

- Sommerlicher Wärmeschutz für Wohngebäude nach EnEV 2009
- Zur Lösung des Problems der Algenbildung auf WDVS
- **Schalldämmung von Wänden aus Gips-Wandbauplatten**
- Berechnung von Druckverlusten aus Simulationsergebnissen
- Auswirkungen kurz- und langzeitiger Luftfeuchteschwankungen auf Holz
- Materialparameter ausgewählter Baumaterialien in der Slowakei
- Universelle Energiekennzahlen – Teil 1:
Differenzierung nach Energieträger und Sanierungsstand
- Anmerkungen zur Bauphysik historischer Gebäude

Direkt- und Flankendämmung von Wänden aus Gips-Wandbauplatten

Wände aus Gips-Wandbauplatten werden vor allem im Wohnungsbau als leichte massive Innenwände verwendet. Mit Hilfe von Randstreifen aus Polyethylen-Schwerschaum, Kork oder Bitumen werden sie von den angrenzenden massiven Bauteilen entkoppelt. Im Beitrag wird gezeigt, dass die Entkopplung die Direktschalldämmung beeinflusst und (abhängig von der Art der Randstreifen) höhere Schalldämm-Maße als bei starrem Einbau erreicht werden können. Vor allem die Stoßstellendämmung kann gegenüber dem starren Einbau signifikant erhöht werden. Insgesamt werden damit Flankendämm-Maße erreicht, die so hoch sind, dass die flankierende Übertragung über die leichten Gips-Massiv-Wände bei der resultierenden Schallübertragung nicht mehr maßgeblich in Erscheinung tritt. Aus messtechnischen Untersuchungen in Prüfständen und Gebäuden werden für unterschiedliche Ausführungen Werte für die Direkt- und die Stoßstellendämm-Maße abgeleitet, die in den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 Eingang finden können. Anhand dieser Daten führt eine schalltechnische Prognose auf der Basis des vereinfachten Berechnungsverfahrens der DIN EN 12354-1 zu guten Ergebnissen.

Direct and flanking sound insulation of walls made of gypsum blocks. Walls made of gypsum blocks are often used as partitions in residential buildings. They are decoupled from adjacent solid components by using elastic interlayer made of polyethylene closed cell foam, cork or bitumen. The article shows that decoupling influences the direct sound insulation and (depending on the type of the elastic interlayer) can achieve higher sound reduction indices than rigid installations. Compared to rigid installations, it can significantly improve the vibration reduction index of joints particularly. Overall, the flanking sound reduction indices which can be achieved in this way are so high that the flanking transmission via the thin solid plaster walls is no longer significant. Values for different configurations for direct and vibration reduction indices which are derived from test stand measurements and those from buildings can be included in the component catalogue of the future DIN 4109. Based on these data, an acoustic prognosis following the simplified calculation model of DIN EN 12354-1 produces good results.

1 Einleitung

Für die Erstellung von nicht tragenden massiven Innenwänden in Ein- und Mehrfamilienhäusern kommen häufig Gips-Wandbauplatten zum Einsatz. Ein Verputzen solcher Wände ist nicht notwendig, da sie bereits werkseitig über eine sehr glatte Oberfläche verfügen. Die Flächen-

bündigkeit der einzelnen Gips-Wandbauplatten wird beim Aufbau der Wände durch ein umlaufendes Nut- und Federsystem an den Plattenkanten gewährleistet. Die Plattenstöße werden nur dünn verspachtelt. Gips-Wandbauplatten werden üblicherweise in den Dicken 60, 80 und 100 mm hergestellt. Die am häufigsten verwendeten 100 mm dicken Gipswände weisen eine flächenbezogene Masse von $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ (bei mittlerer Rohdichte von $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$) beziehungsweise $m' = 120 \text{ kg/m}^2$ (bei hoher Rohdichte von $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$) auf.

Ausgehend von diesen relativ geringen flächenbezogenen Massen der Innenwände erwartet man aus schalltechnischer Sicht einerseits eine relativ geringe Direktschalldämmung und andererseits eine stark verminderte und letztlich unzureichende Flankendämmung. Die Gipswände werden jedoch nicht starr an den Baukörper angeschlossen, sondern prinzipiell durch elastische Randstreifen von den angrenzenden massiven Bauteilen entkoppelt. Diese Randstreifen bestehen meist aus Kork oder Polyethylen-Schwerschaum, seltener aus bituminierten Streifen oder (bei Brandschutzanforderungen) aus Steinwolle. Sie werden umlaufend an allen Rändern der Gipswände zu den angrenzenden Bauteilen eingebaut, die nicht aus Gips-Wandbauplatten bestehen. Durch die Randstreifen soll unter anderem die Rissbildung im Bereich der Randaanschlüsse verhindert werden. Bild 1 zeigt den Aufbau einer Gipswand im Gebäude.



Bild 1. Aufbau einer massiven Gipswand im Gebäude
Fig. 1. Solid gypsum wall in a building

Die Verwendung der Randstreifen wirkt sich jedoch auch auf die schalltechnischen Eigenschaften der Gipswände aus. So wird die Direktschalldämmung der Gipswand durch den entkoppelten Einbau grundsätzlich und durch die Art des verwendeten Randstreifens im Speziellen beeinflusst. Durch die schalltechnische Entkopplung der Gipswände mittels der Randstreifen kann aber auch eine höhere Stoßstellendämmung und damit eine verbesserte Flankendämmung gegenüber einem starren Wandanschluss erwartet werden. Aufgrund dieser Tatsachen ist es notwendig, Gips-Wandbauplatten eigenständig als entkoppeltes Wandsystem und gesondert vom üblichen Massivbau zu betrachten.

2 Berechnung des Schallschutzes in (Wohn-)Gebäuden

Für die schalltechnische Planung von Gebäuden ist es erforderlich, den Schallschutz im Gebäude zu prognostizieren bzw. die Einhaltung der baurechtlichen Anforderungen nach DIN 4109 [1] rechnerisch nachzuweisen. Unter den spezifischen akustischen Bedingungen der Gips-Wandbauplatten sollen nachfolgend die Möglichkeiten für solche Berechnungen betrachtet werden.

2.1 Nachweis nach der bisherigen DIN 4109

In der bisherigen DIN 4109 von 1989 werden die Anforderungen an das bewertete Schalldämm-Maß R'_{w} eines Trennbauteils, z. B. einer Geschossdecke oder einer Wohnungstrennwand, gestellt. Der Nachweis des Schallschutzes im Gebäude erfolgt dabei nach dem in Beiblatt 1 der DIN 4109 [2] angegebenen Berechnungsverfahren. Für die Berechnung wird im Massivbau im Wesentlichen die flächenbezogene Masse des Trennbauteils sowie der flankierenden Bauteile berücksichtigt. Die Direktschalldämmung eines Trennbauteils wird in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse anhand von tabellierten Werten bestimmt. Die so ermittelte Schalldämmung gilt für Übertragungssituationen, bei denen die mittlere flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile bei etwa 300 kg/m^2 liegt. Ist dies nicht der Fall, wird durch Korrekturwerte das Schalldämm-Maß für $m'_{\text{mittel}} > 300 \text{ kg/m}^2$ entsprechend erhöht oder für $m'_{\text{mittel}} < 300 \text{ kg/m}^2$ entsprechend vermindert. Bei einer Übertragungssituation mit mehreren leichten flankierenden Bauteilen kommt dabei (rechnerisch) ein entsprechend geringeres resultierendes Schalldämm-Maß zustande. Für den typischen Fall von drei flankierenden Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten (und einer flankierenden massiven Außenwand von etwa 300 kg/m^2) würde sich z. B. für die vertikale Übertragung über eine Decke mit schwimmendem Estrich eine Minderung des resultierenden Schalldämm-Maßes R'_{w} von 3 dB ergeben. Eine möglicherweise vorhandene Entkopplung von Bauteilen, wie dies bei Gips-Wandbauplatten der Fall ist, bleibt bei diesem Nachweisverfahren allerdings unberücksichtigt. Eine „richtige“ Berechnung von Übertragungssituationen mit entkoppelten flankierenden Bauteilen ist mit diesem Verfahren also nicht möglich.

2.2 Berechnung nach der zukünftigen DIN 4109

Die Neugestaltung von DIN 4109 [3] [4] sieht vor, dass die Anforderungen an den Schallschutz durch die bewertete

Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,T,w}$ formuliert werden. Dabei sind entsprechend der Nutzung verschiedene Raumgruppen zu berücksichtigen. Der Nachweis des Schallschutzes im Gebäude wird mit einem Berechnungsverfahren erfolgen, welches im Wesentlichen auf dem vereinfachten Berechnungsverfahren von DIN EN 12354-1 [5] basiert.

Nach DIN EN 12354-1 kann die Berechnung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen mit Hilfe des so genannten „Detaillierten Modells“ oder des so genannten „Vereinfachten Modells“ durchgeführt werden. Beim detaillierten Modell erfolgt die Berechnung mit frequenzabhängigen Daten, beim vereinfachten Modell dagegen wird die Berechnung mit Einzahlwerten durchgeführt. Für das detaillierte Modell ist in der DIN EN 12354-1 eine so genannte „In-situ-Korrektur“ vorgesehen. Diese Korrektur berücksichtigt, dass die Schalldämmung massiver Bauteile von der Energieableitung auf benachbarte Bauteile und damit von der Einbausituation abhängt und stellt damit eine Anpassung der Schalldämm-Maße an die aktuelle Situation im jeweiligen Gebäude dar. Die In-situ-Korrektur basiert auf dem (Gesamt)-Verlustfaktor des massiven Bauteils. Dieser muss bekannt sein, was in einer realen Einbausituation durch Messung geschehen kann und für die bauakustische Planung durch geeignete Annahmen für die jeweilige Einbausituation zu erfolgen hat. DIN EN 12354-1 schlägt in Anhang C für das detaillierte Modell ein Berechnungsverfahren für den Gesamtverlustfaktor vor, das allerdings so aufwendig ist, dass es bei der Erarbeitung von DIN EN 12354-1 für das vereinfachte Modell nicht vorgesehen wurde. Es konnte aber gezeigt werden [6], dass für den üblichen Massivbau der Gesamtverlustfaktor auf einfache Art und Weise angegeben werden kann, so dass die In-situ-Korrektur des Schalldämm-Maßes auch im vereinfachten Modell angewendet werden kann und damit die Prognosegenauigkeit erhöht wird [7]. Der dabei zu Grunde gelegte Bauverlustfaktor wurde aus Messungen an über 200 Massivbauteilen in ausgeführten Gebäuden bestimmt. Über das Verfahren zur Anwendung der In-situ-Korrektur mittels Bauverlustfaktor wurde zum Beispiel in [6] ausführlich berichtet.

