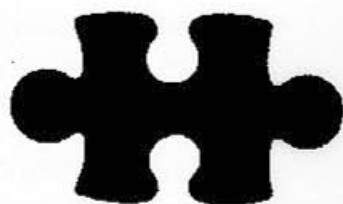


*Datum der Messung: 17.5.2000*

*Ingenieur Büro Jahrstorfer*

# Bauakustische Schallpegelmessung und Trittschallmessung zur Bewertung des Deckenaufbaus



**INGENIEUR BÜROS  
JAHRSTORFER**

**Umweltanalytik · Solar- und Energietechnik · Umweltfragen**  
Aufhausen/Ndb. · Regensburg · Passau · Altötting

# Einleitung und Grundlagen der Bauakustik

## Allgemein

Die Akustik hat stets auf die Gestaltung von Bauwerken Einfluss genommen. Das Leben in unsere Zeit ist stark geprägt von verschiedensten Lärmquellen, sei es am Arbeitsplatz, im Verkehrsbereich oder im Wohnbereich. Entscheidend für die Lärminderungsanforderungen sind vor allem die Nutzungsart der Bauten. Je nachdem, ob es sich um Wohnungen, Arbeitsstätten, Sanatorien oder Gaststätten handelt, sind unterschiedliche Anforderungen an den Schallschutz einzuhalten. Verbindliche Richtwerte dafür findet man in Deutschland in der DIN 4109, „Schallschutz im Hochbau“.

Die Lärmentstehung und Lärmübertragung in Gebäuden kann sehr verschiedene Ursachen und Mechanismen haben, und über dies unterschiedlichen Ausbreitungsgesetzen gehorchen. Das Auftreten von Schallwellen ist durch räumliche und zeitliche Schwankungen der Mediumdichte gekennzeichnet. Zur quantitativen Beschreibung eines Schallfeldes (ein mit Materie gefüllter Raum z.B. Luft) kann man die örtliche und zeitliche Verteilung des Schalldrucks  $p$  verwenden. Der Schalldruck, bzw. sein in logarithmischer Schreibweise angegebener Wert, nämlich der Schalldruckpegel  $L$ , ist in der gesamten Akustik eine der am häufigsten gemessenen Größen. Er ist der Messung am leichtesten zugänglich. Man misst dabei überwiegend den Effektivwert  $\tilde{p}$ . Der Bezugsschalldruck  $\tilde{p}_0$  für die Definition des (absoluten) Schalldruckpegels beträgt 20 Pascal bzw.  $20 \mu\text{N}/\text{m}^2$ .

$$L = 20 \cdot \lg \frac{\tilde{p}}{\tilde{p}_0} \quad (\text{Schalldruckpegel})$$

Der Bezugsschalldruck  $\tilde{p}_0$  entspricht dem Schalldruck eines Sinustones mit der Frequenz 1000 Hz, den unser Gehör gerade noch wahrzunehmen vermag (Hörschwelle). Die Messung und Angabe des Schalldruckpegels erfolgt in Dezibel (dB) 'über  $20 \mu\text{N}/\text{m}^2$ ', im Sprachgebrauch der Praxis lässt man den in '...' gesetzten Teil meist weg und benutzt lediglich das dB.

Die Messung und Angabe von Schalldruckpegeln kann frequenzabhängig (linear) oder auch mit einem international festgelegten Frequenzgang bewertet erfolgen. Siehe einzelne Messungen.

In Gebäuden kann sich Schall sowohl als Luftschall als auch als Körperschall ausbreiten. Der Durchgang von Luftschall, beispielsweise durch eine Trennwand, kann auf sehr unterschiedlichen Wegen erfolgen. Trifft Luftschall auf eine Trennwand, so wird ein Teil davon reflektiert, während die restliche Schallenergie in die Wand eindringt und von dieser absorbiert wird.

Die von einer Trennwand absorbierte Schallenergie wird zum Teil in Wärme umgesetzt, und verbleibt somit in der Wand (=Dissipation), während der Rest durch die Wand hindurch geht und in den Nachbarraum übertragen wird (=Transmission). Dieser Rest ist Gegenstand dieser Betrachtungen.

Der durch Transmission in den Nachbarraum eindringende Schall kann auf direktem Wege (Hauptweg), indirekt durch Flankenübertragungswege und durch andere Wege wie z.B. Ritzen oder Öffnungen übertragen werden.

