

Schwimmender Estrich und Unterhangdecke mit schwach gedämpfter Eigenfrequenz fast gleicher Größe als Ursache für erhöhte tieffrequente Trittschallübertragung

Hartmut Schirmer, Werner Schirmer

SCHIRMER GmbH Beratende Ingenieure, 01109 Dresden
Hartmut.Schirmer@schirmer-ingenieure.de

Einleitung

Gegenstand des Beitrages sind die im Rahmen routinemäßiger Beratungstätigkeit unseres Ingenieurbüros angewendeten Methoden zur Klärung und Verminderung eines beanstandeten tieffrequenten Trittschalls aus der oberen Wohnung.

Bestehende bauakustische Situation

Für eine neu gebaute Komfort-Wohnung im Dresdner Stadtzentrum ist die SSt II nach VDI 4100 vereinbart, also erf. $L'_{n,w} \leq 46$ dB. Die Messung ergab $L'_{n,w} (C_{150-2500}) = 34$ (20,0) dB, d.h. nach der derzeitigen Fassung von DIN 4109 und VDI 4100 ist die Schallschutzforderung erfüllt. Bei einem Spektrumsanpassungswert von 20,0 für den bis 50 Hz erweiterten Frequenzbereich ist jedoch tieffrequenter Trittschall hörbar.

- 3 cm Ausgleichsdämmung EPS 040 DEO
- 3 cm Logafix Turbo-Cube WLS 045 30-3: Fußbodenheizungssystem mit Trittschalldämmwirkung
- 7 cm schwimmender Estrich (Heizestrich / Zementestrich CT-C25-F4 auf PE-Folie
- 1-2 cm Parkettfußbodenbelag bzw. Fliesen
- GK Unterhangdecke, ca. 15 cm Abhängehöhe, Hohlraum ohne Absorber-Einlage

Die Hubeigenfrequenz der Unterhangdecke

Es lagen keine verlässlichen Angaben zur Abhängehöhe und zum Flächengewicht der Unterhangdecke vor. Mit Hilfe der Grafik Abbildung 2 ließ sich zeigen, dass die Eigenfrequenz $f_0 = 50$ Hz betragen wird und damit in großer Nähe zur Hub-Eigenfrequenz des Estrichs liegt.

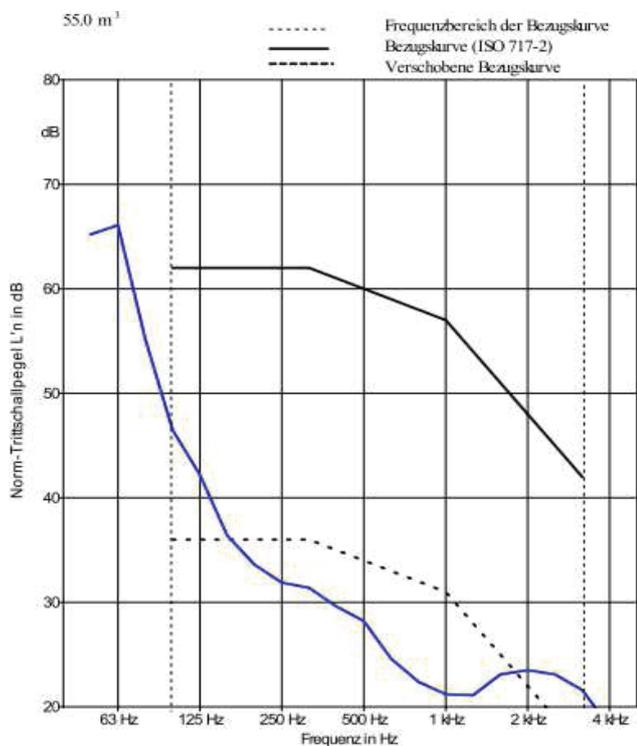


Abbildung 1: Trittschall-Prüfresultat $L'_{n,w} (C_{150-2500}) = 34$ (20,0) dB

Die Geschossdecke ist wie folgt aufgebaut:

- Stahlbeton-Decke $d = 25$ cm,
- Trennlage

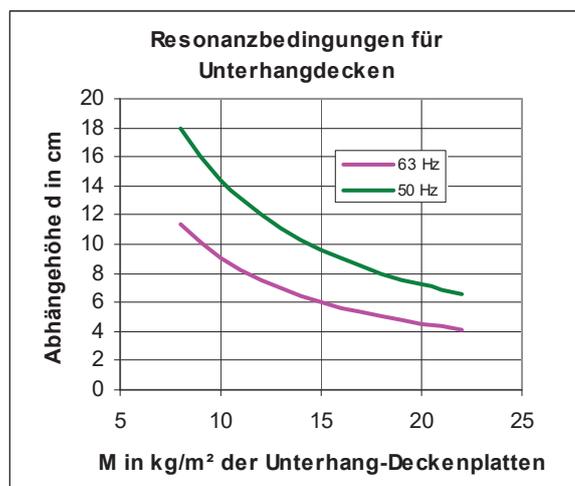


Abbildung 2: Grafik zur Zuordnung der UHD-Resonanz zur Terz 50 Hz oder 60 Hz aus M und d