Bei der rechnerischen Ermittlung des Bau-Schalldämm-Maßes nach dem vereinfachten Verfahren von DIN EN 12354-1 wird die Direktdämmung des Trennbauteils (R_{Dd}) sowie die Flankendämmung ($R_{Ff} - R_{Fd} - R_{Df}$) der verschiedenen Übertragungswege berücksichtigt (Bild 2). Bei einem Raum mit vier flankierenden Bauteilen ergeben sich somit insgesamt dreizehn Übertragungswege. Die Berechnung des resultierenden Bau-Schalldämm-Maßes R'_{w} erfolgt nach der folgenden Gleichung:

$$R'_{w} = -10 \lg \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \quad (1)$$

Dabei bedeuten:

$R_{Dd,w}$ bewertetes Direkt-Schalldämm-Maß des Trennbau-
teils

$R_{Ff,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß, Weg Ff

$R_{Df,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß, Weg Df

$R_{Fd,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß, Weg Fd.

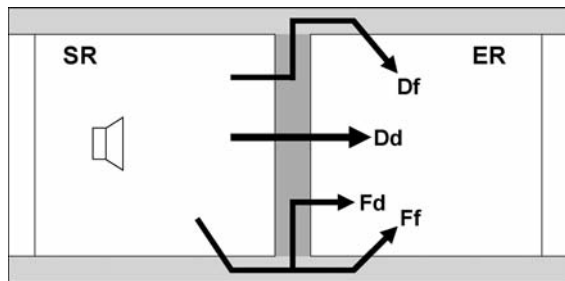


Bild 2. Zu berücksichtigende Schallübertragungswege beim vereinfachten Berechnungsmodell; SR – Senderaum, ER – Empfangsraum

Fig. 2. Sound transmission paths to be considered in a simplified calculation model: SR – source room, ER – receiving room

Die Flankendämm-Maße der einzelnen Übertragungswege werden folgendermaßen berechnet:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \Delta R_{i,w} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{j,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_S}{\ell_0 \cdot \ell_{ij}} \quad (2)$$

Dabei bedeuten:

- $R_{i,w}, R_{j,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des Bauteils i bzw. j
- ΔR_w bewertetes Luftschallverbesserungsmaß von Vorsatzkonstruktionen
- K_{ij} Stoßstellendämm-Maß
- S_S Trennbauteilfläche in $[m^2]$
- ℓ_0 Bezugs-Kopplungslänge in $[m]$, $\ell_0 = 1 \text{ m}$
- ℓ_{ij} Kopplungslänge des Bauteils ij in $[m]$.

Gl. (2) zeigt, dass die Flankendämmung dann hoch ist, wenn die Direktdämmung der beteiligten Flankenbauteile und die Stoßstellendämmung möglichst groß sind. Für die Berechnung des Schallschutzes in Gebäuden sind nach den Gln. (1) und (2) die Direktschalldämm-Maße und die Stoßstellendämm-Maße die zentralen Kennwerte, die bekannt sein müssen. Dies gilt auch für entkoppelte Gips-Massiv-Wände. Allerdings lagen bislang für das Bauen mit Gips-Wandbauplatten noch keine abgesicherten bauakustischen Kennwerte vor. Ein schalltechnischer Nachweis im Rahmen der vorgesehenen Berechnungsverfahren der zukünftigen DIN 4109 auf der Basis von DIN EN 12354-1 war damit nicht möglich. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens [8] wurden an der Hochschule für Technik Stuttgart in verschiedenen Prüfständen und in ausgeführten Gebäuden umfangreiche messtechnische Untersuchungen zur Direkt- und Flankendämmung von Gipswänden durchgeführt, um mit den daraus gewonnenen Ergebnissen die vorhandenen Lücken zu schließen.

3 Direktdämmung von Gipswänden

Die Direktdämmung einer einschaligen massiven Wand hängt im Wesentlichen von deren flächenbezogener Masse und in gewisser Weise auch von den Materialeigenschaften ab. Bei Wänden aus Gips-Wandbauplatten sind aber zusätzlich noch die Eigenschaften der verwendeten Randstreifen von Bedeutung, da von diesen die Wirksamkeit der Entkopplung, zusätzlich aber auch die Direktdämmung beeinflusst wird. Bei starr angeschlossenen Trennbauteilen kann ein Teil der auf das Bauteil auftreffenden Schallener-

gie über die Ränder in angrenzende Bauteile abgeleitet werden. Die Abstrahlung durch das Trennbauteil wird dadurch vermindert und die Direktdämmung steigt. Dieser Effekt wird bei der In-situ-Korrektur berücksichtigt. Durch eine umlaufende Entkopplung des Trennbauteils wird jedoch der Anteil der über die Ränder abgeleiteten Schallenergie reduziert. Das führt zu einer höheren Abstrahlung des Trennbauteils und damit zu einer geringeren Schalldämmung. In Untersuchungen an schweren Massivwänden im Rahmen eines Ringversuchs konnte dieser Effekt deutlich nachgewiesen werden [9]. Für die entkoppelten Wände aus Gips-Wandbauplatten wäre also zu erwarten, dass sie gegenüber der starr eingebauten Variante eine geringere Schalldämmung aufweisen. Im Gegensatz dazu sieht DIN 4109 im Beiblatt 1, Tabelle 1 in Fußnote 3 bei Gipswänden, die durch umlaufende Bitumenfilzstreifen entkoppelt sind, sogar eine Erhöhung der Schalldämmung um 2 dB gegenüber dem aus der flächenbezogenen Masse zu erwartenden Schalldämm-Maß vor. Dort heißt es: „Sofern Wände aus Gips-Wandbauplatten nach DIN 4103-2 ausgeführt und am Rand ringsum mit 2 mm bis 4 mm dicken Streifen aus Bitumenfilz eingebaut werden, darf das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ um 2 dB höher angesetzt werden.“ Diese Aussage widerspricht zuerst einmal den physikalisch zu erwartenden Eigenschaften und bedarf einer weitergehenden Erklärung. Die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen zeigen, dass dieser nicht erwartete Effekt tatsächlich nachgewiesen und durch die Eigenschaften der Randstreifen erklärt werden kann.

3.1 Messungen im Prüfstand

In Wandprüfständen nach DIN EN ISO 140-1 [10] wurde der Einfluss verschiedener Parameter auf die Schalldämmung von in der Regel 100 mm dicken Wänden aus Gips-Wandbauplatten eingehend untersucht:

- Material und Anordnung der Randstreifen,
- flächenbezogene Masse der Gipswand, $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ oder $m' = 120 \text{ kg/m}^2$,
- sonstige Einflüsse, zum Beispiel überputzte Randstreifen.

In Bild 3 sind die nach DIN EN ISO 140-3 [11] gemessenen Schalldämm-Maße für 100 mm dicke Gips-Massiv-Wände ($m' = 90 \text{ kg/m}^2$) mit den drei Standardstreifen Kork, Polyethylen-Schwerschaum und Bitumen dargestellt. Es wird deutlich, dass die mit Gipswänden erreichbare Schalldämmung stark vom Material des verwendeten Randstreifens abhängt. Die Verwendung von Bitumenstreifen führte zur besten Schalldämmung der Gipswand. Mit dem PE-Schwerschaumstreifen liegt das bewertete Schalldämm-Maß 2 dB unter dem Wert, der mit Bitumenstreifen erreicht werden konnte. Bei der Verwendung von Korkstreifen ist der Einbruch der Schalldämmung durch die Koinzidenzgrenzfrequenz am deutlichsten ausgeprägt. Dies führt auch beim bewerteten Schalldämm-Maß zum niedrigsten Ergebnis der drei untersuchten Randstreifen. Die Messung mit starrem Anschluss der Gipswand ergab ein ähnliches Ergebnis wie bei der durch Korkstreifen entkoppelten Gipswand.

Zusätzlich zur Luftschalldämmung wurde bei allen Untersuchungen auch der Verlustfaktor der Gipswände

durch Messungen der Körperschallnachhallzeit nach DIN EN ISO 10848-1 [12] bestimmt. Die Ergebnisse sind in Bild 4 dargestellt.

