

## Berechnung der Luftschalldämmung in Gebäuden aus wärmedämmenden Hochlochziegeln

### Einleitung

Die Berechnungen zur Schalldämmung erfolgen bislang nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989. Die Berücksichtigung der flankierenden Übertragung unter Verwendung von Lochsteinen kann mit dieser Norm nur unzureichend abgebildet werden. Vor diesem Hintergrund wird die DIN 4109 vollständig überarbeitet und an das europäisch genormte Bilanzverfahren der DIN EN 12354-1:2000-12 angepasst. Die Rechenalgorithmen dieser Norm sowie der derzeitige Stand der Technik sind in dem jetzt neu aufgelegten PC-Programm der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V. umgesetzt und erlauben dem Anwender ab sofort die Nachweisführung des Schallschutzes auf Basis der DIN EN 12354-1:2000-12. Diese Vorgehensweise wird durch die von der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel erwirkte Allgemein bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787 des Deutschen Instituts für Bautechnik legitimiert.

Die Schalldämm-Maße der Mauerwerksbaustoffe sowie Stoßstellendämm-Maße sind im Rahmen von AIF-Vorhaben durch die Hochschule für Technik, Stuttgart erarbeitet und an zahlreichen Bauvorhaben validiert worden. Die Berechnung der Schalldämmung zweischaliger Bauteile erfolgt nach einer modifizierten Berechnungsregel eines Vorentwurfs zu DIN 4109 und ist auf Basis von Forschungsarbeiten der BAM, Berlin und der ITA, Wiesbaden modifiziert worden.

### Schalldämmung und Übertragungswege

Die Schalldämmung zwischen zwei Räumen wird durch das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_w$  gekennzeichnet. Der Index w bedeutet, dass es sich hierbei um eine Einzahlangabe über alle baurelevanten Frequenzen zwischen 100 und 3150 (5000) Hz handelt, die sich aus der Verschiebung zu einer normativ festgelegten Bezugskurve und Ablesung des Wertes bei 500 Hz ergibt. Berücksichtigung findet auch die Nebenwegsübertragung, die durch den Index  $\prime$  gekennzeichnet wird. Darüber hinaus ist zu beachten, dass  $R'_w$  bezogen wird auf die Fläche des trennenden Bauteils und die Nachhallzeit sowie

das Raumvolumen des Empfangsraumes. Die Bilanzgleichung lautet:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg(S / (0,16 \cdot V / T)) \quad (1)$$

mit:

$L_1$  = Pegel im Senderraum

$L_2$  = Pegel im Empfangsraum

$S$  = Fläche des trennenden Bauteils

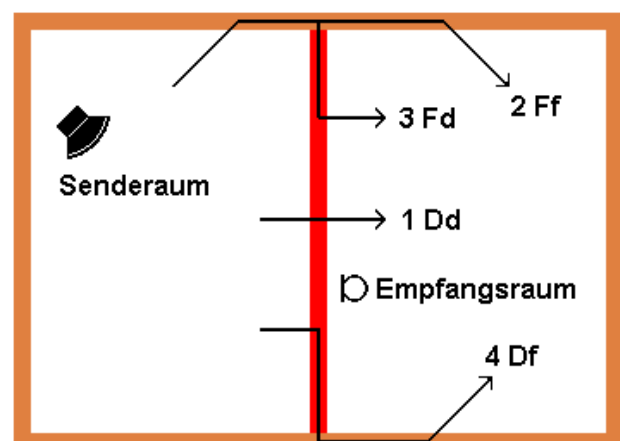
$V$  = Volumen des Empfangsraum

$T$  = Nachhallzeit im Empfangsraum = Zeit

in der der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60 dB abfällt.

Üblicherweise wird  $R'_w$  als Bauteilkennwert angesehen. Dies ist allerdings falsch, da wie zuvor gezeigt, die flankierende Übertragung zu berücksichtigen ist. Es handelt sich also um einen Wert, der die Einbausituation des trennenden Bauteils ebenso bewertet wie dessen reine Durchgangsdämmung.

