

Schallabschirmung verschiedener Materialien

50 Jahre

RUB

SOWAS-Praktikum (SS 2015)

Gruppenleiter: Nikolaj Lehl

Gruppenmitglieder: Dominik Goertz; Benjamin Hudson; Marvin Müller; Lukas Westrich

Motivation:

Schall betrifft Jeden, zu jedem Moment. Als Sprache, Musik, Sound bei Filmen, Naturgeräusche, und natürlich als Lärm. Letzterer möchte von fast allen Menschen lieber nicht gehört werden.

Deswegen die Frage: Wie dämmt man diesen Lärm am besten ab?

Die Physik dahinter:

Als Schall versteht man die sich longitudinal ausbreitenden mechanischen Wellen eines elastischen Mediums. Genauer handelt es sich um Druck- und Dichteschwankungen in Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern. Nimmt man eine Punktquelle an, die sich isotrop im Raum ausbreitet, ergibt sich folgende Abhängigkeit der Intensität vom Abstand zur Quelle:

$$P = \text{const.} = \oint I(r) \cdot dA = I(r) \cdot 4\pi \cdot r^2 \Leftrightarrow I(r) \sim 1/r^2$$

Trifft nun Schall auf ein Material, so teilt sich die Intensität der Welle in drei Komponenten auf: Ein Anteil τ wird transmittiert, ein anderer ρ wird reflektiert und ein letzter Anteil δ wird dissipiert, indem der Schall das Material in Schwingung versetzt. Somit folgt aus der Energieerhaltung:

$$1 = \tau + \rho + \delta$$

Im Material nimmt δ mit der Materialdicke immer weiter zu, denn es sind mehr Stoßpartikel vorhanden. Setzt man nun das Modell eines gedämpften Oszillators an, so folgt die Energieabnahme einem exponentiellen Abfall:

$$\tau = \tau(d) = \tau(0) \cdot e^{-\gamma \cdot d}$$

γ ist dabei eine materialspezifische Konstante. Sowohl $\tau(0)$ als auch γ vereinzelt sollen mit diesem Experiment ermittelt werden, da diese beiden Konstanten essentiell sind für die Schallabschirmung.

Versuchsaufbau

Messung zur Abstandsabhängigkeit



Abb. 1: Versuchsaufbau Abstandsabhängigkeit

Ein Lautsprecher wird an einen Sinusverlauf erzeugenden Frequenzgenerator angeschlossen. Mithilfe eines an einem Oszilloskop angeschlossenen

Mikrofon wird dann die zugehörige Spannungsamplitude in Abhängigkeit vom Abstand gemessen. Diese ist zur messenden Intensität proportional.

Absorptionsmessung

Zur Verminderung von Außeneinflüssen wurden zwei von innen gedämmte Holzkästen gebaut. Nach einer Nullmessung wird das zu vermessende Material zwischen die Kästen gestellt und an den Enden das Mikrofon und der Lautsprecher positioniert.



Abb. 2: Versuchsaufbau Transmission und Absorption
• Transmissionskoeffizient bei kleinstmöglicher Dicke (Materialien: Spanholz, Fichtenholz, Glas, Bastterglas, Styropor, Gummi)
• Absorptionskoeffizient bei unterschiedlichen Dicken (Materialien: Spanholz, Fichtenholz, Styropor)

Auswertung:

Abstandsabhängigkeit

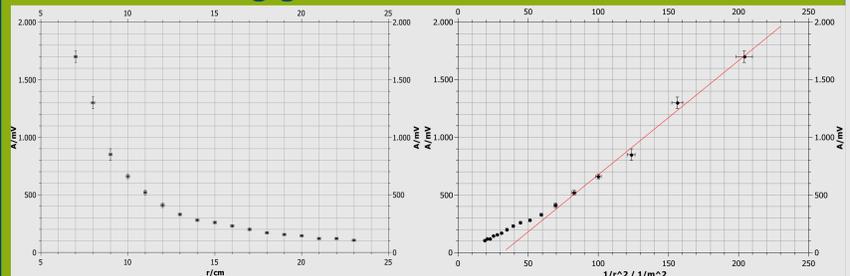


Abb. 3: Abstandsabhängigkeit bei $f=400\text{Hz}$
Spannungsamplitude A gegen Abstand r

Abb. 4: Abstandsabhängigkeit bei $f=400\text{Hz}$
Überprüfung des Abstandsgesetzes

Die Messung stimmt sehr gut mit dem Abstandsgesetz überein. Man stellt jedoch fest, dass bei größeren Abständen die Intensitäten größer sind als erwartet. Dies liegt wahrscheinlich an den Reflexionen an den Wänden des Raumes, in dem gemessen wurde.

