

Memorandum

Tieffrequente Schallübertragung von schwimmenden Estrichen

Im Wohnungsbau werden zur Erhöhung der Luft- und Trittschalldämmung zwischen fremden Wohnungen seit vielen Jahrzehnten schwimmende Mörtel Estriche verlegt. Bei Massivdecken mit schwimmenden Estrichen erfolgt die Schallübertragung im Wesentlichen im tieffrequenten Bereich, auch unterhalb von 100 Hz. Zunehmend werden Schallübertragungen in diesem Frequenzbereich – und damit außerhalb des in Deutschland normativ zu berücksichtigenden Frequenzbereiches – beanstandet. Diese auffällig bis störenden Trittschallgeräusche werden von den Bewohnern gelegentlich als „dröhnend“ bezeichnet. Die Wahrnehmung und das Maß der Störung hängen von den in den Tabellen 1 und 2 gelisteten Einflussgrößen ab.

Der schwimmende Estrich ist im Wohnungsbau anerkannte Regel der Technik und bauüblich. Durch die Konstruktion des schwimmenden Estrichs als sogenanntes Masse-Feder-System entsteht immer ein mechanisches Resonanzsystem mit einer physikalisch bedingten Resonanzfrequenz. Eine tieffrequente Geräuschübertragung unter Einschluss des Frequenzbereiches zwischen 50 Hz und 100 Hz wird z.B. durch den Kennwert $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ beschrieben, d.h. dem bewerteten Norm-Trittschallpegel mit einem Spektrum-Anpassungswert gemäß DIN EN ISO 717-2. Eine grobe Einstufung der subjektiven Wahrnehmung von Trittschallgeräuschen bei Anregung durch das Begehen ergibt sich bei einem Hintergrundgeräuschpegel von $L_A = 20$ dB aus [5], [13] und [14], wie folgt:

Spalte	1	2	3
Zeile	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ [dB]	Trittschallpegel durch Begehen $L_{AF,max,n}$ [dB]	Subjektive Einstufung Gehgeräusche
1	ca. > 50	ca. > 34	störend
2	ca. 40 ... 50	ca. 28 ... 34	hörbar, jedoch kaum mehr störend
3	ca. < 40	ca. < 25	nur noch schwach hörbar, nicht störend



Die Mitglieder des Fachausschusses Bau- und Raumakustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik e. V. sind der Ansicht, dass ein Wahrnehmen von tieffrequenten Trittschallgeräuschen auch bei sorgfältiger Planung und Ausführung der Baukonstruktion mit einem schwimmenden Estrich nicht auszuschließen ist. Der positive Effekt der Minderung der Trittschallübertragung durch den schwimmenden Estrich in einem weiten Frequenzbereich stellt einen guten Trittschallschutz sicher, insbesondere dann, wenn die in Tabelle 1 genannten Kennwerte bei der Planung berücksichtigt werden.

Anlagen:

