## Schallschutz von Haustrennwänden Was ist erreichbar? Was wird geschuldet?

Klaus Focke, Carsten Ruhe\*

Der angeblich mangelhafte Schallschutz doppelschaliger Haustrennwände ist Gegenstand häufiger Rechtsstreitigkeiten. Gutachter messen und bewerten dann vielfach nach eigenem Gutdünken, insbesondere wenn diese Fragestellung im Ingenieurbüro nur selten bearbeitet wird. Die TAUBERT und RUHE GmbH, Beratungsbüro für Akustik VBI, hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Bauvorhaben planerisch und baubegleitend betreut und gemeinsam mit den beteiligten Projektentwicklern, Architekten, Tragwerksplanern und Bauunternehmen Erfahrungen gèsammelt. Bereits 1988 entstand eine erste, inzwischen mehrfach erweiterte, Veröffentlichung über die Erfahrungen beim Bau "der dünnen Wände mit den dicken Fugen" und die dazu erhobene Statistik [1]. An einer bundesweiten Erhebung im Jahr 2003 haben sich mehr als 30 Ingenieurbüros mit insgesamt knapp 580 Messergebnissen beteiligt. Die statistische Auswertung zeigt deutlich, dass es nicht so sehr darauf ankommt, dicke und schwere Wände zu bauen, sondern dass die Breite und Qualität der Fuge entscheidend ist. Im Zusammenhang mit dem erreichbaren Schallschutz wird auch den Fragen nachgegangen, welche Schallschutzqualität geschuldet sein kann, ob zwei oder drei Schallschutzstufen sinnvoll sind und wie man diese festlegen sollte. Darüber hinaus wird versucht, aus den statistischen Auswertungen Erkenntnisse über den Einfluss der Fugenbreite sowie der Bauweise mit und ohne Keller zu erschließen.

## Schallschutzanforderungen: Zwei Regelwerke

DIN 4109 [2] in der Fassung von 1989 benennt in Tabelle 3, Zeile 20, für Haustrennwände einen Anforderungswert erf.R' $_{\rm w}=57$  dB, der gemeinhin als "Mindestanforderung" bezeichnet wird. Im Beiblatt 2 zu DIN 4109 [3], Tabelle 2, ist als Vorschlag für einen erhöhten Schallschutz das bewertete Schalldämm-Maß von erf.R' $_{\rm w} \ge 67$  dB aufgeführt. Da das Beiblatt 2 nicht bauaufsichtlich eingeführt ist, wird öffentlich-rechtlich nur der Mindestschallschutz von erf.R' $_{\rm w}=57$  dB geschuldet.

Zivilrechtlich kann aber durchaus mehr gefordert sein. So heißt es z. B. in einem BGH-Urteil vom 14. Mai 1998 (Az: VII ZR 184/97):

Welcher Schallschutz geschuldet ist, ist durch Auslegung des Vertrages zu ermitteln. Sind danach bestimmte Schalldämm-Maße ausdrücklich vereinbart oder jedenfalls mit der vertraglich geschuldeten Auslegung zu erreichen, ist die Werkleistung mangelhaft wenn diese Werte nicht erreicht sind. Liegt eine derartige Vereinbarung nicht vor, ist die Werkleistung im Allgemeinen mangelhaft, wenn sie nicht den zur Zeit der Abnahme anerkannten Regeln der Technik als vertraglichem Mindeststandard entspricht.

Weiterhin heißt es in dem Urteil im Bezug auf die Schallschutznorm DIN 4109 wie folgt: Die DIN-Normen sind keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter. Sie können die anerkannten Regeln der Technik wiedergeben oder hinter diesen zurückbleiben.

In Bezug auf diesen geschuldeten Schallschutz schließt dieses Urteil nahtlos an den § 13 der VOB, Teil B an, wo es im Absatz 1 heißt: Der Auftragnehmer übernimmt die Gewähr, dass seine Leistung zum Zeitpunkt der Abnahme

- die vertraglich zugesicherten Eigenschaften hat,
- den anerkannten Regeln der Technik entspricht und
- nicht mit Fehlern behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder nach dem Vertrag vorausgesetzten Gebrauch aufheben oder mindern.

Bereits in einem älteren BGH-Urteil hatte es geheißen: Es ist derjenige Schallschutz geschuldet, der bei der vertraglich vereinbarten Bauweise - deren ordnungsgemäße Erfüllung vorausgesetzt - im Regelfalle erreichbar ist.

