkung des passiven Estrichbereichs den Anstieg von ΔL_w mit kleiner werdender Estrichfläche allein nicht erklärt.

Weitere Ursache können die unterschiedlichen Schallausbreitungsbedingungen innerhalb der Estrichfläche und der Rohdecke sein, sodass es je nach Größe der Estrichfläche zu unterschiedlichen Körperschallpegeln der Rohdecke kommt. In diesem Zusammenhang kann auch der mit kleiner werdender Estrichfläche wachsende Einfluss der umlaufenden Estrichkanten Bedeutung haben (Verlustfaktor Estrich).

Als bedeutsamer Aspekt für eine Ursachenermittlung wird weiterhin angesehen, dass durch die Unterteilungen Estrichflächen entstehen, deren Abmessungen kleiner sind als eine Biegewellenlänge, wie im Folgenden dargestellt.

Die Biegewellenlänge in einem schwimmenden Zementestrich lässt sich rechnerisch nach Gl. (1) ermitteln:

$$\lambda_B \approx 1,4 \sqrt{\frac{c_L \cdot d}{f}} \quad [\text{m}] \quad (1)$$

mit

λ_B : Biegewellenlänge in m

c_L : Longitudinalwellengeschwindigkeit, ca. 3670 m/s

d : Estrichdicke in m

f : Frequenz in Hz

Abbildung 7 zeigt die nach Gl. (1) ermittelten Biegewellenlängen in Relation zu den Estrichabmessungen.

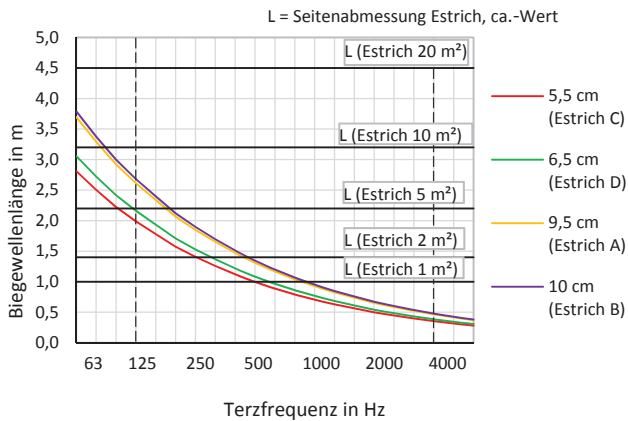


Abbildung 7: Biegewellenlängen in Relation zu den Estrichabmessungen (Verhältnis der Seitenabmessungen der Estrichflächen hier vereinfachend mit 1:1 angesetzt)

Im Falle einer 20 m² großen Estrichfläche kann man gemäß Abbildung 7 davon ausgehen, dass etwa über den kompletten Messbereich von 50 bis 5000 Hz mindestens eine Biegewellenlänge auf die Estrichplatte passt; mit kleiner werdender Estrichfläche entsteht jedoch ein wachsender tieffrequenter Bereich, in welchem keine ganze Biegewellenlänge mehr auf der Estrichplatte Platz findet. Die Anregung von Biegewellen und damit die Anregung von Trittschall im genannten Frequenzbereich dürfte hierdurch eingeschränkt werden.

Fazit

Die Unterteilung von raumgroßen schwimmenden Zementestrichen in kleinere Einzelfelder ist schalltechnisch vorteilhaft. Dies gilt sowohl für die erreichbare bewertete Trittschallminderung ΔL_w als auch für die bewertete Trittschallminderung mit Spektrumanpassungswert $\Delta L_w + C_{l,\Delta}$.

Literatur

- [1] ISO 10140-1: 2016-08, Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 1: Application rules for specific products
- [2] DIN 4109-4: 2016-07, Schallschutz im Hochbau - Teil 4: Bauakustische Prüfungen
- [3] DIN EN ISO 717-2: 2013-06, Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 2: Trittschalldämmung
- [4] Koehler, Weber, Späh: Trittschallminderung von austauschbaren Bodenbelägen, Forschungsbericht F 2918, Fraunhofer IRB Verlag, 2014
- [5] Langner, Fischer, Schneider: Ursachen und Verbesserungspotenzial des Phänomens der tieffrequenten Trittschallgeräusche bei klassischen schwimmenden Estrichen auf Stahlbetondecken im Wohnungsbau, Forschungsbericht F 2931, Fraunhofer IRB Verlag, 2015