Tabelle 1: Baukonstruktive Einflussgrößen auf die Trittschallübertragung

Tabelle 2: Einflussgrößen auf die Wahrnehmung von Trittschallgeräuschen

Anlage 1: Entwicklung des schwimmenden Estrichs im Wohnungsbau

Anlage 2: Weiterführende Literatur zur tieffrequenten Trittschallübertragung

Tabelle 1: Baukonstruktive Einflussgrößen auf die Trittschallübertragung

	Bauteil, Einflussfaktor	tieffrequente Trittschallübertragung wird		Einfluss (groß, mittel, klein)	Planbar und messtechnisch zu erfassen
		begünstigt	reduziert		
1. Bodenbelag					
1.1	Bodenbelag	Harte Bodenbeläge (z.B. Fliesen, Naturstein, Parkett)	Weiche Bodenbeläge (z.B. Teppich)	mittel	JA
2. Schwimmender Mörtel Estrich					
2.1	Resonanzfrequenz ^a	Lage der Resonanzfrequenz $f > 50$ Hz	Lage der Resonanzfrequenz $f < 50$ Hz	groß	JA
2.2	flächenbezogene Masse der Estrichplatte	Dünne, leichte Estrichplatte	Schwere, dicke Estrichplatte	groß	JA
2.3	dynamische Steifigkeit der Trittschall-Dämmschicht	„steife“ Dämmschichten mit $s' > 20$ MN/m ³	„weiche“ Dämmschichten mit $s' \leq 10$ MN/m ³	groß	JA
2.4	Energieabbau durch die Trittschalldämmschicht (Dämpfung)	Geringe Dämpfung	Hohe Dämpfung	unklar	Bedingt
3. Rohdecke, Unterdecke, flankierende Bauteile					
3.1	flächenbezogene Masse der Rohdecke	Dünne Decke, geringe Rohdichte	Dicke Decke, hohe Rohdichte	groß	JA
3.2	Unterdecke (falls vorhanden) ^a	Lage der Resonanzfrequenz $f \gg 50$ Hz	Lage der Resonanzfrequenz $f \ll 50$ Hz	groß	JA
3.3	Flankierende Bauteile	leichte Massivbauteile	Leicht- und Trockenbauwände	klein	JA

a) Die tieffrequente Trittschallübertragung wird auch begünstigt, wenn die Resonanzfrequenzen der Unterdecke und des schwimmenden Estrichs ähnlich sind.

Durch den Nutzer wird die in Tabelle 1 unter Punkt 1 genannte Einflussgröße festgelegt. Durch den Planer bzw. den Bauphysiker werden die unter den Punkten 2 und 3 genannten Größen festgelegt.

Tabelle 2: Einflussgrößen auf die Wahrnehmung von Trittschallgeräuschen

	Bauteil, Einflussfaktor	tieffrequente Trittschallwahrnehmung wird		planbar	messtechnisch zu erfassen
		begünstigt	reduziert		
1. Anregung					
1.1	Schuhwerk	ohne Schuhwerk gehen	mit Schuhwerk gehen	NEIN	JA
1.2	Häufigkeit und Dauer	hohe Anzahl an Anregungsvorgängen	geringe Anzahl an Anregungsvorgängen	NEIN	NEIN
1.3	Zeitpunkt	nachts	tags	NEIN	NEIN
2. Übertragung					
2.1	Normtrittschallpegel unter Berücksichtigung des Spektrumanpassungswertes: (siehe Tabelle 1)	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} > 50$ dB	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} < 50$ dB	JA	JA
3. Empfangsraum					
3.1	Hintergrundgeräuschpegel	Geringer Geräuschpegel (z. B. nachts, in ruhigen Wohngebieten)	hoher Grundgeräuschpegel (tags, innerstädtisch)	NEIN	JA
3.2	Nachhallzeit	wenig Absorptionsfläche mit langer Nachhallzeit	große Absorptionsfläche mit kurzer Nachhallzeit	NEIN	JA
3.3	Raumgeometrie	Raumeigenfrequenzen im Bereich von Eigenfrequenzen der Estrichplatte und/oder Geschossdecke und/oder der Resonanzfrequenz	Raumeigenfrequenzen abweichend von Eigenfrequenzen der Estrichplatte und Geschossdecke und der Resonanzfrequenz	unklar	JA

In der Regel werden die in Tabelle 2 unter den Punkten 1 und 3 genannten Einflussgrößen durch den Nutzer und die unter dem Punkt 2 genannte Größe durch den Planer bzw. den Bauphysiker festgelegt. Der Hintergrundgeräuschpegel wird sowohl durch die von außen eindringenden Geräusche (Verkehrslärm, Lärm aus der Nachbarschaft, etc.) als auch durch die im Empfangsraum vorhandenen Schallquellen (Personen, technische Gebäudeausrüstung, etc.) bestimmt.

Weitere Einflussgrößen mit bislang unklarer Relevanz zur Trittschallübertragung bzw. Wahrnehmung von Trittschallgeräuschen sind: die Lage und das Gewicht der Möblierung im Senderaum, der Einfluss der Größe, der Form und ggf. die Schüsselung der Estrichplatten, die Verteilung der Eigenfrequenzen, die Einspannung und Spannweite der Deckenplatte sowie die Eigenfrequenzen im Empfangsraum.