In allen drei Zitaten steht an oberster Stellen die vertragliche Vereinbarung des Schalldämm-Maßes (der zugesicherten Eigenschaften). Eine derartige vertragliche Vereinbarung, die (nach einer ausführlichen Erläuterung der Zusammenhänge) die Unterschriften beider Vertragspartner trägt, gilt als sogenannter "Urkundsbeweis". Er genießt bei

<sup>\*</sup> Dipl.-Ing. (FH) Klaus Focke, Dipl.-Ing. Carsten Ruhe, TAUBERT und RUHE GmbH, Beratungsbüro für Akustik VBI, Hamburg

Rechtsstreitigkeiten die höchste Priorität. Siehe hierzu auch das Memorandum des Fachausschusses Bau- und Raumakustik der Deutschen Gesellschaft für Akustik [4].

Erst nachrangig werden die vertraglich geschuldete Ausführung oder die vertraglich vereinbarte Bauweise genannt und erst an dritter Stelle folgt dann der unbestimmte Rechtsbegriff der "allgemein anerkannten Regeln der Technik". Deshalb tut jeder Bauwillige, jeder Planer und jeder Bauunternehmer gut daran, mit den Vertragspartnern den zu erzielenden Schallschutz ausdrücklich schriftlich zu vereinbaren, sei es als Angabe eines Zahlenwertes oder als Festlegung einer der drei Schallschutzstufen nach der Richtlinie VDI 4100 [5]

SSt I (Standardschallschutz) SSt II (erhöhter Schallschutz) oder SSt III (hoher Schallschutz)

Eine derartige Festlegung wird von den Bauunternehmern zur Zeit noch immer mit Unbehagen betrachtet, weil sie befürchten, dadurch auf einen bestimmten zu erzielenden Schallschutz "festgenagelt" zu werden. Tatsächlich gibt aber die Festlegung auf eine Schallschutzstufe die Sicherheit, dass nicht nachträglich von den Vertragspartnern auch höhere Werte gefordert werden können, denn die Schallschutzstufen bilden abgeschlossene Klassen. Darüber hinaus lässt sich häufig bei der Erörterung des zu gewährleisteten Schallschutzes auch ein höherer Ertrag erzielen, weil die Käufer bereit sind, einen guten Schallschutz zu honorieren und weil darüber hinaus bei richtiger Bauweise ein guter Schallschutz nicht teurer wird als ein geringer. Guter Schallschutz bringt also keine Erhöhung der Kosten sondern der Erträge.

Die einzuhaltenden bewerteten Schalldämm-Maße von Haustrennwänden sowie die Norm-Trittschallpegel für Dekken und Treppen, die von den Beratenden Ingenieuren für Akustik als allgemein anerkannte Regel der Technik angesehen werden, sind nicht in DIN 4109 [2] sondern im Weißdruck der VDI 4100 [5] enthalten. Dieses mit der Norm konkurrierende Regelwerk wird zur Zeit mit dem Beiblatt 2 zu DIN 4109 [2] harmonisiert. In dem inzwischen zurückgezogenen Entwurf der harmonisierten Fassung E DIN 4109-10 [4] waren diese Werte ohne Änderung in gleicher Weise wie in VDI 4100 aufgeführt. Eine Übersicht für Doppelhäuser und Reihenhäuser zeigt die Tabelle 1.

Die Schallschutzstufe SSt I ist identisch mit den (Mindest-Anforderungen) nach DIN 4109. Ein erhöhter Schallschutz von Reihenhaustrennwänden (SSt II) wird aber bereits mit erf. R' $_{\rm w}=63$  dB erreicht. Der "erhöhte Schallschutz nach Beiblatt 2" von erf. R' $_{\rm w}\geq67$  dB ist aber mit dem neuerdings definierten "hohen Schallschutz" SSt III von erf. R' $_{\rm w}=68$  dB gleichzusetzen. Statt des einen gro-

ßen 10-dB-Sprungs gibt es in VDI 4100 zwei Stufen um 6 dB bzw. 5 dB. Die Anwendung dieses Regelwerkes mit einer vertraglichen Vereinbarung führt also nicht nur zu einer Rechtssicherheit, sondern darüber hinaus auch zu einer sinnvollen Stufung. Im Memorandum der DEGA [4] wird als a.a.R.d.T. für nicht unterkellerte Gebäude  $R'_{\rm w}=60$  dB und für unterkellerte Gebäude  $R'_{\rm w}=62$  dB benannt.