## Luftschall

Die Güte der Dämmwirkung eines Bauteils gegenüber Luftschall wird durch das sogenannte **Schalldämm-Maß R** gekennzeichnet und in Dezibel (dB) angegeben. Darunter versteht man den zehnfachen Logarithmus des Verhältnisses der auf das Bauteil einfallenden Schallintensität  $J_1$  zu der von seiner anderen Seite in den Nachbarraum abgestrahlten Schallintensität  $J_2$ . Bei der messtechnischen Bestimmung des Schalldämm-Maßes R, beispielsweise einer Wand, regt man diese von der einen Seite (Senderaum) mit Schall an und misst den auf der anderen Seite (Empfangsraum) ankommenden Schall. In der Praxis misst man nicht die Schallintensitäten zu beiden Seiten der zu prüfenden Wand oder Decke, sondern (gemäß DIN 52210) die Schalldruckpegel  $L_1$  und  $L_2$  in den beiden Räumen. Da der im Empfangsraum entstehende Schalldruckpegel  $L_2$  sehr stark von den raumakustischen Eigenschaften (beschreibbar durch die äquivalente Absorptionsfläche  $A_2$ ) bestimmt wird, wird eine diesbezügliche Korrektur vorgenommen, und zwar in Gestalt des Verhältnisses der tatsächlichen Prüffläche  $S$  zur äquivalenten Schallschluckfläche  $A_2$ . Damit bekommt man eine jederzeit reproduzierbare und mit anderen Ergebnissen vergleichbare Aussage über die schalldämmende Qualität des zu prüfenden Bauteils. Die äquivalente Absorptionsfläche  $A_2$  ist eine gedachte Fläche mit einer Schallabsorption von 100%. Diese Fläche wird durch Messung der frequenzabhängigen Nachhallzeit  $T$  des Empfangsraumes bestimmt. Aus all den gemessenen Einzelgrößen kann man schließlich das Schalldämmmaß R wie folgt berechnen:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{S}{A_2}$$

Schalldruckpegel  $L_1$  (Senderaum)  
Schalldruckpegel  $L_2$  (Empfangsraum)  
tatsächlichen Prüffläche  $S$   
äquivalenten Schallschluckfläche  $A_2$

$$A_2 = 0,163 V/T$$

$V$  = Volumen des Empfangsraumes in  $m^3$   
 $T$  = Nachhallzeit

Allgemein versteht man unter Schalldämmung eine Behinderung der Schallausbreitung durch reflektierende Hindernisse, d.h. Reflexion.

Das Schalldämm-Maß  $R'$  kann entweder am Bau, d.h. unter bauüblichen Bedingung (mit Nebenwegen) oder in einem bauakustische Prüfstand oder Labor (ohne Nebenwege) gemessen werden. Im ersten Falle wird der Einfluss der bauüblichen Schallnebenwege auf die Schallübertragung im Gebäude mit erfasst (wie bei der durchgeführten Messung), und man spricht in diesem Falle vom **Bau-Schalldämm-Maß  $R'$** . Bei Ausschaltung aller Nebenwege unter Laborbedingungen erhält man das sogenannte Labor-Schalldämm-Maß R. Die Messung des Schalldämm-Maßes einer Prüfdecke oder Wand, erfolgt gemäß DIN 52210 in der Weise, dass auf der einen Seite der Wand, im sogenannten Senderaum mit Hilfe eines geeigneten Messlautsprechers Terzbandrauschen erzeugt wird, und zwar in 16 lückenlos aufeinanderfolgenden Terzbändern zwischen 100 Hz und 3150 Hz. Während dieser Schallanregung werden sowohl im Senderaum als auch im gegenüberliegenden Empfangsraum die dort auftretenden gemittelten Schalldruckpegel  $L_1$  und  $L_2$  gemessen. Zur räumlichen Pegelmittelung kann man die Messmikrofone nacheinander an verschiedenen Orten der beiden Räume aufstellen oder aber mittels eines drehbaren Mikrofongalgens während der Messung bewegen.

Mit der bekannten Prüffläche  $S$ , der zuvor durch Messung der Nachhallzeit  $T$  des Empfangsraumes bestimmbar äquivalenten Absorptionsfläche  $A_2$  und den Einzelgrößen erhält man das Schalldämm-Maß R und zwar für den gesamten genannten Frequenzbereich.

Für diesen Frequenzbereich gibt die DIN 52210 eine Bezugskurve an, mit deren Hilfe die gemessene Luftschalldämmung bewertet werden kann. Der Verlauf dieser Kurve trägt der Empfindlichkeit unseres Gehörs Rechnung: Da unser Ohr auf tieffrequenten Schall weniger empfindlich reagiert als gegenüber höheren Schallfrequenzen, werden auch an die Schalldämmung von Bauteilen in diesem Frequenzbereich keine zu hohen Forderungen gestellt. Durch die Lage der gemessenen Dämmwerte zur Bezugskurve können die Prüfergebnisse beurteilt werden.