Die gemessenen Verlustfaktoren der entkoppelten Gipswände korrespondieren mit den Schalldämm-Maßen der entsprechenden Wände. Das heißt, wo sich ein höherer Verlustfaktor findet, ergibt sich auch eine höhere (Direkt-)Schalldämmung. So wurde mit dem Bitumenstreifen der höchste Verlustfaktor und damit das höchste Schall-

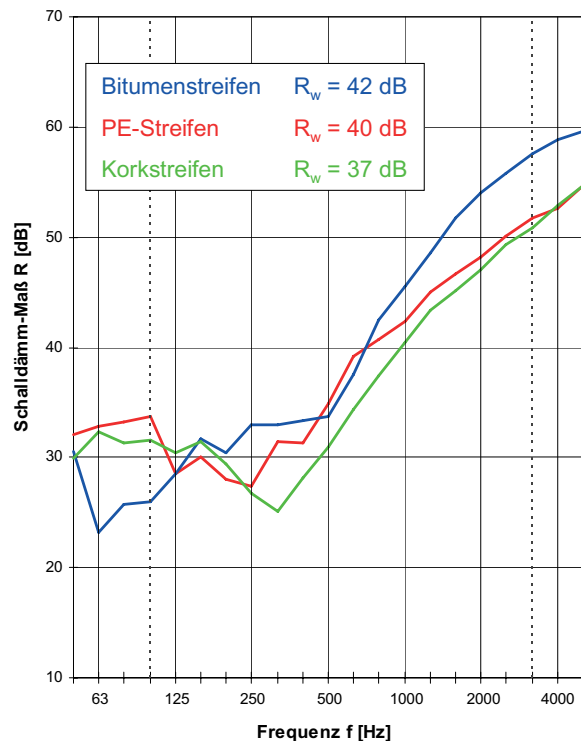


Bild 3. Einfluss von verschiedenen Randstreifenmaterialien (jeweils umlaufend eingebaut) auf die Schalldämmung einer 100 mm dicken Gipswand mit mittlerer Rohdichte
Fig. 3. Influence of different elastic interlayer materials (each installed around the perimeter) on the sound insulation of a 100 mm thick gypsum wall with mid density

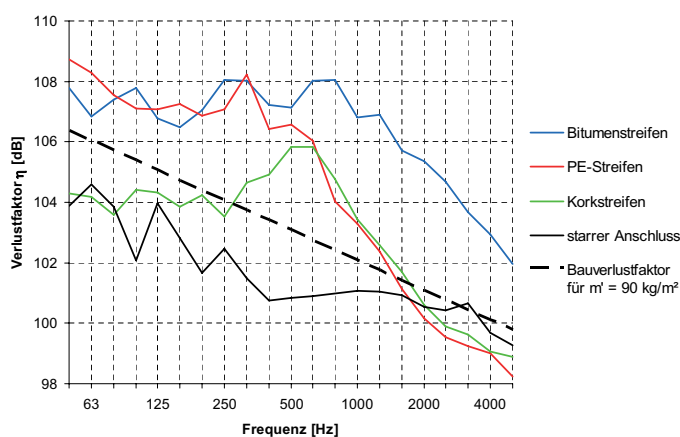


Bild 4. Verlustfaktoren von 100 mm dicken Gipswänden mit mittlerer Rohdichte und unterschiedlichen Randstreifen im Vergleich zum Bauverlustfaktor
Fig. 4. Loss factors of 100 mm thick gypsum walls with mid density and with different elastic interlayer compared to building loss factor

dämm-Maß gemessen. Entsprechend wurde mit dem Korkstreifen der niedrigste Verlustfaktor und das niedrigste Schalldämm-Maß erreicht. Auffallend ist, dass sich bei der starr angebundenen Gipswand entgegen den Erwartungen der geringste Verlustfaktor ergab. Üblicherweise geht man davon aus, dass der Verlustfaktor einer entkoppelten Wand aufgrund der verminderten Energieableitung in benachbarte Bauteile niedriger ist als der einer starr angeschlossenen Wand. Aus diesem Grund würde man auch hier infolge der Entkopplung eine Verminderung des Schalldämm-Maßes vermuten. Die Untersuchungen zeigen jedoch, dass dies bei den Gips-Massiv-Wänden nicht zutreffend ist. Offensichtlich werden die Schwingungen in den Randstreifen selbst stärker bedämpft als dies (bei starrem Anschluss) durch die Energieableitung in angrenzende Bauteile der Fall wäre. Diese Dämpfung hängt vom Material des Randstreifens ab, so dass davon das erreichbare Schalldämm-Maß bestimmt wird. Beim Bitumenstreifen ist diese Dämpfung besonders stark ausgeprägt. Unter allen untersuchten Varianten erreichen deshalb Gipswände mit Bitumenrandstreifen die höchsten Schalldämm-Maße. Diese Ergebnisse bestätigen und erklären auch den „Bonus“ der Fußnote 3 zu Tabelle 1 im Beiblatt 1 der bisherigen DIN 4109.

Ergänzend wurden auch Wände aus Gips-Wandbauplatten mit hoher Rohdichte ($\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$, $m' = 120 \text{ kg/m}^2$) untersucht. Gegenüber den zuvor betrachteten Wänden mit mittlerer Rohdichte ($\rho = 900 \text{ kg/m}^3$, $m' = 90 \text{ kg/m}^2$) ergeben sich bei Kork- und Bitumen-Randstreifen um 3 dB höhere Schalldämm-Maße. Dies ist ein Zuwachs, der auch nach Tabelle 1 in Beiblatt 1 der DIN 4109 erwartet werden kann.

3.2 Untersuchungen in ausgeführten Gebäuden und Vergleich mit Prüfstandsergebnissen

Ergänzend zu den Labormessungen wurde in mehreren Gebäuden die Luftschalldämmung von Trennwänden aus 100 mm dicken Gips-Wandbauplatten, die mit Kork- oder PE-Schwerschaumstreifen entkoppelt waren, bestimmt. So konnte die Direktdämmung der Gipswände unter Labor- und Baubedingungen verglichen werden. In Bild 5 sind sechs Bau-Schalldämm-Maße von Gipswänden, die mit Korkstreifen entkoppelt waren, den in zwei verschiedenen Wandprüfständen ermittelten Labor-Schalldämm-Maßen gegenübergestellt. Bei den Laboruntersuchungen waren die Gipswände ebenfalls mit Korkstreifen entkoppelt. Bei den Gebäudemessungen konnte eine Luftschallübertragung über Nebenwege (Türen, Flure usw.) ausgeschlossen werden.

Ab 315 Hz haben die Messkurven einen ähnlichen Verlauf. Bei tiefen Frequenzen treten für die verschiedenen Übertragungssituationen stärkere Schwankungen der ermittelten Schalldämm-Maße auf. Dies ist so auch zu erwarten, da das tieffrequente Verhalten der Schalldämmung stark von den aktuellen Bedingungen (unterschiedliche Volumina der Räume, unterschiedliche Größe der Trennbauteile und demzufolge unterschiedliche Modenkopplung zwischen Wand- und Raummoden) abhängt. Ein Vergleich der bewerteten Schalldämm-Maße zeigt, dass sowohl die Ergebnisse der Labor- als auch der Gebäudemessungen in der gleichen Größenordnung von 37 bis 38 dB liegen. Auch der Vergleich der auf den Gipswänden

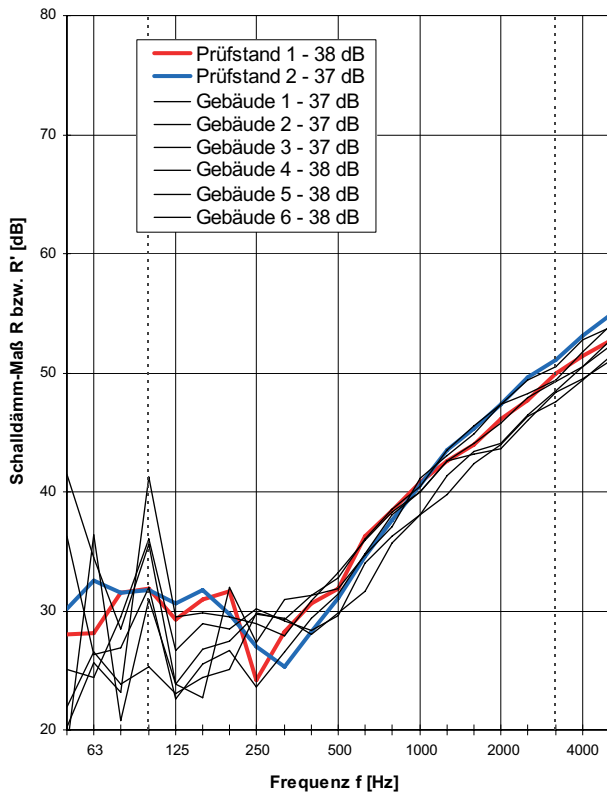


Bild 5. Vergleich von Labor- und Bau-Schalldämm-Maßen von 100 mm dicken Gipswänden mit mittlerer Rohdichte, Entkopplung durch Korkstreifen

Fig. 5. Comparison between sound reduction indices in laboratories and in buildings for 100 mm thick gypsum walls with mid density, decoupled by means of cork interlayer

ermittelten Verlustfaktoren im Labor und im Bau ergab eine recht gute Übereinstimmung. Somit zeigt sich insgesamt, dass in ausgeführten Gebäuden prinzipiell die gleichen Schalldämm-Maße erreicht werden können wie dies im Prüfstand bei den entsprechenden Konstruktionen der Fall ist. Unter Massivbaubedingungen spielt die bauliche Umgebung demnach keine Rolle, so dass eine In-situ-Korrektur nicht durchgeführt werden muss. Die Messwerte aus Prüfständen können auch für die Bausituation angesetzt werden.

4 Stoßstellen- und Flankendämmung von entkoppelten Gipswänden

4.1 Messungen in Prüfständen

Im Labor wurden sowohl horizontale als auch vertikale Übertragungssituationen mit flankierenden Wänden aus Gips-Wandbauplatten messtechnisch untersucht. Dazu wurden in zwei unterschiedlichen Prüfständen Aufbauten in Form von Kreuzstößen mit Gipswänden realisiert, die im folgenden näher beschrieben werden. Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen lag dabei auf dem schalltechnischen Einfluss der Randanschlüsse der Gipswände. Folgende Messgrößen wurden bestimmt:

- resultierende Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen,
- Direktschalldämmung des Trennbauteils mittels Körperschallmessungen,

- Flankendämmung der Gipswände mittels Körperschallmessungen,
- Stoßstellendämmung zwischen Gipswänden und Trennbauteil (Wege Fd, Df und Ff),
- Verlustfaktor der Bauteile.

Die Untersuchungen zur horizontalen Schallübertragung wurden im so genannten Flanken- oder Längsleitungsprüfstand durchgeführt. Dazu wurde eine Kalksandsteinwand ($d = 240 \text{ mm}$, $m' = 470 \text{ kg/m}^2$), welche einer typischen Wohnungstrennwand entspricht, eingebaut. Die KS-Wand wurde mit einem Spachtelputz beidseitig vollflächig dünn überspachtelt. Die flankierenden Wände wurden aus Gips-Wandbauplatten mit mittlerer Rohdichte ($d = 100 \text{ mm}$, $m' = 90 \text{ kg/m}^2$) errichtet. Der im Prüfstand realisierte Aufbau repräsentiert einen Kreuzstoß. Er entspricht einer üblichen Bausituation mit einer schweren Wohnungstrennwand und den leichten Gipswänden als Flankenbauteile. Bild 6 zeigt schematisch den Prüfaufbau.