Schallschutz		normal	erhöht	hoch
Bauteil		SSt I	SSt II	SSt III
Haustrennwände	erf.R'w	≥ 57 dB	≥ 63 dB	≥ 68 dB
Decken	erf.L' <sub>n,w</sub>	≤ 48 dB	≤ 41 <sub>/</sub> dB	≤ 34 dB
Treppen	erf.L'n,w	≤ 53 dB	≤ 46 dB	≤ 39 dB

Tabelle 1: Schallschutzstufen nach VDI 4100 (bzw. DIN 4109-10) als allgemein anerkannte Regel der Technik für normalen, erhöhten und hohen Schallschutz

### Einflussgröße Flächengewicht

In DIN 4109, Beiblatt 1 [7], Tabellen 1, 5, 6 und 8 sind die zu erwartenden Schalldämm-Maße von ein- und mehrschaligen Wänden in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse tabellarisch aufgeführt. Diese Abhängigkeiten sind in Bild 1 grafisch dargestellt. Deutlich ist zu erkennen, dass einschalige Wände niedrigere Schalldämm-Maße erzielen, als solche mit Vorsatzschale oder zweischalige Wände gleicher Masse. Dabei ist die verbessernde Wirkung von Vorsatzschalen im Wesentlichen auf den Bereich geringer flächenbezogener Massen beschränkt. Dies ist dadurch begründet, dass bei schweren Trennwänden die Gesamtschalldämmung hauptsächlich durch die Schall-Längsleitung entlang flankierender Bauteile bestimmt wird.

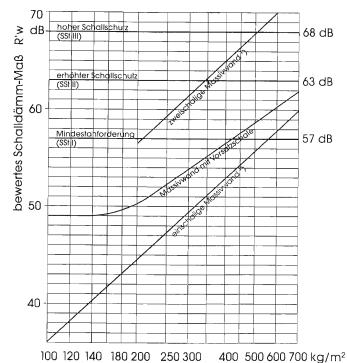


Bild 1: Zusammenhang zwischen flächenbezogener Masse m" und bewertetem Schalldämm-Maß R'w sowie Kennwerte der SSt I, SSt II und SSt III nach VDI 4100

flächenbezogene Masse m"

20

#### Doppelschalige Haustrennwände notwendig

In Bild 1 sind als horizontale Geraden bei  $R'_w = 57 \text{ dB}$ die Mindestanforderungen (SSt I), bei R'w = 63 dB der Kennwert für einen erhöhten Schallschutz (SSt II) und bei R'w = 68 dB der Kennwert für einen hohen Schallschutz SSt III) nach VDI 4100 5] ebenfalls eingetragen. Man sieht deutlich, dass ausreichend schwere einschalige Massivwände und Wände mit Vorsatzschale zwar die Mindestanforderung erfüllen können, dass sie aber die Empfehlung für einen erhöhten und hohen Schallschutz nur mit außerhalb der Tabelle liegenden flächenbezogenen Massen, d. h. mit sehr großen Dikken, erreichen können. Vorsatzschalen sollten daher nur als eine Maßnahme zur nachträglichen Verbesserung des Schallschutzes bei bestehenden Wohngebäuden angesehen werden. Für eine Neuplanung sind sie fehl am Platze.

Bisher wird der Schallschutznachweis ausschließlich über die flächenbezogene Masse der beiden Schalen geführt. Für die Doppelschaligkeit wird nach dem Beiblatt 1 zu DIN 4109 ein Zuschlag von 12 dB zu dem Schalldämm-Maß R'<sub>w,R</sub> einer gleich schweren einschaligen Wand berücksichtigt. Unberücksichtigt bleiben dabei, ob das Gebäude unterkellert ist oder nicht und ob die Fuge zwischen den beiden Wandschalen lediglich normgemäß 30 mm oder breiter ausgeführt wird. Weiterhin wird auch die Übertragung über flankierende Außenwände, Decken oder Innenwände nicht eingerechnet.

In zahlreichen Fällen hat sich bisher gezeigt, dass mit breiteren Fugen bei Gebäuden mit Keller höhere Schalldämm-Maße, dass aber bei Gebäuden ohne Keller deutlich niedrigere Schalldämm-Maße zu erwarten sind als nach der Berechnung nach Beiblatt 1 zu DIN 4109. Auch in der Berechnungsvorschrift nach DIN EN 12354-1 [8] gibt es bisher nur ein Verfahren für einschalige Trennbauteile, aus dem noch kein Verfahren für doppelschalige Bauteile abgeleitet werden kann. Die Arbeiten dazu sind nach Wissen der Autoren im Gange.