## Trittschall

In diesem Gutachten werden neben dem Luftschall auch die Körperschallübertragung und Körperschallausbreitung, der sogenannte Trittschall behandelt. Trittschall im wahrsten Sinne seiner Bedeutung entsteht normalerweise nur beim Begehen von Decken, Treppen o.ä. Man beurteilt den Trittschall nach der Größe des durch ihn in den Nachbarräumen erzeugten Luftschalls.

Neben der Luftschallerzeugung im unmittelbar unterhalb der angeregten Decke befindlichen Raumes, wird - infolge der Körperschallübertragung durch die flankierenden Bauteile - auch in den horizontal und diagonal gelegenen Nebenräumen Luftschall erzeugt. Zur Erzielung einer wirksamen Trittschalldämmung gibt es eine Reihe von baulichen Maßnahmen. Die bekannteste ist der schwimmende Estrich.

Um die Wirkung von trittschalldämmenden Maßnahmen objektiv und untereinander vergleichbar messen und beurteilen zu können, bedient man sich einer genau definierten Trittschallanregung (Norm-Trittschallhammerwerk). Der dabei in den Nachbarräumen entstehende Luftschallpegel wird als Trittschallpegel  $L$  bezeichnet und gemessen. Dieser Pegel ist genauso wie bei der Messung des Schalldämm-Maßes  $R$  von den Absorptionseigenschaften des (Empfangsraumes) abhängig, was den Vergleich von Messwerten aus unterschiedlichen Räumen verständlicherweise erschwert. Aus diesem Grunde hat man den sogenannten Norm-Trittschallpegel  $L_n$  eingeführt, der die akustischen Eigenschaften des Empfangsraumes berücksichtigt:

$$L_n = L + 10 \cdot \lg \left( \frac{A_2}{A_0} \right)$$

$A_2$  = Äquivalente Absorptionsfläche des Empfangs- oder Messraumes (Nachhallzeit).

$A_0$  = Äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche auf  $10 \text{ m}^2$  festgesetzt.

$$A_2 = 0,163 V/T$$

$V$  = Volumen des Empfangsraumes in  $\text{m}^3$

$T$  = Nachhallzeit

Der Norm Trittschallpegel  $L_n$  gibt Auskunft über das Trittschallverhalten eines Bauteils. Durch die Lage des gemessenen Norm-Trittschallpegels  $L_n$  zur Bezugskurve können die Prüfergebnisse beurteilt werden.

# Durchführung

Die Messung fand am Mittwoch den 17.5.2000 von 10<sup>00</sup> Uhr bis 15<sup>00</sup> Uhr statt. Die Messung wurde von Herrn Dipl. Ing. Robert Jahrstorfer, Herrn Eck und einer Praktikantin des Büros durchgeführt. Das geprüfte Haus ist in Besitz der Familie Blietz und befindet sich in der Severinstraße 12 in 84524 Neuötting. Das Haus befindet sich in einer Neubausiedlung.

## Aufgabe:

Aufgabe der Messung war die Beurteilung der Decke zwischen Erdgeschoss / Keller und der Decke zwischen Erdgeschoss / 1. Stock. Durch diese Messungen sollten Rückschlüsse über die Schalldämmeigenschaften der verwendeten Thermofloc-Pellets und -Zellulose-Flocken abgeleitet werden.

## Verwendete Geräte:

	Genauere Bezeichnung	Foto Nr.
Schallmessgerät	Sound Analyzer; NORWEGIAN ELECTRONICS	3
Norm-Trittschallhammerwerk	Tapping Machine Type 211 No. 692 NORWEGIAN ELECTRONICS	4, 5,6
Laptop mit Drucker		7
Holzstativ	Für das Mikrofon	8
Verstärker	Type 235 No. 20378	11, 12
Lautsprecher	Type 229 Nr. 12976; 48 Ohm	13, 14
Mikrofon	Zum Schallmessgerät passend	15, 16
Stativ	Für den Lautsprecher	17, 18