Die Gipswände wurden im Flankenprüfstand mit drei unterschiedlichen Randanschlüssen untersucht:

1. umlaufende Entkopplung mit 5 mm dicken Korkstreifen;
2. mit Gips überputzte Korkstreifen;
3. umlaufende Entkopplung mit etwa 3 mm dicken PE-Schwerschaumstreifen ($\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$).

Die resultierende Schalldämmung der KS-Trennwand wurde für alle drei Varianten jeweils durch Luft- und Körperschallmessungen ermittelt. Aus den Körperschallmessungen wurde über die Schnelle (Index v) auf den Bauteilen das Direktämm-Maß R_v und das Flankendämm-Maß $R_{v,f}$ bestimmt. Da genauere Angaben zum Abstrahlgrad unterhalb der Koinzidenzfrequenz f_g nicht ohne Weiteres möglich sind, wurde dieser hier zur Vereinfachung mit $\sigma = 1$ angesetzt. Da für $f < f_g$ in Wirklichkeit aber $\sigma < 1$

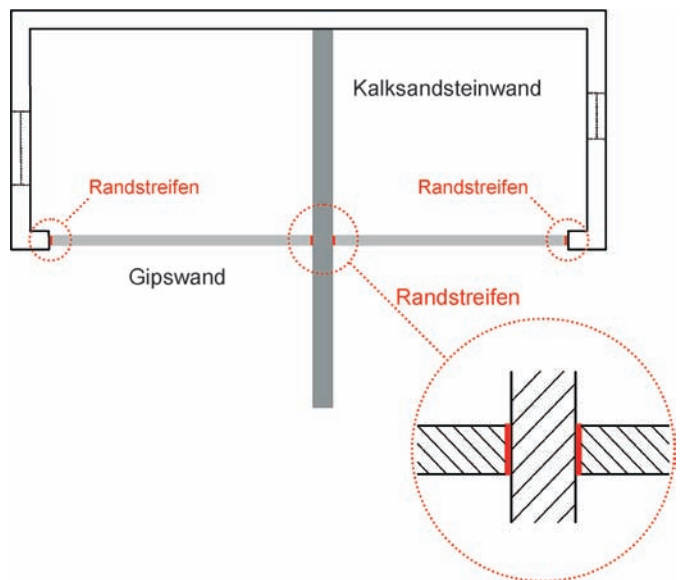


Bild 6. Schematische Darstellung (Grundriss) des Flankenprüfstands mit Kalksandsteinwand und flankierenden Gipswänden

Fig. 6. Diagram (floor plan) of the flanking test stand with calcium silicate wall and flanking gypsum walls

gilt, sind in diesem Frequenzbereich die so errechneten Schalldämm-Maße tendenziell zu hoch. Die Koinzidenzfrequenz wurde für die hier verwendeten Gipsplatten mittlerer Rohdichte und einer Dicke von 100 mm aus den zuvor messtechnisch ermittelten Materialdaten mit etwa 320 Hz bestimmt. Die Messergebnisse mit den durch Korkstreifen entkoppelten Gipswänden (Variante 1) sind in Bild 7 dargestellt.

Die gemessene Luftschalldämmung der untersuchten Übertragungssituation betrug $R'_w = 57$ dB. Bei starr angebundenen massiven Flankenbauteilen kann eine solche resultierende Schalldämmung nur mit ausreichend schweren flankierenden Wänden erreicht werden. Mit leichten massiven Flankenbauteilen würde dagegen eine deutlich geringere Schalldämmung erwartet werden, wenn die flankierenden Wände starr an die Trennwand angeschlossen wären. Im vorliegenden Fall liegt jedoch das Flankendämm-Maß der Gipswand durch die Entkopplung mittels Korkstreifen deutlich über dem Direktschalldämm-Maß der KS-Trennwand. Dies wird auch durch die Differenz von rund 12 dB im Einzahlwert verdeutlicht. Das resultierende Schalldämm-Maß der Übertragungssituation wird damit durch die KS-Trennwand selbst bestimmt. Die Flankenübertragung über die Gipswände wird dabei durch die Entkopplung mittels Korkstreifen wirkungsvoll begrenzt.

Neben den in Bild 7 dargestellten Ergebnissen der Variante 1 sollen (ohne Bild) auch die Resultate für die anderen beiden Varianten angesprochen werden. Die Flankendämm-Maße der Varianten 1 und 3 – flankierende Gipswände mit Korkstreifen bzw. PE-Schwerschaumstreifen entkoppelt – sind relativ ähnlich. Das zeigt sich auch in den bewerteten Schalldämm-Maßen der jeweiligen Übertragungssituationen. In beiden Fällen wurde $R'_w = 57$ dB gemessen. Werden die Korkstreifen mit Gips überputzt (Variante 2), wird das Flankendämm-Maß der Gipswand gegenüber dem entkoppelten Zustand um etwa 8 dB vermindert. Dies führt wiederum zu einer Verminderung der resultierenden Schalldämmung um 3 dB. Für die überputzte Konstruktion wurde somit $R'_w = 54$ dB gemessen.

Da gemäß Gl. (2) das Flankendämm-Maß auch durch das Stoßstellendämm-Maß bestimmt wird, sollen nun auch die Stoßstellendämm-Maße der einzelnen Varianten ge-

nauer betrachtet werden. Für alle drei Varianten wurden die Stoßstellendämm-Maße am horizontalen Kreuzstoß für die Übertragungswege Df bzw. Fd (Gipswand auf KS-Wand und umgekehrt) sowie für den Weg Ff (Gipswand auf Gipswand über die KS-Wand) messtechnisch bestimmt. Die Messungen erfolgten entsprechend den Vorgaben in DIN EN ISO 10848-1. Für den Weg Df bzw. Fd wurden jeweils alle vier Einzelwege (für alle vier Ecken des Kreuzstoßes) separat gemessen. Die vier Einzelmesswerte zeigten im Wesentlichen jeweils einen ähnlichen Verlauf, so dass die Einzelmesswerte arithmetisch gemittelt und für weitere Analysen als ein Messwert für den Übertragungsweg Df bzw. Fd verwendet wurden.

Bild 8 zeigt die Stoßstellendämm-Maße (jeweils Mittelwert aus den vier Einzelmessungen) aller drei im Flankenprüfstand untersuchten Varianten für den Übertragungsweg Df bzw. Fd. Zusätzlich ist noch der Rechenwert nach DIN EN 12354-1 (Anhang E) dargestellt, der sich aus den flächenbezogenen Massen der beteiligten Bauteile ($m' = 470 \text{ kg/m}^2$ für die KS-Wand und $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ für die Gipswand) für einen starren Kreuzstoß ergeben würde.

Insgesamt erreichen die mit Kork- und PE-Schwerschaumstreifen fachgerecht entkoppelten Gipswände deutlich über dem Rechen- und Messwert für einen starren Stoß liegende Stoßstellendämm-Maße. Bis 500 Hz liegen die Messwerte etwa 6 dB über dem Rechenwert für einen starren Stoß, dann steigen sie mit zunehmender Frequenz deutlich an. Dagegen ist bei den überputzten Korkstreifen das gemessene Stoßstellendämm-Maß bis 1000 Hz nur geringfügig höher als der Rechenwert für den starren Stoß. Erst danach steigt es leicht an. Das Überputzen der Randstreifen führt somit zu einer deutlichen Verschlechterung des erreichbaren Stoßstellendämm-Maßes und damit auch zu einer Verminderung der resultierenden Schalldämmung. Prinzipiell sind im überputzten Zustand die für den Übertragungsweg Ff ermittelten Verläufe der Stoßstellendämm-Maße ähnlich wie beim Weg Df bzw. Fd, jedoch sind die gemessenen Werte auf diesem Übertragungsweg (von Gipswand zu Gipswand über das Trennbauteil mit zwei dazwischen liegenden Randstreifen) höher. Allerdings wird auch hier die Entkopplung der Gipswände durch das Überputzen stark eingeschränkt.

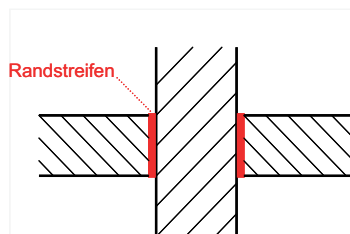
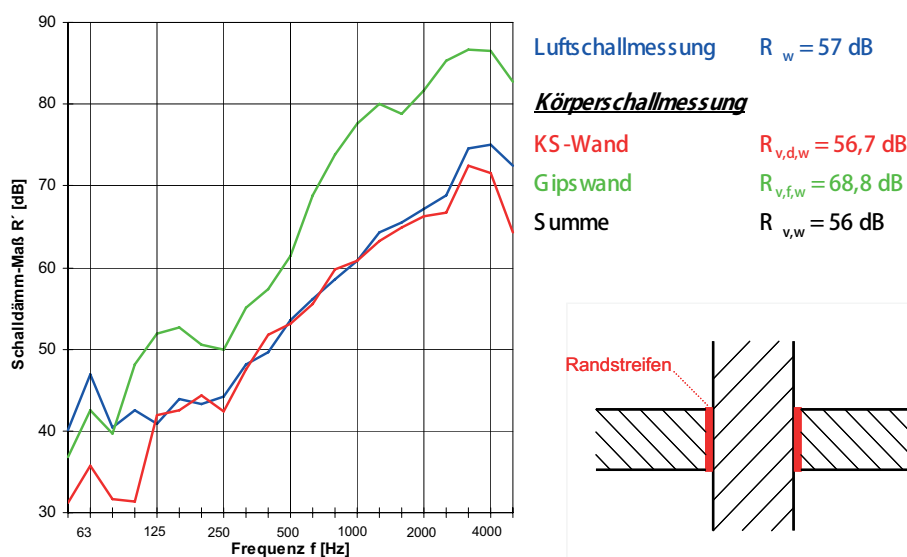


