

# Psychoakustische Betrachtungen zur Abstufung der Anforderungen an Schalldämm-Maße

Henning Alpei, *Akustikbüro Göttingen*

Thomas Hils, *hils consult*

21. März 2007

## 1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Entwicklung eines Labelsystems für die Schallschutzqualität von Gebäuden wurden Modellrechnungen für die Schallübertragung und ihrer Bewertung durchgeführt. Ziel war dabei quantitative Aussagen zum Abstand etwaiger Schallschutzqualitätsstufen zu erhalten. Weiter sollte aber auch berücksichtigt werden, dass diesem System sich einerseits die Werte der bauaufsichtlich eingeführten DIN 4109 und andererseits Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz wiederfinden sollen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Änderung des von Bewohnern empfundenen Schallschutzes zwischen den unterschiedlichen Stufen deutlich sein sollte. Es ist also nicht zu fragen, welche Änderung eventuell gerade wahrnehmbar ist, sondern welche Änderung deutlich wahrgenommen werden kann. Erfahrungsgemäß ist eine subjektive Beurteilung eines Geräusches als „halb so laut“ bzw. „doppelt so laut“ relativ leicht möglich und stellt eine deutlich wahrnehmbare Stufe dar. Da die empfundene Lautstärke eines Geräusches mit dem physikalisch ermittelten Empfangspegel allein aber nicht beschreibbar ist, haben wir zur Bewertung der Ergebnisse deren Lautheit  $N$  in [sone] entsprechend [DIN 45631] errechnet. Auf diese Weise können die spektrale Verteilung des Geräusches und die Empfindlichkeit des Gehörs sowie der Einfluss der Hörschwelle berücksichtigt werden. Dies ist daher von besonderer Bedeutung, da die typischen Störgeräusche in Wohnungen  $L_{AF,eq} = 15 - 35$  dB betragen und damit in dem Bereich in dem der Zusammenhang zwischen Lautheit und Pegel stark pegelabhängig ist [Zwicker]. Zusätzlich treten Verdeckungseffekte durch den Hintergrundpegel im Empfangsraum auf.

## 2 Randbedingungen

- Als Sendesignal wurde rosa Rauschen mit einem Pegel von  $L_{AF,eq} = 70$  dB verwendet. Dies entspricht typischen Pegeln bei Sprache und Musik als Hintergrundgeräusch.
- Es wurde die Schalldämmung eines schweren Bauteils (Mauerwerk) und eines typischen leichten Bauteils (Ständerwand), jeweils mit dem resultierenden Schalldämm-Maß von  $R'_w = 53$  dB, genutzt (jeweils für massive Flankenbauteile). Dabei wurden unterschiedliche Schalldämmungen durch Verschieben der Schalldämm-Kurven realisiert. Der Korrekturfaktor  $C$  beträgt für das schwere Bauteil  $C_{50-5000} = -3$  und das leichte Bauteil  $C_{50-5000} = -5$ .
- Als Hintergrundgeräusch wurde sogenanntes *braunes Rauschen* gewählt, das mit  $-6$  dB pro Oktave zu

hohen Frequenzen hin abfällt. Diese Charakteristik wurde aus Messergebnissen im Rahmen von Güteprüfungen am Bau ermittelt, die die Autoren in der Vergangenheit durchgeführt haben. Die Hintergrundgeräusche haben wir für die Berechnungen mit Pegeln von  $L_{AF,eq} = 15, 18, 20, 25$  dB erzeugt.

Der Einfluss des Grundgeräusches bzw. der Hörschwelle ist dann in den erhaltenen Werten berücksichtigt.