## Der Einfluss des Schalenabstandes überwiegt den der Masse

In vielen Fällen haben Güteprüfungen, die als Abnahmemessungen oder bei Beschwerdefällen ausgeführt wurden, gezeigt, dass die aufgrund der flächenbezogenen Masse zu erwartenden Schalldämm-Maße von zweischaligen Haustrennwänden nicht erreicht werden. Diese Abweichungen konnten immer auf zu dünne Trennfugen, zu steife Dämmstoffe im Hohlraum oder insbesondere auf Schallbrücken zwischen den beiden Wandschalen (häufig im Bereich der Geschossdecken und bei nicht unterkellerten Gebäuden im Bereich der Sohlplatte)

zurückgeführt werden. Wenn derartige Mängel bestehen, lässt sich eine Sanierung im Fugenbereich nur sehr schwer ausführen und wird entsprechend kostenaufwändig. In diesem Sinne ist also die Planung und Ausführung der Gebäudetrennfuge von erheblicher Bedeutung. Dabei muss die Planung bereits die handwerkliche Ausführbarkeit berücksichtigen.

Für eine gute Schalldämmung muss die Doppelschalenresonanz der Haustrennwand möglichst tief (deutlich unter 100 Hz) liegen. Man erreicht dies durch möglichst große Wandgewichte und weiche Fugen. Die Resonanzfrequenz  $f_r$  errechnet sich aus der Federsteifigkeit der Fuge c (Luftfedersteifigkeit und Gefügesteifigkeit der Mineralwolleplatten) und der Massen der beiden Wandschalen  $m_1$  und  $m_2$  zu

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{c \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

Wird die Dicke jeder Wandschale (also die Masse m) verdoppelt, so vergrößert sich die Wanddicke ganz erheblich, z. B. von 115 auf 240 mm oder von 175 auf 365 mm. Die Haustrennwand wird damit also sehr dick und die Resonanzfrequenz nimmt trotzdem nur um  $1/\sqrt{2}$  ab. Vergrößert man aber die Fuge von der früher üblichen Dicke 20 mm auf z. B. 80 mm so wird die Wand lediglich um 60 mm dicker. Die Resonanzfrequenz wird jedoch um  $1/\sqrt{4}$  kleiner, also halbiert. Aus diesem Grunde lohnt es sich also aus rein physikalischen Überlegungen, die Fugendicke zu vergrößern ohne an den Mauerwerksdicken etwas zu verändern. Darüber hinaus ist die größere Fugendicke auch aus handwerklichen Gründen sinnvoll, da bei 70 bis 80 mm dicken Fugen die Gefahr von ungewollt eingebauten Schallbrücken abnimmt. Wenn man von einer ehemals 175/20/175 mm (370 mm) Doppelwand auf eine 150/70/150 mm (370 mm) Wand wechselt (Bild 2), spart man bei verbessertem Schallschutz sowohl Auflast für die Fundamente als auch Baukosten ein. Auch die Lohnkalkulation wird deutlich günstiger.

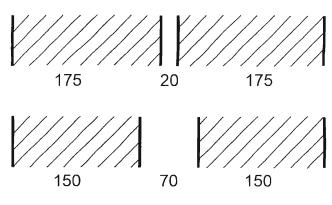


Bild 2: Unterschiedliche Wand- und Fugendicken bei gleicher Gesamtdicke

### Hinweise zur Bemessung und zum Bauablauf

Die Haustrennwände sollten ausreichend, aber nicht übermäßig schwer sein. Bemessungshilfen liefert hier das Diagramm in Bild 1. Bei Mauerwerk der Rohdichteklassen  $\geq 1,6~\text{kg/dm}^3$  werden bereits bei Wanddicken von 2 x 115 mm günstige Werte von R' $_{\rm w}=65~\text{dB}$  erreicht. In der Regel richtet sich dann die Wanddicke nicht mehr nach den akustischen sondern nach den statischen Erfordernissen.

Während früher bei Mauerwerk nur die Formate mit 115 mm und 175 mm Breite zur Verfügung standen, können jetzt mit Großformatsteinen auch 150 mm dicke Wandschalen hergestellt werden. Damit beträgt die gesamte Wanddicke einer Doppelhaustrennwand (ohne Putz) 370 mm.