Bild 7. Schalldämm-Maß R' der KS-Trennwand mit Flankendämm-Maß $R'_{v,f}$ der durch Korkstreifen entkoppelten Gipswand (Variante 1) – Flankenprüfstand

Fig. 7. Sound reduction index R' of the calcium silicate partition wall with flanking reduction index $R'_{v,f}$ of the gypsum wall, decoupled by cork interlayer (variant 1) – flanking test stand

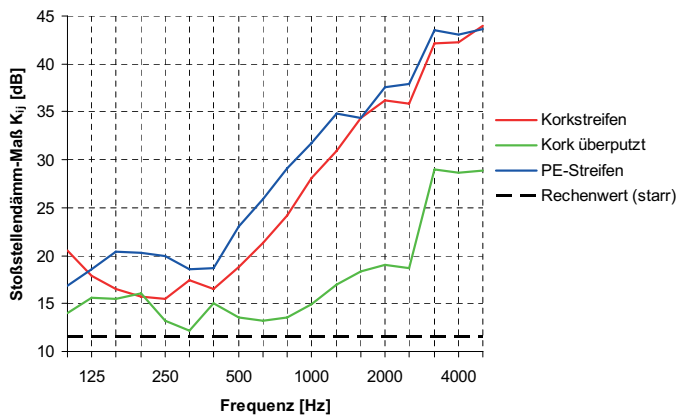


Bild 8. Stößtellendämm-Maße aller drei im Flankenprüfstand untersuchten Varianten für den Weg Df bzw. Fd verglichen mit den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß

Fig. 8. Vibration reduction indices for all three variants examined in the flanking test stand for path Df or Fd compared to the calculated value for a rigid joint according to DIN EN 12354-1

Untersuchungen zur Flanken- und Stößtellendämmung bei vertikaler Übertragung wurden im so genannten Kombinationsprüfstand der HfT Stuttgart durchgeführt. Dieser Prüfstand bietet – neben vielen anderen schalltechnischen Untersuchungsmöglichkeiten – durch seine zweigeschossige Massivbauweise die Möglichkeit, vertikale Übertragungssituationen, wie sie üblicherweise im Geschosswohnungsbau anzutreffen sind, zu untersuchen. Im betreffenden Teil des Kombinationsprüfstands ist eine 180 mm dicke Stahlbetondecke ($m' = 414 \text{ kg/m}^2$) fest eingebaut. Die Dicke entspricht einer heutzutage in der Baupraxis anzutreffenden üblichen Deckendicke, die in der Regel nicht unterschritten wird. Ober- und unterhalb dieser Prüfstandsdecke wurden jeweils 100 mm dicke Wände aus Gips-Wandbauplatten mit mittlerer Rohdichte eingebaut. Auf der Trenndecke war kein Estrich vorhanden. Die durch diesen Aufbau realisierte vertikale Übertragungssituation ist in Bild 9 schematisch dargestellt. Die betrachtete Schallübertragung in diesem Prüfstand erfolgt nur über die durch Prüfstandsdecke und Gipswände gebildete Bauteilkombination, da alle anderen Übertragungswege im Prüfstand durch Vorsatzschalen ausreichend unterdrückt sind.

Insgesamt wurden im Kombinationsprüfstand vier verschiedene Varianten der Gipswand-Randanschlüsse untersucht:

1. umlaufende Entkopplung mit 5 mm dicken Korkstreifen;
2. mit Gips überputzte Korkstreifen;
3. erneuter Einbau der Gipswände ohne Randstreifen (starr);
4. umlaufende Entkopplung mit etwa 3 mm dicken PE-Schwerschaumstreifen ($\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$).

Bei allen vier Varianten wurde das Schalldämm-Maß R'_w der Prüfstandsdecke gemessen, das heißt deren resultierende Schalldämmung mitsamt der vertikalen Flankenübertragung über die Gipswände. Bild 10 zeigt für Variante 1 (Gipswände durch Korkstreifen vollständig entkoppelt) die mittels Luftschall- und Körperschallmessungen

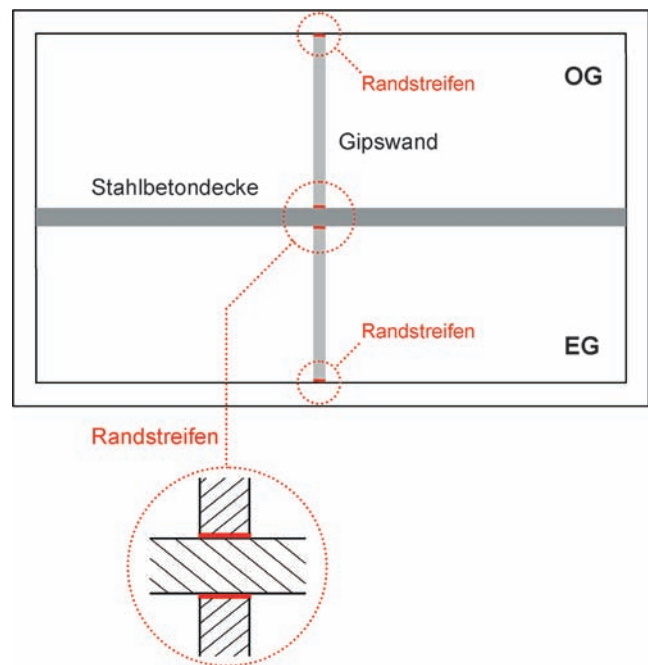


Bild 9. Schematische Darstellung (Schnitt) der vertikalen Übertragungssituation im Prüfstand mit durchlaufender Stahlbetondecke und flankierenden Gipswänden

Fig. 9. Diagram (section) of vertical transmission in the test stand with continuous reinforced concrete slab and flanking gypsum walls

gewonnen Ergebnisse. Für die resultierende Schalldämmung ergibt sich $R'_w = 56 \text{ dB}$. Das Flankendämm-Maß der entkoppelten Gipswand liegt im gesamten Frequenzbereich deutlich über der durch Körperschallmessung gewonnenen (Direkt)-Dämmung der Decke. Dies wird zusätzlich durch die Differenz von rund 7 dB im Einzahlwert verdeutlicht. Die resultierende Schalldämmung der Prüfstandsdecke wird also im Wesentlichen durch die Decke selbst bestimmt. Die Flankenübertragung über die Gipswände wird durch die Entkopplung wirkungsvoll reduziert. Werden dagegen die Randanschlüsse überputzt (Variante 2) bzw. die Wände starr ohne Randstreifen eingebaut (Variante 3), vermindert sich die resultierende Schalldämmung in der vertikalen Übertragungssituation um etwa 3 dB. Bei Verwendung von PE-Randstreifen (Variante 4) wurde für die resultierende Schalldämmung der Prüfstandsdecke ein bewertetes Schalldämm-Maß R'_w von 57 dB erreicht.

Auch für die vertikale Übertragungssituation wurden für alle vier untersuchten Einbauvarianten die Stößtellendämm-Maße für die Übertragungswege Df bzw. Fd sowie Ff bestimmt. Bild 11 zeigt für die Wege Df bzw. Fd die Messergebnisse der verschiedenen Varianten im Vergleich zum Rechenwert, der nach DIN EN 12354-1 (Anhang E) bei gleichen flächenbezogenen Massen für einen starren Stoß zu erwarten wäre. Auch hier sind bei richtig ausgeführter Entkopplung der Gipswände durch Kork- oder PE-Streifen deutlich höhere Stößtellendämm-Maße als mit einer starren Randanbindung erreichbar. Sowohl das Überputzen der Randstreifen als auch der starre Anschluss der Gipswände haben eine deutliche Verschlechterung des Stößtellendämm-Maßes und damit der resultierenden Schalldämmung zur Folge.

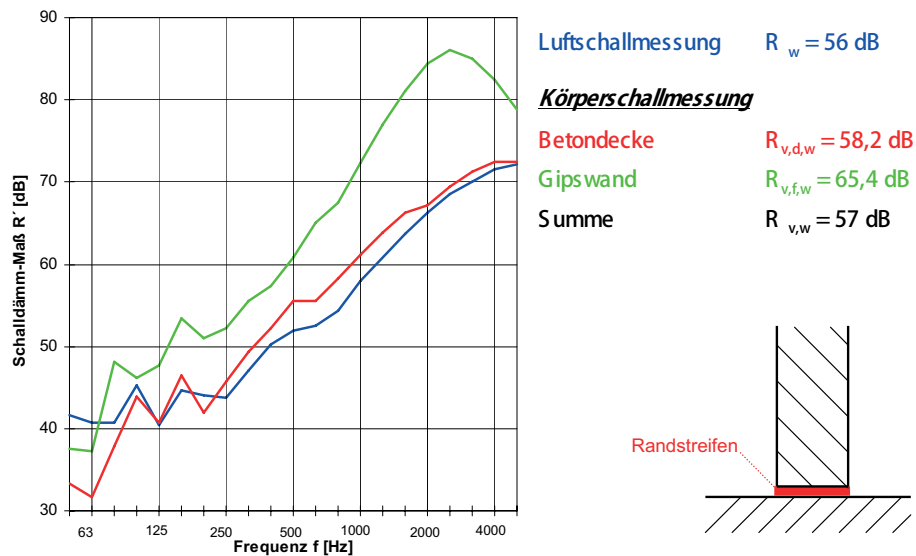


Bild 10. Schalldämm-Maß R' der Prüfstandsdecke mit Flankendämm-Maß $R'_{v,f}$ der durch Korkstreifen entkoppelten Gipswand (Variante 1) – Kombinationsprüfstand

Fig. 10. Sound reduction index R of the test stand slab with flanking reduction index $R_{v,f}$ of the gypsum wall, decoupled by cork interlayer (variant 1) – combination test stand

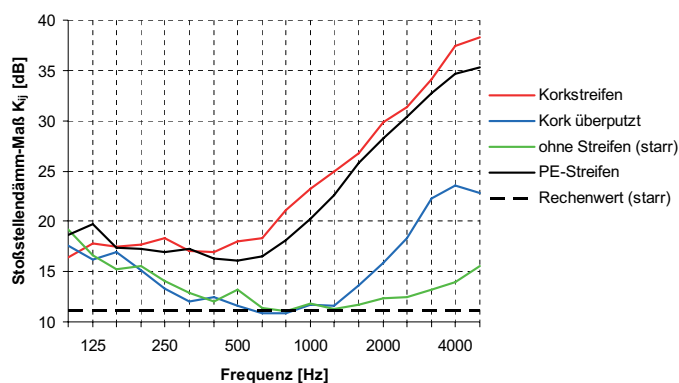


Bild 11. Stosstellendämm-Maße aller vier im Kombiprüfstand untersuchten Varianten für den Weg Df bzw. Fd verglichen mit dem Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß

Fig. 11. Vibration reduction indices of all four variants examined in the combination test stand for path Df or Fd compared to the calculated value for a rigid joint according to DIN EN 12354-1

4.2 Untersuchungen in ausgeführten Gebäuden

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden in insgesamt 14 Gebäuden schalltechnische Untersuchungen durchgeführt. In allen Gebäuden gab es entkoppelte Innenwände aus 100 mm dicken Gips-Wandbauplatten mit mittlerer Rohdichte ($\rho = 900 \text{ kg/m}^3$). Bei allen Gebäuden handelte es sich um mehrgeschossige Mehrfamilienhäuser, die in Massivbauweise errichtet waren. Die Entkopplung der Gipswände wurde entweder durch Korkstreifen oder PE-Schwerschaumstreifen realisiert.