Die folgende Grafik zeigt die prinzipiellen Übertragungswege des Luftschalls am Beispiel einer Wohnungstrennwand.



Berücksichtigt man zwei flankierenden Wände, die Decke und den Fußboden eines Raumes, ergeben sich für eine derartige Geometrie  $4 \cdot (Df + Ff + Fd) = 12$  Flankenwege zuzüglich dem Weg Dd der Direktübertragung. Die Messung des Schalldämm-Maßes  $R_w$ , entsprechend dem Weg Dd von Einzel-

bauteilen erfolgt in Prüfständen ohne Flankenübertragung. Dieser  $R_w$  – Wert oder auch Direkt-dämm-Maß oder Durchgangsdämmung genannt definiert sich ansonsten wie  $R'_w$ , beinhaltet aber die Übertragungswege 2, 3 und 4 nicht. Er stellt damit eine reine Bauteilkenngroße dar. Für homogene Bauteile sind die  $R_w$  –Werte abhängig von deren flächenbezogener Masse.

Aus einer Vielzahl von Baumessungen hat sich ergeben, dass die Art und Weise eines Bauteilanschlusses zwischen Trennbauteil und Flanke das Schalldämm-Maß beeinflusst. Dieses Phänomen wird als Stoßstellendämmung bezeichnet. Im Massivbau gilt, je höher die flächenbezogene Masse des Trennbauteils und je steifer dessen Verbindung desto höher ist die Dämmwirkung der Stoßstelle. Dagegen führt auch eine akustische Trennung der Flankenwege zu einer hohen Stoßstellendämmung, da alle Übertragungswege nahezu unterbrochen werden. Die Schallenergie, die ausschließlich über die Wege  $F_d$ ,  $F_f$  und  $D_f$  übertragen wird, kann durch das in der Vergangenheit verwendete so genannte Schall-Längsdämm-Maß oder besser Flankenschalldämm-Maß  $R_{ij,w}$  beschrieben werden. Dies ist eine Kombination aus Direktdämmung der Flankenbauteile, der Stoßstellendämmung sowie einer Flächenkorrektur. Diese Größe fand schon immer im Leichtbau als  $R_{L,w}$  Verwendung und muss zukünftig im Massivbau für jeden Flankenweg einzeln ermittelt werden:

$$R_{ij,w} = (R_{i,w} + R_{j,w})/2 + K_{ij} + 10 \cdot \lg(S/l_0 \cdot l_f) \quad (2)$$

mit:

- $R_{i,w}$  = Direkt Dämm-Maß Flankenbauteil 1
- $R_{j,w}$  = Direkt Dämm-Maß Flankenbauteil 2
- $K_{ij}$  = Stoßstellen-Dämm-Maß des Knotens
- $S$  = Fläche des trennenden Bauteils
- $l_f$  = Verbindungslänge der Bauteile in [m]
- $l_0$  = Bezugs-Verbindungs-länge = 1m

Ist eine biege-weiche Vorsatzschale vorhanden, muss der Term  $\Delta R_{ij,w}$  (Verbesserungsmaß der Vorsatzschale) zu  $R_{ij,w}$  addiert werden. Sind die  $R_{ij,w}$  aller Bauteile bekannt, ergibt sich das resultierende Schalldämm-Maß aus dem Direktdämm-Maß  $R_{Dd}$  des trennenden Bauteils und der Summe der Längsdämm-Maße aller flankierenden Bauteile zwischen den betrachteten Räumen zu:

$$R'_w = -10 \lg \left( 10^{-R_{Dd,w}} + \sum_{ij} 10^{-R_{ij,w}} \right) \quad (3)$$

Die Bilanzierung dieser Einzelübertragungswege entspricht einer akustischen Energiebilanz, die zukünftig mit einem PC-Rechenprogramm geführt werden kann. Als Eingabewerte werden normative Direktschalldämm-Maße  $R_w$  oder in Prüfständen ermittelte  $R_{w,Bau,ref}$  sowie die Stoßstellendämm-Maße  $K_{ij}$  verwendet. Im zukünftigen Schallschutznachweis müssen dann allerdings die Raumabmessungen bekannt sein und somit objektbezogene Schallschutznachweise erstellt werden.