## 3 Rechenmodell

Die folgenden Berechnungsschritte wurden durchgeführt:

- (A) Erzeugung des Anregungssignals *rosa Rauschen/Sprache*
- ↓
- (B) Filterung mit Schalldämmspektrum ( $R'$ )
- ↓
- (C) Empfangssignal ungestört
- ↓
- (D) Bildung des Gesamtsignals im Empfangsraum durch Addition von Grundgeräusch (braunes Rauschen) und Empfangssignal
- ↓
- (E) Bildung der Lautheit (10% Perzentillautheit für Sprache und Mittelwert bei Rauschen)
- ↓
- (F) Darstellung der Ergebnisse (z.B. bezogen auf die Lautheit des jeweiligen Hintergrundgeräusches oder auf die Mindestschallschutzstufe der DIN 4109)

## 4 Ergebnis: Lautheit bezogen auf Grundgeräusch

Für die Auswertung von geeigneten Stufen der Schalldämmung ist allerdings nicht die im Nachbarraum herrschende Gesamtlautheit (Übertragung + Ruhegeräusch) maßgebend, sondern es ist zu fragen, wann die durch das Bauteil übertragene Lautheit doppelt so groß (halb so groß) ist. Dabei ist die Gesamtlautheit von Grundgeräusch und übertragenem Geräusch mit der Lautheit des Grundgeräusches zu vergleichen und zu ermitteln bei welchem Abstand des Schalldämm-Maßes ein Faktor 2 in der Lautheit erreicht ist.

Es werden daher die Verhältnissfaktoren der Lautheiten des Grundgeräusches plus übertragenem Geräusch zum

Grundgeräusch aufgetragen (Abbildung 1). Die als Ordinate aufgetragenen Faktoren geben also an, wieviel lauter das übertragene Geräusch gegenüber dem jeweiligen Hintergrundgeräusch ist.

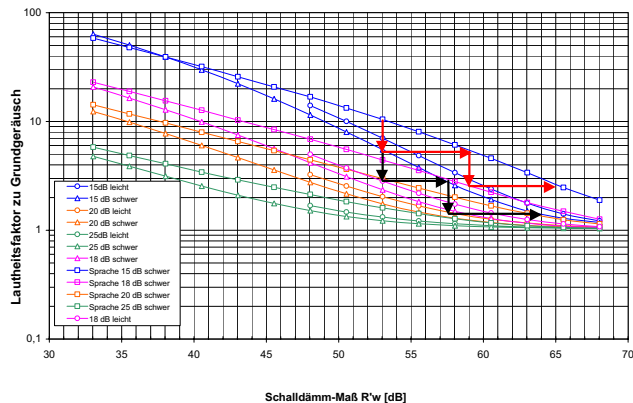


Abbildung 1: Lautheitsunterschiede über Schalldämm-Maß für unterschiedliche Grundgeräusche

Hierbei wurde als Sendesignal sowohl rosa Rauschen als auch Sprache (der Satz: Der A-bewertete Pegel ist kein Maß für die Lautheit.) verwendet.

Die logarithmische Auftragung des Verhältnisses der Lautheit zum Grundgeräusch liefert äquidistante Abschnitte für eine Verdoppelung bzw. Halbierung der Lautheit. Aus diesen Kurven lassen sich so geeignete Stufen des Schalldämm-Maßes ( $R'_w$ ) für die jeweiligen Hintergrundpegel ablesen.

In dem bedingt durch die Anregung mit einem relativ niedrigen Pegel von  $L_{AF,eq} = 70$  dB eingeschränkten Bereich ist eine Stufung nur für Hintergrundgeräusche von  $L_{AF,eq} \leq 15$  dB sinnvoll auszuwerten. Die Beschränkung auf den Verlauf bei einem festen Hintergrundgeräusch erscheint als sinnvoll, da im Klassifizierungssystem die Höhe des Hintergrundgeräusches (zunächst) nicht mit der Schalldämmung vermischt werden sollte. Beginnt man die Auswertung für das Rauschsignal bei dem gewählten „Ankerwert“ von  $R'_w = 53$  dB so folgt für das schwere Bauteil ( $\rightarrow$ ):

Hintergrundpegel	Bauteil	Stufung
$L_{AF,eq} = 15$ dB	schwer	48,3—53—57,5—64,2

Die Berücksichtigung des Spektrumanpassungswertes  $C$  führt bei dem gewählten Anregungsgeräusch definitionsgemäß zu sehr geringen Abweichungen zwischen schwerem und leichtem Bauteil, so dass eine Beschränkung auf das schwere Bauteil im Rahmen dieser Untersuchung ausreichend ist.