Anlage 1: Entwicklung des schwimmenden Estrichs im Wohnungsbau

Trittschallübertragungen erfolgen von allen Böden und Treppen. Seit etwa 1950 wurden schwimmende Estriche eingesetzt, bekannt waren sie aber bereits 1944 [DIN 4109:1944-04]:

„Gegen Trittschall-Übertragung dämmen weiche Zwischenlagen (Körperschalldämmschichten) in Decken. Dabei ist es besonders wichtig, dass diese Zwischenlagen an den Wänden bis zur Fußgehschicht hochgeführt werden, um einen Übergang des als Körperschall weitergeleiteten Trittschalls in die angrenzenden Wände zu vermeiden.“

Heute beschreibt DIN 18560-2 den Einbau des Estrichs, der Trittschalldämmschicht und des Randdämmstreifens. Dämmstoffe mit den heutigen Eigenschaften gab es 1944 noch nicht. In DIN 4109:1962 wurde bei den Trittschallschutzmaßen TSM angegeben, dass der Trittschallschutz nach 2 Jahren um 3 dB schlechter sein dürfte. Die Trittschallschutzmaße sind 1989 durch die Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ abgelöst worden. Eine Alterung wird seitdem nicht mehr berücksichtigt.

Erstmalig wurden 1962 Kennwerte für einen erhöhten Schallschutz benannt. Diese Kennwerte entsprachen dem heutigen Niveau für den Mindestschallschutz in Mehrfamilienwohngebäuden. Eine Verschärfung der Anforderungen ergab sich in DIN 4109:1989-11: Der Kennwert wurde um mehr als 10 dB reduziert, so dass der Einbau eines schwimmenden Estrichs erforderlich wurde.

Die ersten schwimmenden Estriche hatten Dämmschichtdicken von etwa 10 mm und nur eine geringe Wirksamkeit. Die Dämmplatten, z.B. aus mineralischen oder organischen Fasern oder Korkschrötmatten, sind ggf. in sich zusammengesackt. Eventuell wurden Schallbrücken eingebaut, weil die Bautätigen in der Ausführung eines schwimmenden Estrichs noch ungeübt waren. Die Abdeckschicht über der Dämmung bestand lediglich aus Papier (Schrenz-Lage), d. h. noch nicht aus Folien.

Die Konstruktionshöhe schwimmender Estriche zur heutigen Zeit ist höher, weil die Trittschalldämmplatten i.A. mindestens 15 mm dick sind und der Zementestrich nach DIN 18560-2 größere Dicken als z. B. in den 1960er Jahren erfordert. Ggf. werden diese auch



als Heizestrich ausgeführt, so dass die ca. 18...20 mm dicken Heizleitungen mit einer ≥ 45 mm dicken Estrichschicht zu überdecken sind.

Ein schallbrückenfreier Estrich führt oberhalb der Resonanzfrequenz zu einem von tiefen zu hohen Frequenzen hin abfallenden Verlauf der Trittschallpegel. Ein Estrich mit Schallbrücken im Randbereich zeigt im hochfrequenten Bereich nicht mehr den charakteristischen abfallenden Verlauf des Norm-Trittschallpegels. Die Lage der Resonanzfrequenz hängt von der flächenbezogenen dynamischen Steifigkeit der Trittschalldämmschicht und der flächenbezogenen Masse der Estrichplatte ab. Aufgrund der z. B. in den 1960er, 1990er und heute typischerweise vorhandenen Materialien ergeben sich folgende Resonanzfrequenzen:

Baujahr	Geschossdecke D	Estrichplatte D	Dynamische Steifigkeit s'	Resonanzfrequenz f_0
1960er Jahre	140 mm	ca. 35 mm	ca. 50 MN/m ³	ca. 150 Hz
1990er Jahre	160 mm	ca. 50 mm	ca. 25 MN/m ³	ca. 90 Hz
≥ 2010	≥ 200 mm	ca. 65 mm	ca. 20 MN/m ³	ca. 70 Hz

Estriche und Betondecken wurden im Laufe der Zeit dicker und die Trittschalldämmschichten weicher. Damit sank im Laufe der Jahre die Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs. Dies ist nicht nur auf Massivdecken, sondern auch auf Holzbalkendecken zu beobachten und demnach überall, wo Masse-Feder-Masse-Systeme auftreten.