Zur Abschätzung des zur Verminderung der Resonanzüberhöhung erforderlichen längenspezifischen Strömungswiderstandes r' in der gesamten Hohlraumhöhe (deshalb $r'/3$) bildet Gl. 1 die Grundlage.

$$Q = \frac{M * 2\pi * f_0}{\frac{r'}{3} * d} \quad \text{Gl. 1}$$

Mit:

- Q - Resonanzüberhöhung
- M kg/m² Flächengewicht Unterdecke
- f₀ Hz Resonanzfrequenz
- r' Pa · s/m² längenspez. Strömungswiderstand
- d m Abhängehöhe

Mit $DL = 20 \cdot \lg Q$ dB erhält man die Resonanzüberhöhung in dB. Eine wirksame Verminderung von ΔL mittels Einbringung von porösem Material in voller Hohlräumhöhe, genannt ΔDL , erfordert hohe längenspezifische Strömungswiderstände, siehe Abbildung 3

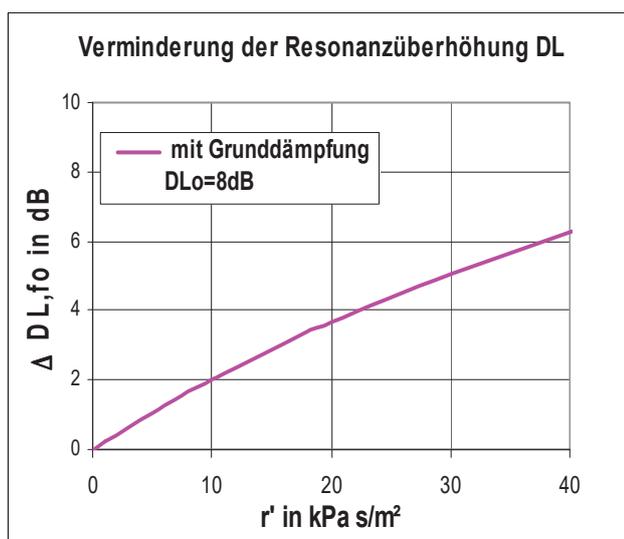


Abbildung 3: Wirkung der Hohlraumbedämpfung bei abgehängten Unterdecken

Zum Erhalt realistischer Werte ΔDL ist es erforderlich, eine Grunddämpfung anzusetzen. Hier gewählt $DL_o = 8$ dB, d.h. $Q = 2,5$ und Resonatorbandbreite 20 Hz mit einem fiktiven Strömungswiderstand von $r'_o = 38$ kPa · s/m², der sämtliche im betrachteten System vorhandenen Dämpfungsursachen repräsentiert.

Mit einem Mineralwolle-Schüttdämmstoff, der bei 35 kg/m³ Schüttdichte nach Herstellerangabe 18 kPa · s/m² besitzt, erreicht man mit 50 kg/m³ wegen $r' \sim Q^{1,5}$ rechnerisch $r' = 30$ kPa · s/m² und damit ca. 5 dB Verbesserung.

Der Spektrums-Anpassungswert ist von $C_{150-2500} = 20,0$ auf 16,0 gesunken. Tieffrequente Gehgeräuschanteile sind weiterhin hörbar, nach Burkhardt [1] ist ab $C_{150-2500} \geq 5$ die Hörbarkeit von tieffrequenten Gehgeräuschen zu erwarten.

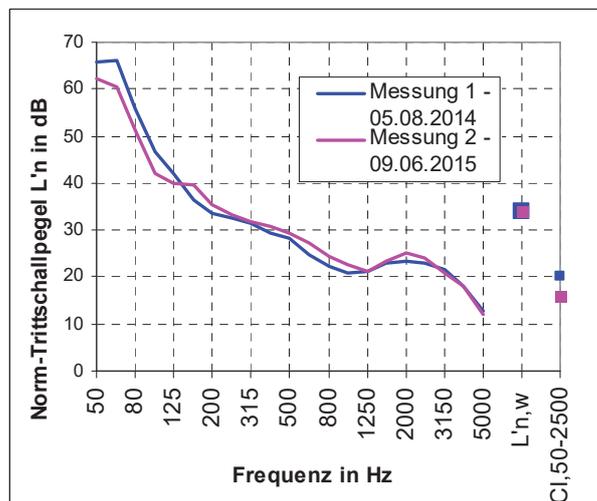


Abbildung 4: Vergleich der gemessenen Trittschallspektren vor und nach Einbringung des Mineralwolle-Schüttdämmstoffes

Das Modell SDFS für schwimmende Estriche bei tiefen Frequenzen

Der Vergleich der frequenzabhängig gemessenen Trittschallverbesserungen mit dem Frequenzgang eines SDFS (Schwinger mit einem Freiheitsgrad) mit $f_0 = 50$ Hz und $Q = 10$ zeigt für tiefe und mittlere Frequenzen (50 bis ca. 315 Hz) bei der hier untersuchten Decke, siehe Abschnitt 2, eine auffällige Fast-Übereinstimmung, siehe Abbildung 5.