### Schallschutz zwischen Räumen

Im Gegensatz zur Schalldämmung, die im Wesentlichen die Eigenschaften der beteiligten Bauteile beschreibt, gelangt der für die Bewohner wichtige Schallschutz zwischen den Nutzungseinheiten stärker in den Mittelpunkt bezüglich der Festlegung von Anforderungen. Wie zuvor erläutert, wird bei der Bestimmung von  $R'_w$  gemäß Formel (1) eine Bereinigung der baulichen Geometrie durch Normierung der Trennbauteilfläche und der Nachhallzeit des Empfangsraumes vorgenommen. Ein und dasselbe Trennbauteil wie auch die Konstruktion der Flankenbauteile können in unterschiedlichen Raumsituationen zu einem völlig voneinander abweichenden Schallschutz führen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird derzeit die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$  im Normungsbereich als Bewertungskriterium diskutiert. Sie wird frequenzabhängig wie folgt definiert:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg(T/T_0) \quad (4)$$

mit:

- $T_0$  = Bezugs-Nachhallzeit = 0,5 s
- übrige Variablen siehe Formel (1)

Gegenüber Formel (1) spielt hier sowohl die Größe des Trennbauteils als auch das Raumvolumen des Empfangsraumes keine Rolle bei einer Messung. Lediglich die Nachhallzeit wird normiert und auf eine für Wohnräume repräsentative Nachhallzeit von 0,5 s bezogen. Diese Prozedur erleichtert die Auswertung von Baumessungen, macht es allerdings erforderlich, einen Richtungsbezug aufzunehmen für den Fall, dass Send- und Empfangsraum unterschiedliche Geometrien aufweisen. Wird z.B. zwischen zwei Räumen die gleiche horizontale Pegeldifferenz gemessen, dann ist bei einer kleinen Trennwandfläche bezogen auf das Raumvolumen der  $D_{nT,w}$  Wert günstiger als der

entsprechende  $R'_w$  Wert - bei großen Trennwandflächen bezogen auf das Raumvolumen ungünstiger. Dies bedeutet eine dominierende Wertung des trennenden Bauteils innerhalb der akustischen Energiebilanz.

### Ziegel-Schallrechner

Der Ziegel-Schallrechner erlaubt die Berechnung des Schallschutzes in Massivgebäuden für die horizontale sowie die vertikale Schallübertragung zwischen zwei nebeneinander liegenden Räumen. Dabei können die Räume auch gegeneinander versetzt angeordnet sein. Die Raumgeometrie kann sehr einfach über wenige Mausklicks eingegeben werden.

Die Bauteilaufbauten können einer Datenbank entnommen oder individuell zusammengestellt werden. Weiterhin ist es möglich, die Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände nach einem modifizierten Rechenansatz zu ermitteln. Hierzu wird beispielsweise die Ausführung der Fundamentierung unterkellertes sowie nicht unterkellerte Gebäude berücksichtigt.

Standardmäßig enthalten die Rechenergebnisse einen normativen Sicherheitsabschlag von 2 dB so dass sie unmittelbar mit den Anforderungswerten der DIN 4109 verglichen werden können. Die folgenden Screenshots zeigen Beispiele der Programmstruktur.

| Position     | Bauteilbezeichnung                              | $R_w$   |
|--------------|---|---------|
| Trennbauteil | Wohnungstrennwand - Füllziegel 2,0 - 24,0 cm    | 60,7 dB |
| Flanke 1 A   | Außenwand monolithisch 36,5 - 0,7 $R_w = 49$ dB | 49,0 dB |
| Flanke 1 B   | Außenwand monolithisch 36,5 - 0,7 $R_w = 49$ dB | 49,0 dB |
| Flanke 2 A   | 11,5 cm Innenwand - 0,8 - ZIS                   | 40,9 dB |
| Flanke 2 B   | 11,5 cm Innenwand - 0,8 - ZIS                   | 40,9 dB |
| Flanke 3 A   | Stahlbeton-Geschossdecke 20 cm                  | 60,7 dB |
| Flanke 3 B   | Stahlbeton-Geschossdecke 20 cm                  | 60,7 dB |
| Flanke 4 A   | Stahlbeton-Geschossdecke 20 cm                  | 60,7 dB |
| Flanke 4 B   | Stahlbeton-Geschossdecke 20 cm                  | 60,7 dB |