Die wesentliche Einflussgröße für eine gute Schalldämmung ist die geringe dynamische Steifigkeit der Trennfuge und des Dämmstoffes. Hierzu gehört, dass die Fugenbreite mit etwa 50 bis 80 mm, besser (wegen der genormten Mauerwerksmaße) mit 70 bis 80 mm, bemessen wird. Eine Wandschale sollte vollflächig mit 40 mm dicken mineralischen Faserdämmplatten belegt werden (Bild 3). Nach DIN 4109, Beiblatt 1, 1989-11 sind Mineralfaser-Trittschalldämmplatten nach DIN 18165, Teil 2, Anwendungstyp T, zu verwenden. Diese Norm ist inzwischen ersetzt. Der Anwendungstyp der Dämmplatten lautet nunmehr nach V DIN 4108-10 [7] WTH-sh. Nur dieser Dämmstoff unterliegt der Güteüberwachung im Hinblick auf die vorgegebene dynamische Steifigkeit. Darüber hinaus sind die Platten relativ stabil und feuchtigkeitsresistent, so dass auch ein gelegentliches Nassregnen während der Bauphase den Platten nicht schadet.

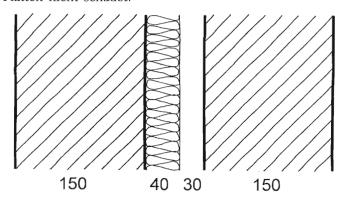


Bild 3: Mineralfaser-Hohlraumdämpfung auf der gesamten Fläche. Bei Ausnutzung nur eines Teiles der Fugendicke ist eine Sichtkontrolle möglich.

Die beiden Wandschalen werden in drei Arbeitsschritten errichtet. Zunächst wird eine Wandschale geschosshoch hergestellt und anschließend werden die Mineralfaserplatten z. B. mit Dünnbettmörtel befestigt. Nägel oder Überbinder dürfen nicht zur Befestigung verwendet werden, da hierdurch wieder Schallbrücken entstehen können. Anschließend wird die zweite Wandschale in dem erforderlichen Abstand frei vor der ersten aufgemauert. Hierbei ist eine Sichtkontrolle des Luftraumes bei Haustrennwandfugen in ausreichender Breite leicht möglich.

## Sicherheit bei der Ausführung

Obwohl es unter gewissen Bedingungen zulässig ist, sollte zur Vermeidung von Schallbrücken auf das Einlegen von Mineralfaserplatten nicht verzichtet werden. Nur so ist eine sichere Trennung der beiden Wandschalen zu gewährleisten. Bei dicken Fugen muss aber der Hohlraum nicht vollständig ausgefüllt sein (siehe Foto 1).



Foto 1: Ansicht Stirnseite an Decke über Erdgeschoss

Im Beiblatt 1 zu DIN 4109 heißt es unter der Ziffer 2.3.1 zur Wandausfüllung unter anderem:

Bei einer flächenbezogenen Masse der Einzelschale  $\geq 200~{\rm kg/m^2}$  und Dicke der Trennfuge  $\geq 30~{\rm mm}$  darf auf das Einlegen von Dämmschichten verzichtet werden. Der Fugenhohlraum ist dann mit Lehren herzustellen, die nachträglich entfernt werden müssen. Die nach den Abschnitten 2.3.2 und 2.3.3 zu ermittelnden oder angegebenen Schalldämm-Maße  $R'_{\rm w,R}$  setzten eine besonders sorgfältige Ausbildung der Trennfuge voraus.

Dieser Abschnitt des Beiblattes 1 ist in zweierlei Hinsicht mit Vorsicht zu betrachten. Er hat schon in mehreren Fällen zu erheblichen Rechtsstreitigkeiten geführt, weil nämlich:

- die Herstellung von Trennwandfugen auf der Baustelle mit Lehren eher in den Bereich der theoretischen Wissenschaft als der handwerklichen Praxis gehört und weil
- 2. die Aussage, man dürfe auf das Einbringen von Mineralfaser-Dämmstoffen verzichten, sich (ohne das es an dieser Stelle ausdrücklich erwähnt wird) lediglich auf die Einhaltung der bauaufsichtlich verbindlichen SSt I (Mindestanforderung nach DIN 4109) bezieht, nicht jedoch auf die SSt II oder sogar SSt III.

Güteprüfungen am Bau belegen, dass bei zweischaligen Haustrennwänden mit Fugendicken um 70 mm die Gefahr der Schallbrückenbildung sehr gering ist. Kalksandsteinwände mit dem Aufbau 115/70/115 mm wurden im Prüfstand mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von  $R'_w = 68$  dB gemessen. Die Güteprüfung an einer identischen Wand in einem ausgeführten Gebäude brachte wieder ein bewertetes Schalldämm-Maß von  $R'_w = 67$  dB. Eine Doppelwand aus Stahlbetonfertigteilen mit dem Aufbau 150/70/150 mm erreichte wegen der höheren flächenbezogenen Masse bei der Güteprüfung ein bewertetes Schalldämm-Maß von  $R'_w = 69$  dB. Auch für zweischalige Leichthochlochziegel- und Porenbetonwände wurden im Verhältnis zur Masse sehr günstige Messwerte ermittelt.