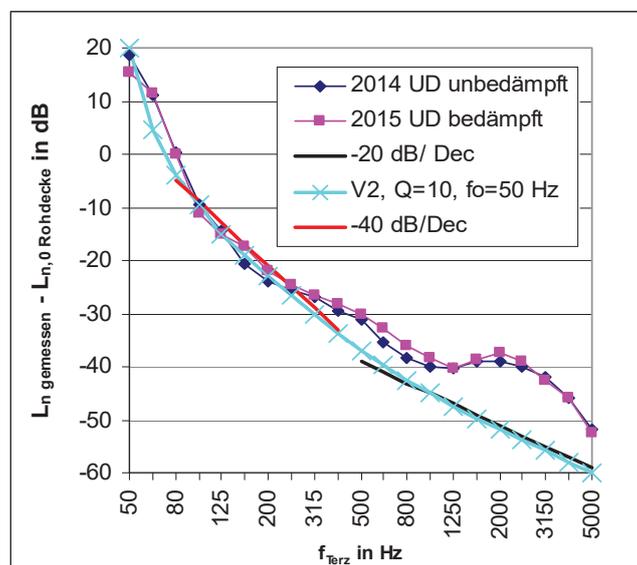


Abbildung 5: Trittschallverbesserung durch schwimmenden Estrich bei einer 250 mm Ort beton-Rohdecke. Vergleich mit der Übertragungsrates eines SDFS

Da vor Einbau des schwimmenden Estrichs und Bodenbelages keine Trittschallmessung erfolgte, wurden die Trittschallwerte für die 250 mm Beton-Rohdecke der Literatur entnommen, siehe Abbildung 6.

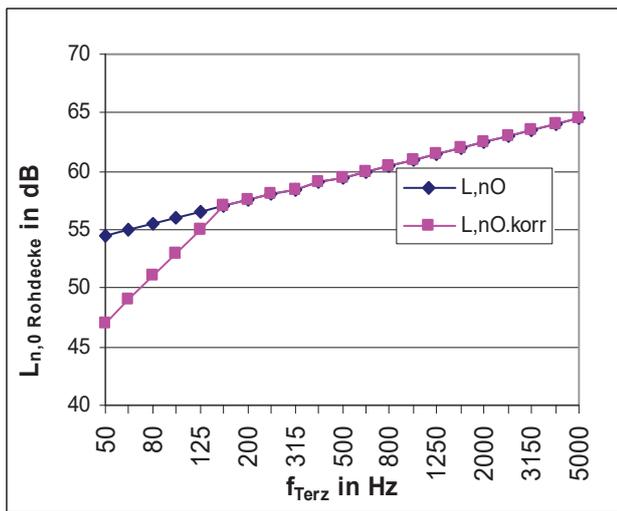


Abbildung 6: Trittschallpegel Ln,0 der Rohdecke aus 250 mm StB nach der Literatur, ebenso die Korrektur bei tiefen Frequenzen

Für die Hubeigenfrequenz des schwimmenden Estrichs ist die Steifigkeit s' des Dämmmaterials maßgebend. Es gilt

$$Gl. 2 \quad f_o = 160 \sqrt{\frac{s'}{M}}$$

fo Hz Hubeigenfrequenz

s' MN/m³ dynamische Steifigkeit

M kg/m² Flächengewicht des Estrichs

Für die Resonanzüberhöhung Q liefert das Rechenmodell SDFS

$$Gl. 3 \quad Q = \frac{M * 2\pi * f_o}{r_s' * d}$$

mit d m Dicke der Dämmschicht

r_s' Pa·s/m² längenspezifischer Strömungswiderstand

bzw. Skelettreibungswiderstand.

Für r_s' gibt es nach Wissen der Autoren derzeit noch kein praktikables Messverfahren. .

Für das SDFS fo = 50 Hz und Q = 10, dessen Übertragungsrates gemäß Abbildung 5 annähernd in Übereinstimmung mit der frequenzabhängigen Trittschallverbesserung der untersuchten Decke mit erhöhter tieffrequenter Trittschallübertragung ist, erhält man mit Gl. 3, M = 125 kg/m², d = 0,06 m, fo = 50 Hz und Q = 10, r_s' = 65 kPa · s/m².