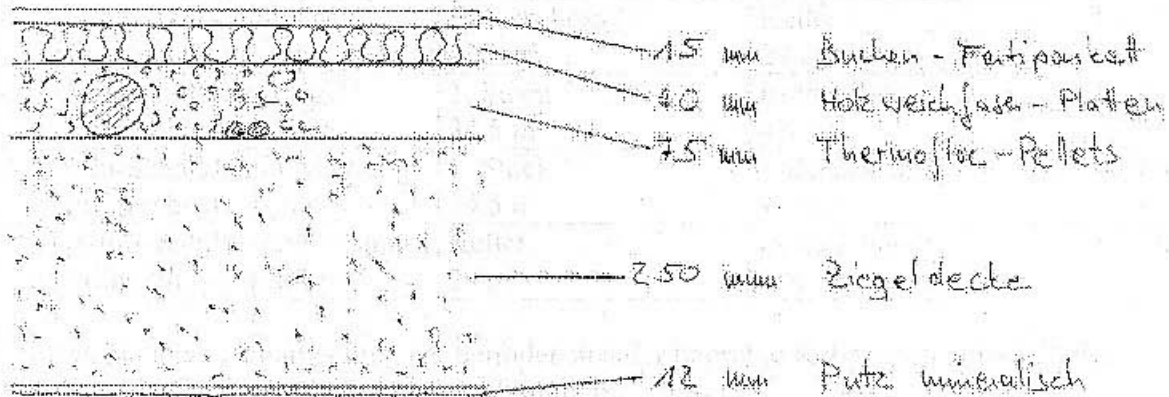
Die der Berechnung zugrunde liegenden Flächen und Volumenangaben vom akustisch verbundenen Raum können nachfolgender Aufstellung entnommen werden. Des weiteren ist dem Anhang ein Bauplan des Hauses beigelegt.

## Räumliche Gegebenheiten:

Raum	Fläche zusammenhängend	Raumvolumen zusammenhängend	Nutzung
Kellerraum	12,2 m <sup>2</sup>	29 m <sup>3</sup>	Lagerraum
Erdgeschoss	200 m <sup>2</sup>	496 m <sup>3</sup>	Wohnbereich
Schlafzimmer im 1. Stock	14,4 m <sup>2</sup>	34,5 m <sup>3</sup>	Schlafbereich Eltern

## Aufbau Ziegeldecke zwischen Erdgeschoss und Keller

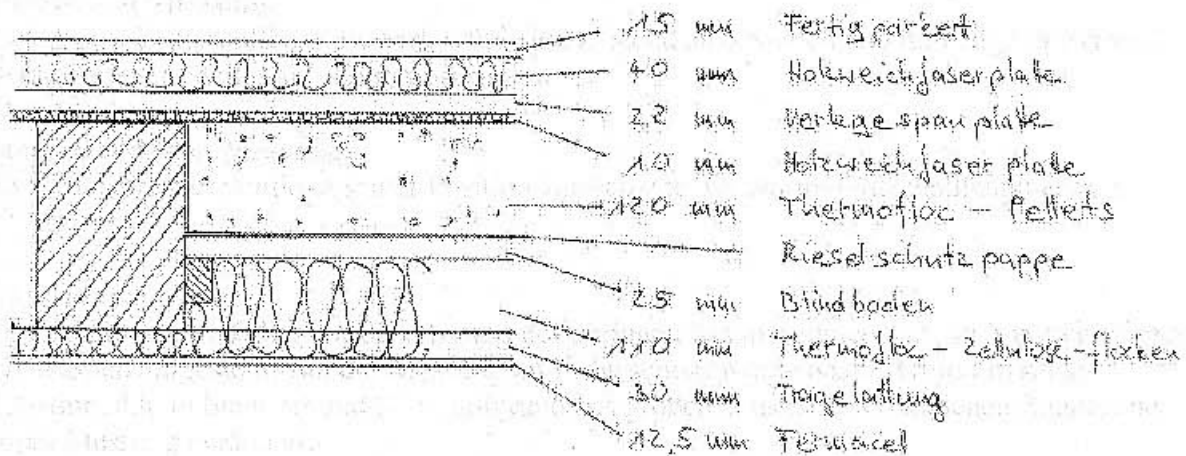
(Flächengewicht: 438 kg/m<sup>2</sup>)



siehe Anhang Deckenaufbau und Flächendeckengewichtsberechnung

## Aufbau Holzbalkendecke zwischen Erdgeschoss und 1. Stock

(Flächengewicht: 140 kg/m<sup>2</sup>)



siehe Anhang Deckenaufbau und Flächendeckengewichtsberechnung

### Daten der Messung:

Nr.	Messungen	Senderraum/ Senderraumvolumen	Empfangsraum/ Empfangsraumvolumen	Prüf- fläche
1	Norm-Trittschallpegel Erdgeschoss / Keller	Erdgeschoss / 496 m <sup>3</sup>	Keller / 29 m <sup>3</sup>	12,2 m <sup>2</sup>
2	Norm-Trittschallpegel Erdgeschoss / 1. Stock	1. Stock / 34,5 m <sup>3</sup>	Erdgeschoss / 496 m <sup>3</sup>	14,4 m <sup>2</sup>
3	Bau-Schalldämm-Messung Erdgeschoss / 1. Stock	1. Stock / 34,5 m <sup>3</sup>	Erdgeschoss / 496 m <sup>3</sup>	14,4 m <sup>2</sup>
4	Bau-Schalldämm-Messung Erdgeschoss / Keller	Keller / 29 m <sup>3</sup>	Erdgeschoss / 496 m <sup>3</sup>	12,2 m <sup>2</sup>