## 40 mm dicke Mineralfaserplatten sind ausreichend

Auch bei Fugendicken von 70 bis 80 mm ist es aus schalltechnischer Sicht ausreichend, wenn 40 mm dicke Mineralfaserplatten in den Hohlraum vollflächig eingebracht werden. Bei gängigen Dämmplatten beträgt die maximale Lieferdicke  $d_L=40$  mm. Wollte man den Hohlraum trotzdem vollständig ausfüllen, so müsste das Material doppellagig angebracht werden. Mechanische Befestigungen (der zweiten Dämmplatte) erhöhen dann die Gefahr der Schallbrückenbildung

Weitere Hinweise zur Ausbildung der Deckenfuge, der Trennfuge im Bereich der Außenwand, im Anschluss an das Dach sowie an die Gebäudesohle mit und ohne Keller und schließlich auch für die Errichtung mehrerer Häuser auf einer gemeinsamen Wanne aus WU-Beton sind der Veröffentlichung [1] zu entnehmen. Auch der Frage wie sich Schwächungen im Wandaufbau (z. B. durch den Einbau von Steckdosen) auswirken, wird dort nachgegangen. Weiterhin enthält diese Veröffentlichung Hinweise für zweischalige Ortbetonwände.

#### Welcher Schallschutz ist erreichbar?

Im Herbst 2002 wurde durch die Verfasser eine Umfrage unter den VMPA-Schallschutzprüfstellen begonnen mit der Bitte, Messergebnisse von ausgeführten Bauten für eine statistische Erhebung des derzeitigen Standes zur Verfügung zu stellen. Die Messergebnisse sollten nicht älter als 5 Jahre sein. Dazu war anzugeben, ob es sich nach Einstufung der Prüfstelle um Haustrennwände ohne oder mit Mängeln handelt. Weiterhin wurden die Wanddicken, die Wandbaustoffe und die Fugenbreiten abgefragt und es wurde auch erfasst, ob die Gebäude mit oder ohne Keller ausgeführt wurden. Um bei Gebäuden ohne Keller auch feststellen zu können, ob die Wand mit Ausnahme der "Schallbrücke in der Erdgeschoss-Sohle" ansonsten mangel-

frei ist wurde bei den Messergebnissen auch nach Erdgeschoss einerseits und Ober- sowie Dachgeschoss andererseits unterteilt.

An der Auswertung haben sich bisher 35 Beratende Ingenieure mit VMPA-Schallschutzmessstellen und Prüfinstitute mit 579 Einzelmessergebnissen beteiligt. Die Gesamtanzahl erscheint zunächst recht groß. Dennoch gibt es für einige Kombinationen der Parameter noch immer nur geringe Stichprobenanzahlen. Obwohl die Umfrage "eigentlich" beendet ist, kann man den Fragebogen nach wie vor von der Homepage der Verfasser (www.taubertundruhe.de) herunterladen. Die Sammlung der Messergebnisse ist durchaus noch erweiterbar und alle Schallschutzprüfstellen, die bisher noch keine Ergebnisse eingereicht haben, sind aufgerufen sich zu beteiligen!

Die Übersicht der Auswertungen zeigt die Tabelle 2. Bezieht man ohne Unterscheidung, ob es sich um mangelfreie oder mangelhafte Wände handelt, alle Messergebnisse in die Mittelwertbildung ein, so errechnet sich aus 579 Stichproben ein Mittelwert von  $R'_w = 62,4~dB \pm 6,3~dB$ . Damit liegt dieser Mittelwert bei etwa  $R'_w = 63~dB$  entsprechend der SSt II. Vermindert um die Standardabweichung ergibt sich die untere Grenze recht genau entsprechend der SSt I mit  $R'_w = 57~dB$  und erhöht um die Standardabweichung entspricht der obere Grenzwert der SSt III mit  $R'_w = 68~dB$ .