Summary data from the screenshot:

- Gesamtschalldämm-Maß  $R'_w$ : 55,2 dB
- Standardschallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$ : 56,0 dB
- Trennendes Bauteil  $R_{d,w}$ : 59,2 dB
- Flankierende Bauteile  $R_{f,w}$ : 1: 63,0 dB, 2: 70,9 dB, 3: 69,4 dB, 4: 74,6 dB
- Fläche Trennbauteil: 12,00 m<sup>2</sup>
- Volumen: 45,0 m<sup>3</sup>

Bild 1: Eingabe einer horizontalen Übertragungssituation zwischen Raum A und Raum B mit Grundriss und Vertikalschnitt.

Die Schalldämm-Maße der Bauteile ergeben sich aus den Schichtaufbauten der selbst zu definieren Bauteilaufbauten oder sie können für in der Datenbank hinterlegte Wandaufbauten direkt übernommen werden.

Biegeeweiche Vorsatzschalen und auch schwimmende Estriche sind ebenfalls mit ihren Kennwerten in der Bauteildatenbank hinterlegt. Die Ergänzung von Leichtbauteilen wie z.B. Dächer wird ebenfalls angestrebt, so dass ein vollständiger

rechnerischer Nachweis der Luftschalldämmung in Massivbauten geführt werden kann.

Neben den Bauteilkennwerten werden die Stoßstellendämm-Maße standardmäßig aus dem Verhältnis der flächenbezogenen Massen der anschließenden Bauteile berechnet. Für eine Reihe besonderer Detailausführungen sind in einer Datenbank allerdings auch verbesserte Stoßstellendämm-Maße mit besonderen Ausführungshinweisen hinterlegt.

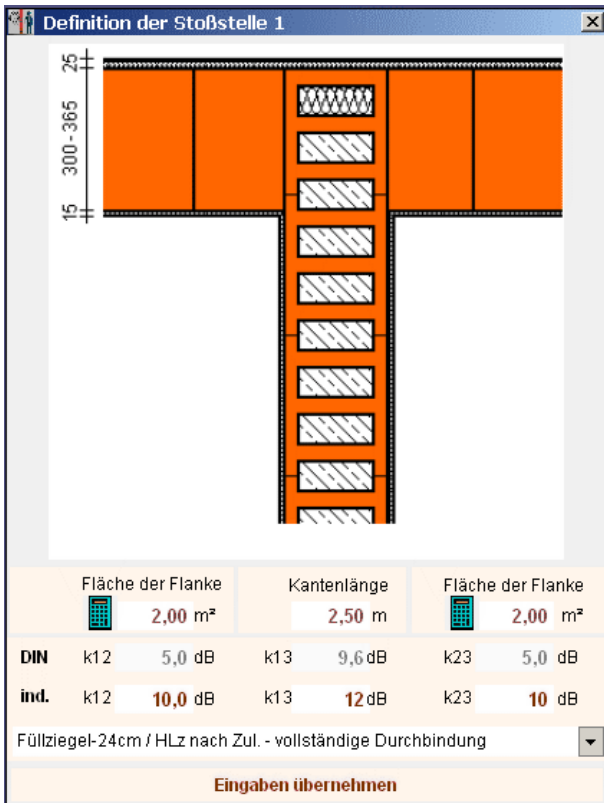


Bild 2: Eingabemöglichkeit eines Bauteilanschlusses über den Stoßstelleneditor.