Wie dem Bauplan zu entnehmen ist, befindet sich der beprobte Kellerraum unterhalb des Wohnbereiches und unterhalb des Schlafzimmers.

### Störpegelmessung:

Im Keller wurde eine Störpegelmessung durchgeführt. Diese war im Erdgeschoss aufgrund der geringen Störungsgeräusche nicht notwendig.

### Nachhallzeit:

Die Nachhallzeit, wurde für jeden Raum bestimmt. Sie gibt die Raumcharakteristik wieder und fließt in die Berechnung mit ein.

### Trittschall Messung:

Das Norm-Trittschallhammerwerk wurde im 1. Stock an 3 Stellen und im Erdgeschoss an 4 verschiedenen Stellen im Raum positioniert.

### Bauschalldämm Messung:

Der Lautsprecher wurde in seiner Position ähnlich wie das Norm-Trittschallhammerwerk verändert.

### Mikrofon:

Das Mikrofon im Keller wurde aufgrund des geringen Raumvolumens nur an 3 verschiedenen Standorten aufgestellt. Bei der Messung im Erdgeschoss wurde das Mikrofon in seiner Position, d.h. in Standort und Höhe aufgrund des großen akustisch verbundenen Raumes bei jeder Messung verändert.

### Normen:

Die der Messung, der Auswertung und der Bewertung zugrundeliegenden Normen sind nachfolgend kurz zusammengefasst.

Vorschrift:	Bezeichnung:	Anwendung:
DIN 4109: 1989	Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise	Zur Beurteilung
ISO 140-4: 1998	Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 4: Messung der Luftschalldämmung zwischen (angrenzenden) Räumen in Gebäuden.	Bau-Schalldämm-Messung Durchführung
ISO 717-1: 1996	Akustik – Einzahlangaben für die Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung	Bau-Schalldämm-Messung Bewertung
ISO 140-7: 1998	Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 7: Feldmessungen der Trittschalldämmung von Fußböden	Norm-Trittschallpegel Durchführung
ISO 717-2: 1996	Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 2: Trittschalldämmung	Norm-Trittschallpegel Bewertung
DIN 52210	Bauakustische Prüfung; Luft- und Trittschalldämmung;	Zur Durchführung und Bewertung

## Ergebnisse im Überblick

Nr.	Messung	Ergebnis
1.	Norm-Trittschallpegel Erdgeschoss / Keller	$L'_{n,w} = 53,1 \text{ dB}$ Summe der ungünstigen Abweichungen : 31,8 dB Maximale ungünstige Abweichung: 9,7 dB bei 100 Hz
2.	Norm-Trittschallpegel Erdgeschoss / 1. Stock	$L'_{n,w} = 70 \text{ dB}$ Summe der ungünstigen Abweichungen : 28,1 dB Maximale ungünstige Abweichung: 11,2 dB bei 160 Hz
3.	Bau-Schalldämm-Messung Erdgeschoss / 1. Stock	$R'_{w}(C,C_{tr}) = 34 \text{ (-1;-2) dB}$ $C_{50-3150} : -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} : -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} : -1 \text{ dB}$ $C_{tr50-3150} : -4 \text{ dB}$ $C_{tr50-5000} : -5 \text{ dB}$ $C_{tr100-5000} : -2 \text{ dB}$
4.	Bau-Schalldämm-Messung Erdgeschoss / Keller	$R'_{w}(C,C_{tr}) = 46 \text{ (-2;-8) dB}$ $C_{50-3150} : -3 \text{ dB}$ $C_{50-5000} : -2 \text{ dB}$ $C_{100-5000} : -1 \text{ dB}$ $C_{tr50-3150} : -11 \text{ dB}$ $C_{tr50-5000} : -11 \text{ dB}$ $C_{tr100-5000} : -8 \text{ dB}$

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

Im Anhang finden Sie:

- Messprotokolle
- Fotos
- Deckenaufbau und Flächendeckengewichtberechnung
- Bauplan des Hauses

Bei eventuellen Fragen stehen wir Ihnen gerne persönlich zur Verfügung.