Anlage 2: Weiterführende Literatur zur tieffrequenten Trittschallübertragung

- [1] Goydke, H.: Zur Messung und Bewertung tieffrequenter Trittschalldämmung, 11. Jahrestagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik an der Universität Stuttgart - DAGA 1985
- [2] Kühn, B., Blickle, R.: Untersuchungen zum Sonderfall des dröhnenden Unterlagsbodens, Zeitschrift Wärme-, Kälte-, Schall-, und Brandschutz wksb 32/1993
- [3] Burkhart, C.: Tieffrequenter Trittschall - Messergebnisse, Mögliche Ursachen, 28. Jahrestagung für Akustik an der Ruhr-Universität Bochum - DAGA 2002
- [4] Burkhart, C.: Tieffrequenter Trittschall – Messergebnisse, Beurteilung, 29. Jahrestagung für Akustik an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen – DAGA 2003
- [5] Kühn, B., Blickle, R.: Trittschalldämmung und Gehgeräusch-Immissionen von Geschossecken aus Holz, wksb 54/2005, Heft 54
- [6] Siebel, A.: Guter Trittschallschutz mit voller Dröhnung - zwischen Norm und Realität, Lärmbekämpfung - Zeitschrift für Akustik, Schallschutz und Schwingungstechnik, Nr. 4, Juli 2008
- [7] Burgenmeister, J.: Einfluss von Struktur- und Raummoden auf die tieffrequente Trittschallübertragung einer Massivdecke mit schwimmendem Estrich, Bachelorarbeit im Studiengang Bauphysik an der Hochschule für Technik, Stuttgart, im Wintersemester 2011
- [8] Retzbach, S.: Beschreibung tieffrequenter Trittschallgeräusche auf Basis von Hörversuchen, Bachelorarbeit im Studiengang Bauphysik an der Hochschule für Technik, Stuttgart 2013
- [9] Rittig, C.: Übertragung tieffrequenter Trittschallgeräusche auf Massivdecken mit schwimmendem Estrich, Bachelorarbeit im Studiengang Bauphysik an der Hochschule für Technik, Stuttgart 2013
- [10] Langner, N., Fischer, H.-M., Schneider, M.: Ursachen und Verbesserungspotenzial des Phänomens der tieffrequenten Trittschallgeräusche bei klassischen schwimmenden Estrichen auf Stahlbetondecken im Wohnungsbau, Forschungsinitiative Zukunft Bau, Band F 2931, Fraunhofer IRB Verlag, 2015
- [11] Schanda, U., Schramm, M.: Absorption tieffrequenten Trittschalls durch in Holzbalkendecken integrierte Helmholtzresonatoren, Forschungsinitiative Zukunft Bau, Band F 2790, Fraunhofer IRB Verlag, 2015
- [12] Zeitler, B., Schneider, M., Einfluss der Quellimpedanz auf die Trittschalldämmung bei tiefen Frequenzen, Fortschritte der Akustik, 44. Jahrestagung für Akustik, München, DAGA 2018
- [13] Informationsdienst Holz, Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, holzbau handbuch Reihe 3, Teil 3, Folge 1, 1. Auflage 2019
- [14] Pohlenz, R., Locher-Weiß, S.: Schallschutzmängel, Reguvis Bundesanzeiger Verlag, Fraunhofer IRB Verlag, 1. Auflage 2019
- [15] Wolf, M., Burkhart, C.: Dröhnende Estriche – Einflussfaktoren, Fortschritte der Akustik DAGA 2020 - 46. Jahrestagung für Akustik, geplant für 16.-19. März 2020, Hannover