Sortier- Kriterium	Mittel- wert	Standard- abweichung	Minimal- wert	untere Grenze	obere Grenze	Maximal- wert	Anzahl Stich- proben
alle Mess- ergebnisse	62,4 dB	± 6,3 dB	42 dB	56,1 dB	68,6 dB	77 dB	579
alle mit Mangel	57,8 dB	± 5,2 dB	42 dB	52,5 dB	63,0 dB	72 dB	247
alle ohne Mangel	65,4 dB	± 4,9 dB	57 dB	60,5 dB	70,3 dB	77 dB	332
ohne Mangel schwer	66,2 dB	± 4,9 dB	57 dB	61,3 dB	71,1 dB	77 dB	244
ohne Mangel leicht	63,3 dB	± 4,2 dB	57 dB	59,0 dB	67,5 dB	75 dB	88
ohne Mangel mit Keller	65,9 dB	± 4,2 dB	57 dB	61,7 dB	70,0 dB	77 dB	109
ohne Mangel ohne Keller	62,5 dB	± 2,5 dB	57 dB	59,7 dB	65,3 dB	71 dB	59
ohne Keller schwer	63,5 dB	± 2,5 dB	57 dB	61,0 dB	66,0 dB	71 dB	37
ohne Keller leicht	60,7 dB	± 2,4 dB	57 dB	58,3 dB	63,1 dB	67 dB	22

Tabelle 2: Übersicht der statistischen Auswertungen von 579 Messergebnissen zur Schalldämmung von Haustrennwänden.

Bezieht man in die Auswertung nur die Wände ein, die nach Aussage der Prüfinstitute keine schalltechnischen Mängel aufweisen, so erhöht sich der Mittelwert um 2 dB auf 65,4 dB und die Standardabweichung geht auf  $\pm 4,9$  dB zurück. In Bild 4 sind die Verteilungsfunktionen der Messergebnisse ohne und mit Mängeln einander gegenüber gestellt. Deutlich ist die Verschiebung um 7 dB zu erkennen. Auch einige Wände, die von den Prüfinstituten als "mangelbehaftet" bezeichnet wurden erreichten Schalldämm-Maße bis  $R'_{w}=72$  dB.

wksb 56/2006 23

Aus den Messergebnissen ist zu ersehen, dass statistisch bei mangelfreier Bauweise der Mindestschallschutz um 8 dB überschritten wird. Der Mittelwert liegt zwischen der Schallschutzstufe II und III für einen erhöhten und hohen Schallschutz nach der Richtlinie VDI 4100.

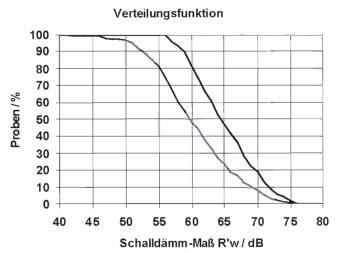


Bild 4: Messergebnisse mit (blau) und ohne (schwarz) Mangel

332 Stichproben sind Messergebnisse von Wänden, die als mangelfrei bezeichnet wurden. Sie teilen sich auf in 244 Wände aus schweren Wandbaustoffen (Beton, Kalksandstein o.ä.) und 88 Wände aus leichten hochporosierten Baustoffen (Porenziegel, Porenbeton, Beton mit Leichtzuschlägen o.ä.). Die Mittelwerte von R' $_{\rm w}=66,2$  dB  $\pm 4,9$  dB im Fall der schweren Wände und von 63,3 dB  $\pm 4,2$  dB bei den leichten differieren im gesamten Häufigkeitsbereich um etwa 3 dB, siehe Bild 5. Interessant ist aber, dass auch bei den leichten Baustoffen in Einzelfällen Schalldämm-Maße bis R' $_{\rm w}=75$  dB gemessen wurden.

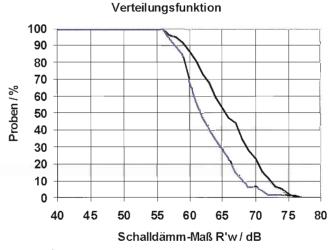


Bild 5: Verteilungsfunktion für leichte (blau) und schwere (schwarz) Wände ohne Mangel

#### Verzicht auf Keller

Während bei den mangelfreien Gebäuden mit Keller das bewertete Schalldämm-Maß der Trennwände auf Erdgeschoss-Höhe im Mittel 65,9 dB  $\pm 4,2$  dB beträgt, verringert sich dieser Wert bei den Gebäuden ohne Keller auf 63,5 dB  $\pm 2,5$  dB. Bild 6 zeigt, dass diese Kurve wesentlich steiler verläuft als bei den Gebäuden mit Keller, was sich auch in der gerin-

geren Standardabweichung ausdrückt. Während bei den Gebäuden mit Keller maximale Schalldämm-Maße bis  $R'_w=77~dB$  gemessen wurden, wurde ohne Keller als Maximum  $R'_w=71~dB$  erreicht. Ganz wichtig ist aber die Erkenntnis aus insgesamt 59 Messergebnissen an mangelfreien Haustrennwänden ohne Keller, dass im Erdgeschoss der Wert von  $R'_w=57~dB$  (Mindestanforderung nach DIN 4109 bzw. SSt I), nicht unterschritten wird. Der Mindestschallschutz wird also erfüllt, jedoch sind die Messergebnisse im Allgemeinen im Erdgeschoss nicht so gut wie bei Gebäuden mit Keller (oder im selben Haus im Obergeschoss).