Die Auswertung für Sprache als Sendesignal ( $\rightarrow$ ) führt auf leicht andere Werte (für das Hintergrundgeräusch  $L_{AF,eq} = 15$  dB):

Hintergrundpegel	Bauteil	Stufung
$L_{AF,eq} = 15$ dB	schwer	45,5—53—59—65

### 4.1 Lautheit bezogen auf Mithörschwelle

Als anzustrebenden Schallschutz könnte man auch definieren, dass für einen bestimmten Hintergrundpegel immer der Wert anzustreben ist, bei dem das Empfangssignal der Mithörschwelle entspricht oder in einem konstanten Abstand darüber liegt.

Implizit kann bei den Anforderungen an den Mindestschallschutz der DIN 4109 ein Hintergrundgeräusch von  $L_{AF,eq} = 25$  dB angenommen werden. Es ergeben sich die Stufenwerte bei (Sendegeräusch  $L_{AF,eq} = 70$  dB) entsprechend den Faktoren gegenüber dem Hintergrundgeräusch. Bei  $R'_w = 53$  dB ist das Verhältnis Signal zu Hintergrundgeräusch plus Signal in der Lautheit 1,2 (sone-Werte). Um den gleichen Faktor bei den anderen Hintergrundgeräuschen zu erreichen, wären die folgenden Werte notwendig:

Grundgeräusch	Mithörschwelle bei
$L_{AF,eq} = 25$ dB	$R'_w = 53$ dB
$L_{AF,eq} = 20$ dB	$R'_w = 59$ dB
$L_{AF,eq} = 18$ dB	$R'_w = 62$ dB
$L_{AF,eq} = 15$ dB	$R'_w = 67$ dB

Eine Schalldämmung von  $R'_w = 53$  dB in einem „lauten“ Gebäude entspricht also in diesem Kontext einer Schalldämmung von  $R'_w = 67$  dB in einem „leisen“ Gebäude!

## 5 Zusammenfassung

Geht man von einem anzustrebenden Hintergrundpegel für alle Situationen von  $L_{AF,eq} = 15$  dB aus und nimmt Bezug auf das Schalldämm-Maß  $R'_w = 53$  dB, so entspricht eine Halbierung der Lautheit den Abstufungen des Schalldämm-Maßes  $R'_w = 48—53—58—64$  dB, also im Wesentlichen einer 5 dB-Abstufung.

Berücksichtigt man, dass für alle Schallschutzstufen die gleiche Lautheitsänderung des übertragenen Geräusches zum Hintergrundgeräusch erreicht werden soll, aber das Hintergrundgeräusch z. B. in 5 dB-Stufen abfallen soll, so erhält man die Abstufungen des Schalldämm-Maßes  $R'_w = 53—59—67$  dB.

Das Hintergrundgeräusch spielt zwar eine wesentliche Rolle bei der Ermittlung der Stufen, sollte aber als unabhängiges Kriterium bewertet werden.

## Literatur

[DIN 45631] DIN 45631 „Procedure for calculating loudness level and loudness“ (Weißdruck 1991), Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin.  
 [DIN 4109] DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ (Weißdruck November 1989), Hrsg.: Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin.  
 [VDI-4100] Verein Deutscher Ingenieure: VDI-Richtlinie 4100 „Schallschutz von Wohnungen“ (Weißdruck September 1984), Beuth Verlag GmbH, Berlin.  
 [Zwicker] Zwicker, E., „Psychoakustik“, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1982.