Der sehr hohe Wert ist offensichtlich nicht allein der klassische Strömungswiderstand der Dämmschicht, der bei Mineralfaser-Trittschalldämmungsplatten maximal im

Bereich 10...20 kPa·s/m² liegt, sondern repräsentiert zum größten Teil den Skelettreibungswiderstand.

Für den Fall nicht ebener Estriche, z.B. durch Schüsselung im Zuge der Estrichtrocknung, ist erhöhte Neigung zum Dröhnen bekannt, siehe z.B. [2]

Gl. 3 bietet hierfür eine Erklärungsmöglichkeit, wenn man sie in die Form

$$Gl.3a \quad Q = \frac{m}{S_t} * \frac{2\pi * f_o}{r_s' * d}$$

bringt, wobei S_t die z.B. in Folge Schüsselung gegenüber der Estrich-Gesamtfläche S verkleinerte tragende Estrichfläche und m = M*S ist.

Die dadurch rechnerisch vergrößerte Resonanzüberhöhung Q bedeutet erhöhte tieffrequente Trittschallübertragung.

Ausblick

Folgt man dem Ergebnis der einzelnen hinsichtlich erhöhter Trittschallübertragung bei tiefen Frequenzen untersuchten Decke, dann lässt sich dieses Phänomen mit der zu geringen Dämpfung des den schwimmenden Estrich bei tiefen Frequenzen beschreibenden SDFS erklären.

Damit wird eine Alternative zu den bisher angewendeten Erklärungen [1,2,3], insbesondere durch Raum- und Strukturmoden im Bereich tiefer Frequenzen, angeboten. Nach entsprechender weiterer Ergebnisabsicherung liefert die alternative Erklärung die Möglichkeit, bereits in der bauakustischen Planungsarbeit von trittschalldämmenden Estrichen dem Estrichdröhnen bzw. der erhöhten Entstehung von tieffrequentem Trittschall vorzubeugen.

Das Trittschall-Dämmmaterial wird dann nicht wie bisher nur nach der vom Hersteller angegebenen Steifigkeit s' in MN/m³ ausgewählt, sondern nach dem – bisher nicht verfügbaren – längenspezifischen Reibungskennwert r_s' in Pa·s/m², siehe Gl.3. oder zur Unterscheidung von klassischen Strömungswiderstand in .N·s/m⁴.

Bevor nach diesem Konzept gearbeitet werden kann, sind weitere Untersuchungen erforderlich. Sie gehen über die Möglichkeiten einer Ingenieurbüro-Beratungstätigkeit hinaus.

1. Prüfung der Anwendbarkeit des Modells SDFS für den Frequenzbereich um die Lagerungs-Hubfrequenz durch entsprechende Messungen bei Massivdecken mit schwimmendem Estrich. Wegen der zu erwartenden unterschiedlich großen dynamischen Reibung von Schaum- und Mineralfaser-Dämmstoffen ist bei der Auswahl der Prüfobjekte auf die Erfassung beider Arten zu achten. Zwecks zuverlässiger Ermittlung der frequenzabhängigen Trittschallverbesserung die Trittschallmessung auch vor Estrich-Einbringung erforderlich.

2. Entwicklung von Prüfverfahren zur Bestimmung des dynamischen Reibungskennwertes von Trittschall-

Dämmmaterial. Ein klassisches Verfahren, wie die Ermittlung der 3dB-Bandbreite Δf ist kaum geeignet, denn die bei $f_0 = 50$ Hz zu erwartenden Bandbreiten sind wegen $Q = 2,5 \dots 10$ $\Delta f = 5 \dots 20$ Hz. Die Beachtung einer Publikation von W. Kraak aus dem Jahre 1959 [4] könnte nützlich sein

3. Erweiterung der Herstellerangaben für Trittschall-Dämmmaterial von s' auf s' und r_s' .

Literatur

[1] C. Burkhart: Tieffrequenter Trittschall – Messergebnisse, Beurteilung, DAGA 2003 in Aachen

[2] A.Siebel: Guter Trittschallschutz mit voller Dröhnung zwischen Norm und Realität, ZS Lärmbekämpfung, 2008 Nr. 4 S, 165-168

[3] N. Langner, H.-M. Fischer, M. Schneider: Ursachen und Verbesserungspotential des Phänomens der tieffrequenten Trittschallgeräusche bei klassischen schwimmenden Estrichen auf Stahlbetondecken im Wohnungsbau, Fraunhofer IRB Verlag 2015

[4] W. Kraak: Der Einfluss der Strömungsstandwerte bei der Bestimmung der dynamischen Steifigkeit poröser Dämm-Materialien, ZS für Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, Bd. 67 (1959), Heft 4/5, S. 111-113