Das Ziegel-Schallschutz Rechenprogramm wird von einigen Ziegelherstellern bereits erfolgreich in der Praxis angewandt und kann auch dort bezogen werden. Die Anwendung erlaubt eine sichere Prognose der Schalldämmung unter Berücksichtigung der Schalldämm-Maße  $R_{w,Bau,ref}$  hochwärmedämmender Lochsteine und erhöht damit die Planungssicherheit. Das Programm stellt damit eine Alternative zu wissenschaftlichen und kommerziellen Simulations-Software-Tools für den Massivbau dar und weist darüber hinaus die herstellerbezogenen Kennwerte verschiedener Hochlochziegelwände und auch Stoßstellendetails in den Datenbanken aus.

Die Programmanwendung ermöglicht die Erstellung eines bauordnungsrechtlichen Schallschutznachweises in Verbindung mit der Allgemeinbauaufsichtlichen Zulassung Z-23.22-1787 des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin.

Bonn, April 2010  
Gi-GdJ AMz

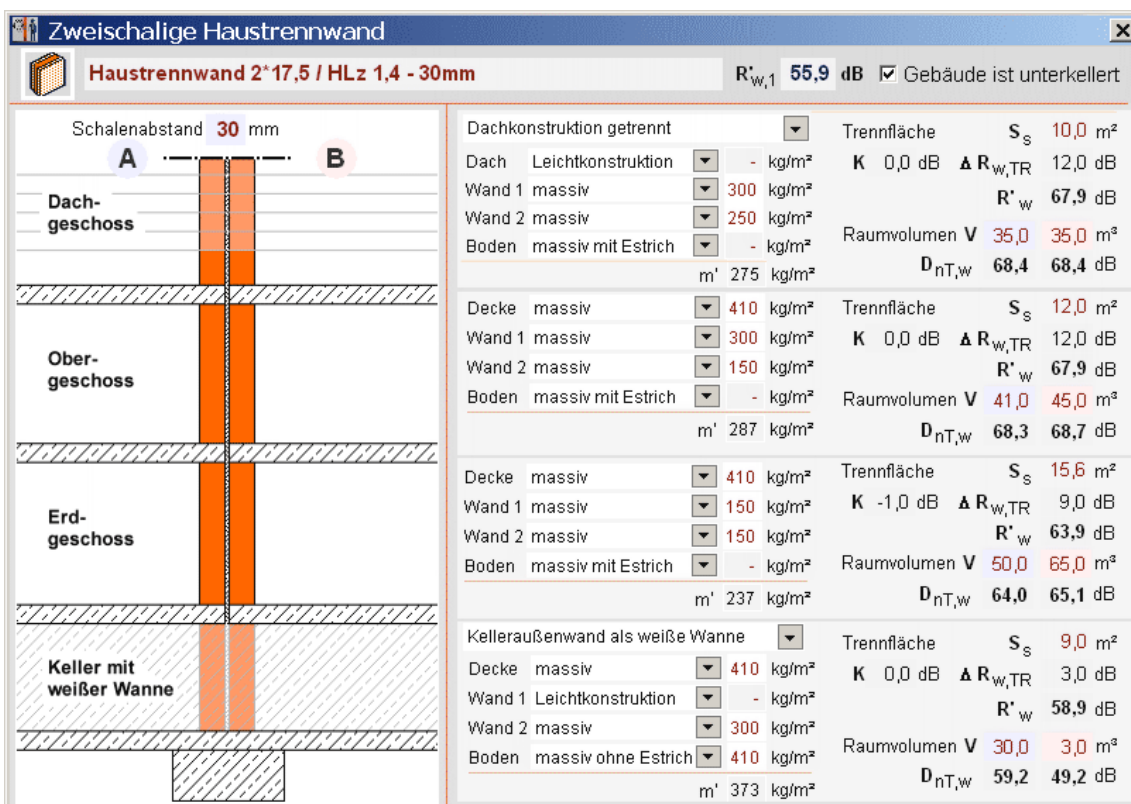


Bild 3: Berechnung der Schalldämmung einer zweischaligen Haustrennwand für verschiedene Geschosslagen und Unterkellerung mit weißer Wanne