Transmissionskoeffizient

| f/Hz | Styropor d=0,03m | Spanholz d=0,0095m | Fichtenholz d=0,018m | Glas d=0,004 | Bastterglas d=0,004m | Gummi d=0,01m |
|-------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| 80 | 0,59 | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,21 | 0,22 |
| 200 | 0,79 | 0,16 | 0,21 | 0,22 | 0,26 | 0,43 |
| 400 | 0,21 | 0,03 | 0,1 | 0,08 | 0,19 | 0,58 |
| 1000 | 0,15 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,2 |
| 1100 | 0,42 | | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,37 |
| 4000 | 0,1 | 0,03 | 0,07 | 0,06 | 0,1 | 0,225 |
| 11000 | 0,07 | 0,03 | | | | |

Abb. 5: Datentabelle: Transmissionskoeffizient τ von verschiedene Materialien

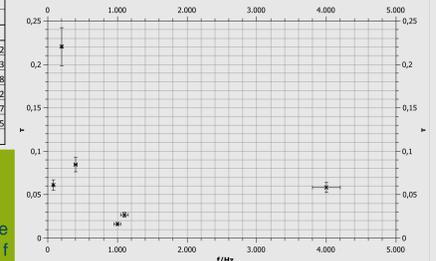


Abb. 6: Transmissionskoeffizient von Glas gegen die Schallfrequenz f

Die Messung zeigt, dass Stoffe mit hoher Dichte sehr wenig Schallintensität durchlassen, die mit niedriger, z.B. Gummi, mehr.

Die Frequenzabhängigkeit von Glas zeigt ein Maximum bei 200 Hz. Allerdings wurde dieses bei allen Materialien gemessen, was auf einen Fehler im Versuchsaufbau schließen lässt. Insgesamt konnte aber festgestellt werden, dass alle Materialien bei hohen Frequenzen weniger transmittieren.

Absorptionskoeffizient

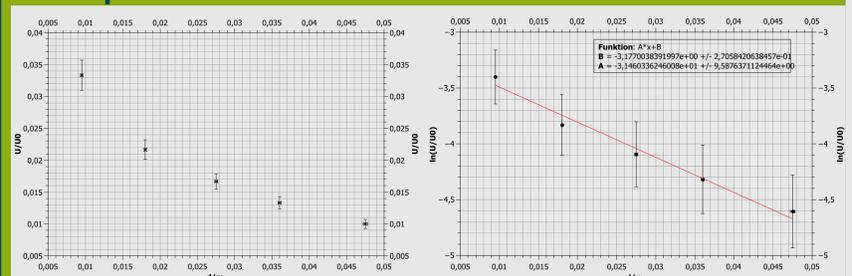


Abb. 7: exponentieller Abfall der Intensität in Abhängigkeit von der Dicke von Spanholz

Abb. 8: linearisierter Abfall bei Spanholz zur Bestimmung von γ mit der Steigung der Geraden

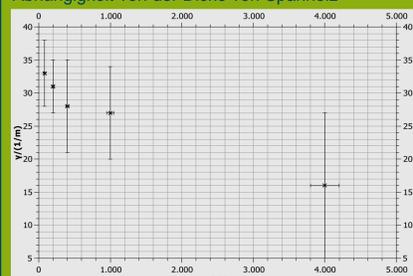


Abb. 9: Frequenzabhängigkeit des Absorptionskoeffizienten bei Spanholz

Wie man erkennt, stimmt die Theorie des exponentiellen Abfalls mit den gemessenen Ergebnissen überein. Die Frequenzabhängigkeit weist bei beiden Holztypen bei hohen Frequenzen einen kleineren Koeffizienten auf, wobei Spanholz stets besser abschirmt. Dies kann man durch die höhere Energie pro einzelne Welle bei hohen Frequenzen erklären. Styropor zeigt immer einen sehr niedrigen Koeffizienten auf. Dieses Material eignet sich also nicht zur Schalldämmung.

Fazit:

Die Reflexion ist entscheidend, um Schall zu dämmen. Im Prinzip reicht eine sehr gut reflektierende dünne Platte aus. Dies müsste in einem weiteren Experiment untersucht werden. Die besten Materialien bei uns waren Spanholz und Glas, die beide hohe Dichten aufweisen. Wegen einiger Probleme müsste jedoch noch über eine Verbesserung des Versuchsaufbaus nachgedacht werden.