Im Prinzip wurden in den Gebäuden dieselben messtechnischen Untersuchungen wie im Flankenprüfstand und im Kombinationsprüfstand durchgeführt:

- resultierende Luftschalldämmung zwischen Räumen in horizontaler und vertikaler Richtung,
- Direkt- und Flankendämmung mittels Körperschallmessungen,
- Stosstellendämmung in horizontaler und vertikaler Übertragungsrichtung,

- Luftschalldämmung zwischen Räumen mit einer Trennwand aus Gips-Wandbauplatten,
- Trittschalldämmung von Wohnungstrenndecken.

Bei den in den Gebäuden untersuchten Übertragungssituationen lagen für die Gipswände ausschließlich Kreuzstöße vor. Die Beschränkung auf Kreuzstöße resultierte daraus, dass nur Situationen betrachtet wurden, die für den Schallschutz gegenüber fremden Wohn- und Arbeitsbereichen relevant sind. In vertikaler Richtung wurden diese Kreuzstöße durch eine durchlaufende, in der Regel 200 mm dicke Stahlbetondecke und darauf bzw. darunter angeordnete 100 mm dicke (entkoppelte) Gipswände mit mittlerer Rohdichte gebildet. Die horizontalen Kreuzstöße wurden durch durchlaufende Wohnungstrennwände und flankierende Gipswände gebildet. Die Stosstellendämm-Maße wurde jeweils für die Übertragungswege Df bzw. Fd sowie für den Weg Ff bestimmt.

In Bild 12 sind für alle 14 Gebäude exemplarisch die für die Wege Df bzw. Fd in vertikaler Richtung gemessenen Stosstellendämm-Maße mit Mittelwert und Standardabweichung dargestellt. Zusätzlich ist noch der Rechen-

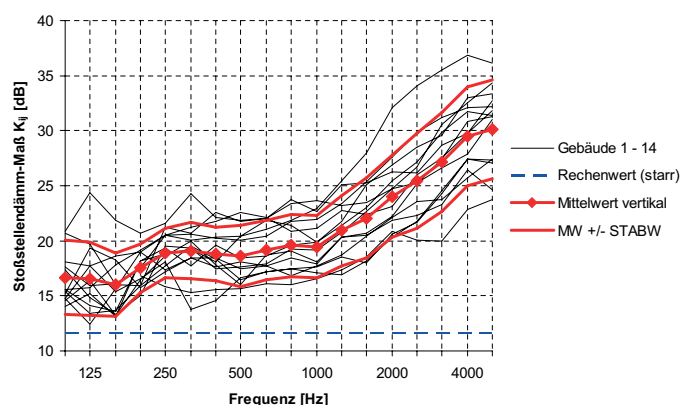


Bild 12. Gemessene Stosstellendämm-Maße von vertikalen Gebäude-Übertragungssituationen – Weg Df bzw. Fd – mit Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW)

Fig. 12. Vibration reduction indices of vertical sound transmissions in a building – path Df or Fd – with mean value and standard deviation (STABW)

wert nach DIN EN 12354-1 (Anhang E) für einen starren Kreuzstoß zwischen einer 200 mm dicken Stahlbetondecke und nicht entkoppelten Gipswänden dargestellt. Alle gemessenen Stoßstellendämm-Maße liegen deutlich – zu höheren Frequenzen hin ansteigend – über dem Rechenwert für einen starren Stoß.

Ansichts der Streuung der Messwerte lässt sich der typische Verlauf der Stoßstellendämmung für entkoppelten Anschluss am besten am in Bild 12 eingetragenen Mittelwert erkennen. Für die Streuung der Werte kommen folgende Gründe in Frage:

- Verwendung unterschiedlicher Randstreifen in den einzelnen Gebäuden,
- unterschiedliche Bauteilflächen,
- mögliche Unterschiede in der Ausführungsqualität der Randanschlüsse. Hierbei ist vor allem der Randanschluss der Gipswände im Bodenbereich zu nennen. Durch die leicht unebene Oberfläche von Ortbetondecken liegt der Randstreifen auf dem Boden nicht immer plan auf.

Die Messergebnisse für den Weg Ff sowie für die horizontale Übertragung sind vom Frequenzverlauf sehr ähnlich, jedoch unterscheiden sie sich in der Höhe der Stoßstellendämm-Maße.

In diesem Zusammenhang zeigt sich, dass vertikale Übertragungssituationen dabei eher unproblematisch sind. Bei horizontalen Übertragungssituationen besteht vor allem die Gefahr, dass die Randstreifen und die Gipswände beim Verputzen der Wohnungstrennwände mit eingeputzt werden, was dann zur Verminderung der resultierenden Schalldämmung der Wohnungstrennwand führen kann. Dies kann jedoch durch eine sorgfältige und fachgerechte Ausführung der entsprechenden Gewerke verhindert werden.

Da für die Berechnung der Schalldämmung nach dem vereinfachten Verfahren gemäß DIN EN 12354-1 Einzahlwerte benötigt werden, müssen auch für die verwendeten Stoßstellendämm-Maße Einzahlwerte vorliegen. Deshalb wurde aus den frequenzabhängigen Messwerten des Stoßstellendämm-Maßes der Einzahlwert bestimmt. Dies geschah entsprechend DIN EN ISO 10848-1 durch arithmetische Mittlung der Terzwerte im Frequenzbereich zwischen 200 und 1250 Hz.

In Tabelle 1 sind für die Übertragungswege Df bzw. Fd sowie Ff die aus den Mittelwerten der Gebäudemessungen bestimmten Einzahlwerte den entsprechenden Ergebnissen aus den Prüfstandsmessungen gegenübergestellt. Die Ergebnisse aus den Gebäudemessungen wurden im weiteren Verlauf als Eingangsdaten für das vereinfachte Berechnungsmodell nach DIN EN 12354-1 verwendet.

Tabelle 1. Einzahlwerte von Stoßstellendämm-Maßen für den Übertragungsweg Df bzw. Fd sowie für den Weg Ff – vertikale und horizontale Übertragung im Gebäude und im Prüfstand
Table 1. Singular values of the vibration reduction index for transmission path Df or Fd and for path Ff – vertical and horizontal transmission in the building and test stand

	Vertikale Übertragung		Horizontale Übertragung	
	Weg Df / Fd	Weg Ff	Weg Df / Fd	Weg Ff
Mittelwert Gebäude	19,1 dB	33,2 dB	15,5 dB	29,0 dB
Prüfstand – Korkstreifen	19,5 dB	34,9 dB	21,0 dB	35,3 dB
Prüfstand – PE-Streifen	17,9 dB	30,7 dB	24,7 dB	36,3 dB

5 Schallschutz in verschiedenen Gebäudesituationen

5.1 Messung der Luftschalldämmung in ausgeführten Gebäuden

Bei den schon zuvor genannten 14 Gebäuden mit Innenwänden aus entkoppelten Gips-Wandbauplatten wurde die Luftschalldämmung von vertikalen und horizontalen Übertragungssituationen bestimmt. Dabei wurden vor allem solche vertikalen Übertragungssituationen untersucht, die zwei oder drei Gipswände als flankierende Bauteile aufwiesen. Die untersuchten horizontalen Bausituationen wiesen jeweils nur eine flankierende Gipswand auf.

Bei allen Gebäudemessungen wurden bei vertikaler Übertragung für die in der Regel 200 mm dicken Geschossdecken mit flankierenden Gipswänden bewertete Schalldämm-Maße von $R'_w \geq 58$ dB ermittelt. Der Mittelwert des bewerteten Schalldämm-Maßes aller 18 durchgeführten Messungen betrug 61,7 dB. Damit sind nicht nur die Anforderungen von DIN 4109 ($R'_w = 54$ dB) weit übertroffen, sondern es werden auch die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 [13] ($R'_w \geq 55$ dB) und die Schallschutzstufe II ($R'_w = 57$ dB) gemäß VDI 4100 [14] sicher erreicht. Sogar Schallschutzstufe III nach VDI 4100 ($R'_w = 60$ dB) kann erreicht werden. Die Flankendämm-Maße der entkoppelten Gipswände waren dabei in der Regel so hoch, dass sie keinen wesentlichen Anteil mehr zur Gesamtübertragung lieferten. Bild 13 zeigt beispielhaft die Messergebnisse für eine Geschossdecke mit drei flankierenden Gipswänden. Bemerkenswert ist dabei, dass die Flankendämm-Maße der entkoppelten Gipswände in derselben Größenordnung wie das Flankendämm-Maß einer etwa viermal so schweren nicht entkoppelten Massivwand liegen.

Bei der horizontalen Übertragung über Wohnungstrennwände mit einer flankierenden Gipswand ergab sich aus den sieben durchgeführten Messungen für das bewertete Schalldämm-Maß ein Mittelwert von 57,1 dB. Auch hier werden die Anforderungen der DIN 4109 ($R'_w = 53$ dB) deutlich überschritten und die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz nach DIN 4109 Beiblatt 2 ($R'_w \geq 55$ dB) oder die Schallschutzstufe II nach VDI 4100 ($R'_w = 56$ dB) können eingehalten werden.

5.2 Rechnerische Überprüfung anhand ermittelter Eingangsdaten

Sämtliche in den Gebäuden messtechnisch untersuchten Übertragungssituationen wurden mit dem vereinfachten Berechnungsverfahren nach DIN EN 12354-1 nachgerechnet. Die Schalldämm-Maße für die Massivbauteile wurden nicht nach Anhang B der DIN EN 12354-1 bestimmt, son-

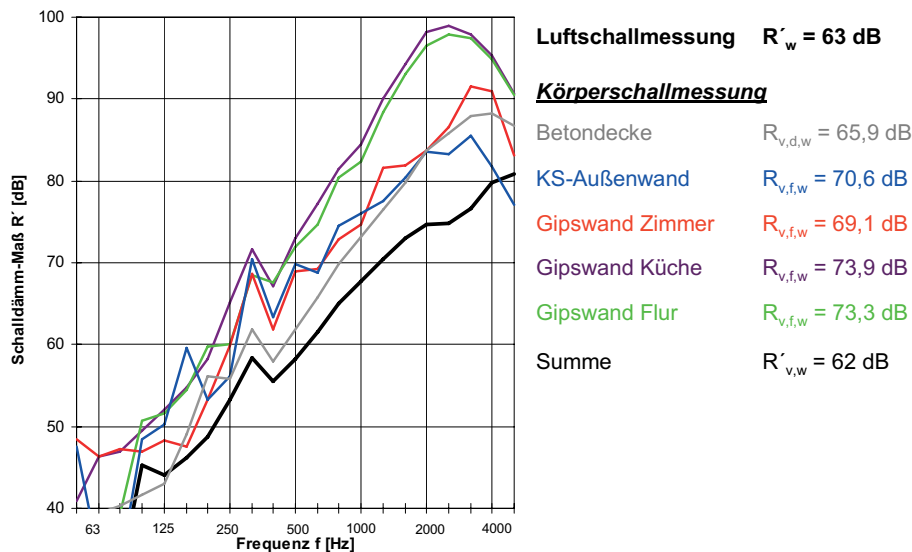


Bild 13. Schalldämmung einer am Bau gemessenen 200 mm dicken Geschossdecke mit drei flankierenden Gipswänden ($m' = 90 \text{ kg/m}^2$), durch Korkstreifen entkoppelt, und einer flankierenden KS-Wand ($m' = 355 \text{ kg/m}^2$)

Fig. 13. Sound insulation of a 200 mm thick slab with three flanking gypsum walls ($m' = 90 \text{ kg/m}^2$), decoupled by cork interlayer and a flanking calcium silicate wall ($m' = 355 \text{ kg/m}^2$) measured in the building

den entsprechend den jeweiligen Massekurven, die auch in den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 Eingang finden werden, ermittelt. Für die Direktschalldämmung der flankierenden Gips-Massiv-Wände wurden die im Labor bestimmten Schalldämm-Maße in das Rechenmodell eingesetzt. Die Entkopplung der Gipswände wurde durch das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} berücksichtigt. Die Bestimmung des Einzahlwertes der gemessenen Stoßstellendämm-Maße wurde entsprechend DIN EN ISO 10848-1 durch arithmetische Mittelung der Terzwerte zwischen 200 und 1250 Hz durchgeführt. Für die Berücksichtigung des Stoßstellendämm-Maßes wurde entsprechend den Ergebnissen aus den Gebäudemessungen zwischen vertikaler und horizontaler Übertragung unterschieden. Bei den Berechnungen mit dem vereinfachten Verfahren wurden die Eingabewerte für das Stoßstellendämm-Maß in drei verschiedenen Varianten eingesetzt.

Bei Variante 1 wurden im ersten Schritt alle untersuchten Bausituationen mit dem jeweils im entsprechenden Gebäude gemessenen Stoßstellendämm-Maß $K_{ij, \text{Messwert}}$ nachgerechnet. Bei Variante 2 erfolgte die Berechnung der untersuchten Bausituationen mit dem Mittelwert $K_{ij, \text{Mittelwert}}$ aller gemessenen Stoßstellendämm-Maße. Bei Variante 3 wurden zwei Mittelwerte aus den gemessenen Stoßstellendämm-Maßen gebildet: einer für alle Bausituationen, bei denen die Gipswände mit Korkstreifen entkoppelt waren ($K_{ij, \text{Mittel, Kork}}$) und ein zweiter für die Bausituationen, bei denen die Entkopplung der Gipswände mit PE-Schwerschaumstreifen ($K_{ij, \text{Mittel, PE}}$) realisiert war. Die einzelnen Bausituationen wurden dann mit dem entsprechenden Mittelwert nachgerechnet.

Da sich zwischen den einzelnen Berechnungsvarianten 1 bis 3 kein signifikanter Unterschied ergab, erscheint es sinnvoll und ausreichend, den Mittelwert aller K_{ij} -Messungen für die Festlegung des Stoßstellendämm-Maßes für zukünftige Berechnungen zu verwenden. Durch diese Festlegung können Wände aus Gips-Wandbauplatten, die durch Kork- oder PE-Schwerschaumstreifen entkoppelt sind, für das Rechenmodell in DIN EN 12354-1 bzw. für den Nachweis der zukünftigen DIN 4109 entsprechend berücksichtigt werden.

Aus dem für jedes Gebäude durchgeführten Vergleich der durch Rechnung prognostizierten und der durch Mes-

sungen nachgewiesenen Schalldämmung ergibt sich Folgendes: insgesamt wurde das Schalldämm-Maß der untersuchten Übertragungssituationen durch die Berechnung mit dem vereinfachten Modell eher unterschätzt. So lagen bei der vertikalen Übertragung die Rechenwerte mit einer Standardabweichung von 1,7 dB im Mittel 2,1 dB unter den im Gebäude bestimmten Messwerten. Die Rechnung liegt also „auf der sicheren Seite“. Bei den untersuchten horizontalen Übertragungssituationen liegen die mit Variante 2 berechneten Schalldämm-Maße im Mittel 0,1 dB unter den Messwerten mit einer Standardabweichung von 1,5 dB. Sicherheitsabschläge wurden dabei nicht berücksichtigt. Deren Festlegung müßte gegebenenfalls im Normenausschuss DIN 4109 getroffen werden.

5.3 Vorschläge für zukünftige Berechnungen

Für die Berechnung des Schallschutzes mit dem vereinfachten Berechnungsmodell nach DIN EN 12354-1 müssen auch für Wände aus Gips-Wandbauplatten geeignete und abgesicherte Eingangsdaten verfügbar sein. Dies gilt insbesondere auch für den Schallschutznachweis der zukünftigen DIN 4109, der ja auf der Basis von DIN EN 12354-1 erfolgen wird. Entkoppelte Gipswände sind deshalb im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 entsprechend zu berücksichtigen. Dabei wird einerseits die Direktschalldämmung R_w und andererseits die Stoßstellendämmung K_{ij} der entkoppelten Gipswände benötigt. Die Festlegung derartiger Werte kann im Rahmen des Normungsprozesses auf der Basis der hier genannten Untersuchungen und deren Ergebnissen erfolgen.

Insbesondere die Direktschalldämmung ist stark von der Materialart des Randstreifens abhängig. Da die Norm nicht alle möglichen Arten von Randstreifen, vor allem Kombinationen aus verschiedenen Randstreifen, abdecken kann, erscheint es sinnvoll, sich im Rahmen des Bauteilkatalogs auf die drei Standardstreifen Kork, PE-Schwerschaum und Bitumen zu beschränken. Das für eine Wand aus Gips-Wandbauplatten angegebene Schalldämm-Maß gilt dabei stets für die Wand in Kombination mit einem der drei genannten Randstreifenarten. Die entkoppelte Gipswand ist also als ein Bausystem aus Wand und Randstreifen zu betrachten, das schalltechnisch nur gemeinsam be-

schrieben werden kann. Es sei daran erinnert, dass für die Schalldämm-Maße der entkoppelten Gipswände für den weiteren Berechnungsgang keine In-situ-Korrektur erforderlich ist.

Durch die Entkopplung mit den untersuchten Randstreifen wird das Stoßstellendämm-Maß der Gipswände gegenüber einem starren Stoß deutlich verbessert. Da sich die erreichten Verbesserungen nicht auf einfache Art und Weise aus den Materialeigenschaften der Randstreifen ermitteln lassen, wird stattdessen vorgeschlagen, dass die Verbesserung des Stoßstellendämm-Maßes ΔK_{ij} gegenüber einer starren Bauteilverbinding als kennzeichnende Größe angegeben wird. Auch hier wird die entkoppelte Gipswand als ein Gesamtsystem aus Wand und Randstreifen betrachtet. Zur Angabe des Stoßstellendämm-Maßes von entkoppelten Wänden aus Gips-Wandbauplatten wird daher folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

$$K_{ij, \text{entkoppelt}} = K_{ij, \text{starr}} + \Delta K_{ij} \text{ [dB]} \quad (3)$$

Das Stoßstellendämm-Maß der entkoppelten Gipswand $K_{ij, \text{entkoppelt}}$ ergibt sich also aus dem Stoßstellendämm-Maß der starren Bauteilverbinding derselben Bauteile $K_{ij, \text{starr}}$ zuzüglich der hier als Stoßstellen-Verbesserungsmaß ΔK_{ij} benannten Verbesserung durch die Entkopplung mit einem bestimmten Randstreifen. Mit diesem Ansatz können die Entkopplungseigenschaften von Gipswänden auf einfache Art und Weise in die schalltechnischen Nachweise eingebunden werden. Auch in diesem Fall kann die Festlegung geeigneter Eingangsdaten für den Bauteilkatalog in DIN 4109 im Rahmen des Normungsprozesses auf der Basis der hier genannten Ergebnisse erfolgen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Leichte, nicht tragende Innenwände aus massiven Gips-Wandbauplatten erfordern eine vom üblichen Mauerwerksbau differenzierte Betrachtung dieser Bauweise. Dies liegt vor allem daran, dass solche Wände aus konstruktiven, aber auch aus schalltechnischen Gründen von den übrigen Bauteilen entkoppelt eingebaut werden. Messungen der Direktschalldämmung im Wandprüfstand haben gezeigt, dass die erreichbare Schalldämmung von entkoppelten Gips-Massiv-Wänden stark von der Art des verwendeten Randstreifens abhängt. Üblicherweise wird angenommen, dass die Entkopplung von Bauteilen aufgrund der fehlenden Energieableitung an den Bauteilrändern zu einer verminderten Schalldämmung des Bauteils führt. Bei massiven Gipswänden ist das jedoch nicht zwangsläufig der Fall, da bestimmte Randstreifen im Streifen selbst gewisse „innere Verluste“ aufweisen und daher zu einer zusätzlichen Bedämpfung der Gipswand beitragen. Dadurch kann mit diesen Randstreifen sogar eine höhere Direkt-dämmung erreicht werden als es bei starrer Anbindung der Fall gewesen wäre.

Durch die Entkopplung der Wände aus Gips-Wandbauplatten mittels geeigneter Randstreifen wurden sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung deutlich höhere Stoßstellendämm-Maße als für eine starre Bauteilverbinding mit den gleichen flächenbezogenen Massen gemessen. Diese Verbesserung der Stoßstellendämmung ist gleichbedeutend mit einer höheren Flankendämmung

der Gipswände. Erreicht werden dadurch Flankendämm-Maße, wie sie mit starrem Anschluss sonst nur mit deutlich schwereren massiven Bauteilen erreicht werden können. Dies konnte nicht nur bei den Messungen im Prüfstand, sondern auch bei zahlreichen Gebäudemessungen nachgewiesen werden. Bedingung für eine gute Flankendämmung der Gipswände ist allerdings eine handwerklich korrekte Ausführung der Randanschlüsse und damit der Entkopplung. Wenn das gewährleistet ist, können trotz der leichten flankierenden Gipswände sehr gute Schalldämm-Maße von Trennbauteilen, wie Geschossdecken und Wohnungstrennwänden, erreicht werden.

Eine übliche Berechnung von Übertragungssituationen mit entkoppelten Wänden aus Gips-Wandbauplatten nach dem Beiblatt 1 der bisherigen DIN 4109 ergibt deutlich zu niedrige Werte, da in der bisherigen DIN 4109 keine Entkopplung der flankierenden Bauteile berücksichtigt wird. Im Rahmen der hier dargestellten Untersuchungen wird gezeigt, wie die entkoppelten Gipswände in die rechnerischen Prognose nach DIN EN 12354-1 (vereinfachtes Modell) eingebunden werden können. Diese Berechnungen führen mit den diskutierten Eingangsdaten für die Direkt- und Stoßstellendämmung von entkoppelten Gipswänden zu einer guten Übereinstimmung zwischen der berechneten und der gemessenen Schalldämmung im Gebäude. Für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes im Rahmen der zukünftigen DIN 4109 hat sich der zuständige Normenausschuss auf das vereinfachte Verfahren der DIN EN 12354-1 festgelegt. Damit kann der Schallschutznachweis nach DIN 4109 zukünftig auch für die entkoppelten Wände aus Gips-Wandbauplatten durchgeführt werden. Eingangsdaten für die Direkt-dämmung sollten dabei nur als Systemeigenschaft für eine bestimmte Kombination aus Gipswand und Randstreifen angegeben werden. Eine In-situ-Korrektur (als Anpassung an eine bestimmte Bausituation) ist dabei nicht erforderlich. Für die Stoßstellendämmung der entkoppelten Bauteile wird vorgeschlagen, sie durch die Stoßstellen-Verbesserung ΔK_{ij} gegenüber einem starren Stoß zu charakterisieren. Damit liegt eine vollständige schalltechnische Beschreibung dieser Bauweise vor, die zukünftig nun sachgerecht in Prognose-rechnungen und Schallschutznachweisen berücksichtigt werden kann.

Danksagung

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Forschungsvorhaben Nr. 14656 N wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) gefördert und vom Bundesverband der Gipsindustrie e. V. maßgeblich unterstützt.

Literatur

- [1] DIN 4109:1989-11 Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise. Berlin: Beuth-Verlag, 1989.
- [2] DIN 4109 Beiblatt 1:1989-11 Schallschutz im Hochbau – Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren. Berlin: Beuth-Verlag, 1989.
- [3] Entwurf zu DIN 4109-1:2006-10 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen. Berlin: Beuth-Verlag, 2006.

- [4] *Fischer, H.-M.*: Neufassung der DIN 4109 auf der Basis europäischer Regelwerke des baulichen Schallschutzes. In: *Fouad, N. A.* (Hrsg.): Bauphysik-Kalender 2009, Schallschutz und Akustik. Berlin: Ernst & Sohn, 2009.
- [5] DIN EN 12354-1:2000-12 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen. Berlin: Beuth-Verlag, 2000.
- [6] *Schneider, M., Fischer H.-M.*: Einfluss des Verlustfaktors auf die Schalldämmung von Lochsteinmauerwerk. Bauphysik 30 (2008), H. 6, S. 453–462.
- [7] *Späh, M., Fischer H.-M.*: Abgesicherte Eingangsdaten für die Berechnung des Schallschutzes nach DIN EN 12354-1. Veröffentlichungen der Hochschule für Technik Stuttgart, Bauphysikertreffen 2001.
- [8] *Ruff, A., Fischer, H.-M.*: Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes für das Bauen mit Gips-Wandbauplatten. Abschlussbericht Nr. 122 005 05 P zum AiF-Forschungsvorhaben 14656 N, Hochschule für Technik Stuttgart, April 2009.
- [9] *Schmitz, A. et al.*: Inter-laboratory test of sound insulation measurements on heavy walls, Part I and II. Journal of Building Acoustics, Vol. 6 (1999), pp. 159–169, pp. 171–186.
- [10] DIN EN ISO 140-1:2005-03 Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung. Berlin: Beuth-Verlag, 2005.
- [11] DIN EN ISO 140-3:2005-03 Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen. Berlin: Beuth-Verlag, 2005.
- [12] DIN EN ISO 10848-1:2006-08 Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 1: Rahmendokument. Berlin: Beuth-Verlag, 2006.
- [13] DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11 Schallschutz im Hochbau – Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich. Berlin: Beuth-Verlag, 1989.
- [14] VDI 4100:2007-08 Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung. Berlin: Beuth-Verlag, 2007.

Autoren dieses Beitrags:

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Ruff, Prof. Dr.-Ing. Heinz-Martin Fischer

Beide:

Hochschule für Technik Stuttgart, Studiengang Bauphysik und Institut für Angewandte Forschung/Bereich Akustik, Schellingstraße 24, 70174 Stuttgart
www.hft-stuttgart.de

MultiGips



DIN 4109 am Wändepunkt

Die nach der künftigen DIN 4109 zu berücksichtigende Schalldämmung der Stoßstellen ist bei Gips-Massiv-Wänden heute bereits Systembestandteil. Denn sowohl zu flankierenden Wänden als auch an Boden und Decke

werden Gips-Wandbauplatten DIN EN 12859 mit Randstreifen elastisch angeschlossen – die Regelbauweise nach DIN 4103-2. Gegenseitige akustische Anregung und Flankenübertragung des Schalls werden deutlich reduziert.



Gips-Massiv-Wände kombinieren die Vorteile von Trocken- und Mauerwerksbau. Die Wände werden aus massiven Gips-Wandbauplatten mit Gipskleber errichtet und nicht verputzt, sondern lediglich verspachtelt. Es entstehen die für den Trockenbau typischen leichten Wände – praktisch ohne Feuchtigkeit. Trotzdem handelt es sich wie im Mauerwerksbau um hohlraumfreie und robuste Massivwände. Die Plattendicken beginnen bei 60 mm, im Wohnungsbau werden vor allem 80 oder 100 mm dicke einschalige Wände eingesetzt. Bei der Direktschalldämmung erreichen einschalige 100 mm dicke Wände bis zu 46 dB ($R_{w,p}$), zweischalige Konstruktionen mit 150 mm Dicke sogar 62 dB ($R_{w,p}$).



Mehr über Gips-Massiv-Wände unter multigips.de

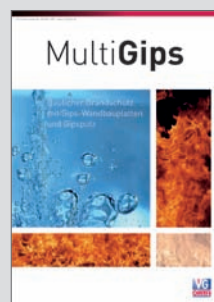
Wir senden Ihnen kostenfrei technische Informationen über massiven Trockenbau mit Gips-Wandbauplatten.

Massiver Trockenbau mit
Gips-Wandbauplatten



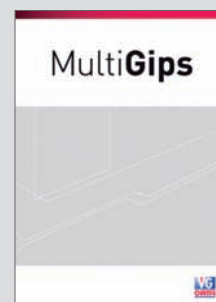
☐ Druck ☐ PDF

Baulicher Brandschutz mit
Gips-Wandbauplatten



☐ Druck ☐ PDF

MultiGips Technischer Ordner
(Gesamtprogramm)



☐ Druck

MultiGips AkustikPro 120
Randstreifen



☐ Druck

Zweischalige Wände aus
Gips-Wandbauplatten



☐ Druck ☐ PDF

Schachtwände aus
Gips-Wandbauplatten



☐ Druck ☐ PDF

VG-ORTH GmbH & Co. KG

Holeburgweg 24

37627 Stadtdendorf

Telefon +49 5532 505-0

Telefax +49 5532 505-560

info@multigips.de

www.multigips.de

☐ Ich wünsche den Besuch eines MultiGips Fachberaters für massiven Trockenbau

Wir möchten/Ich möchte diese Informationen kostenfrei beziehen:

Unternehmen, Institution *

Titel, Vorname, Name *

Straße, Postfach *

PLZ, Ort *

E-Mail *

Telefon, Telefax

* Erforderliche Angaben