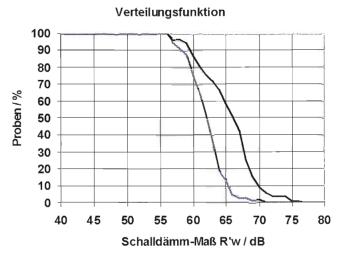


Bild 6: Verteilungsfunktion f
ür Konstruktionen ohne (blau) und mit (schwarz) Keller

#### Einfluss der Wandgewichte bei Häusern ohne Keller

Entsprechend Tabelle 2 unterscheiden sich die Mittelwerte für schwere und leichte Wandbaustoffe bei Gebäuden ohne Keller um 2,8 dB. Die Verteilungsfunktionen verlaufen entsprechend Bild 7 wieder weitgehend parallel. Allerdings liegen hier mit 37 und 22 überprüften Wänden relativ geringe Stichprobenanzahlen vor.

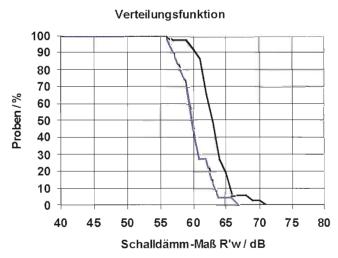


Bild 7: Gebäude ohne Keller mit Schalen aus leichten (schwarz) und schweren (blau) Baustoffen

Interessant ist der Vergleich der Messergebnisse an Wänden in Gebäuden mit Keller für das Erd- und Obergeschoss. Die Differenz aller Ergebnisse beträgt 0,3 dB. Das gilt auch für die schweren Wände. Bei leichten Wandbaustoffen vergrößert sich die Differenz auf 0,9 dB.

#### Welcher Schallschutz kann erreicht werden?

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die Messergebnisse an Wänden, die nach Aussage der Prüfinstitute mangelfrei waren. Mit einem Mittelwert von 65,4 dB ±4,9 dB werden in sehr vielen Fällen die Anforderungen nicht nur nach SSt I sondern auch nach SSt II erfüllt. Dies gilt mit einem Mittelwert von 62,8 dB ±4,7 dB auch für die Wände aus leichten Baustoffen. Der Mittelwert entspricht der SSt II und der untere Grenzwert ist grö-Ber als SSt I. Insofern kann man wohl davon ausgehen, dass Wände, die R'<sub>w</sub> = 57 dB entsprechend SSt I nicht erreichen, handwerklich falsch ausgeführt oder sogar planerisch falsch dimensioniert sind. Hier wird es interessant, nachfolgend auch nach den Fugenbreiten und Fugendämmstoffen zu differenzieren. Generell lässt sich aber bereits jetzt aus den Messergebnissen feststellen, dass die günstigsten Werte mit Fugenbreiten von 40 mm und mehr und mit Mineralfaserdämmstoff im Fugenhohlraum erreicht wurden. Dies stimmt mit der obigen Beschreibung der prinzipiellen Zusammenhänge überein.

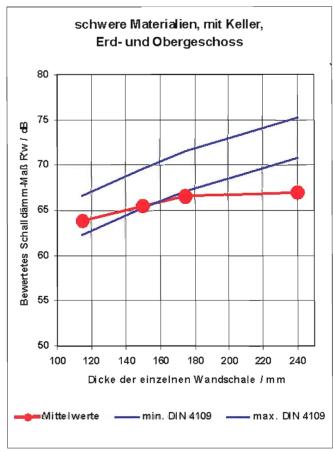


Bild 8: Differenzierung nach Wanddicken für schwere Materialien, Gebäude mit Keller, Messergebnisse aus Erd- und Obergeschossen

Schalldämm-Maße von  $R'_w=68~dB$  und mehr sind bei mangelfrei ausgeführten Wänden (auch bei leichten Baustoffen) durchaus zu erreichen. Wenn die SSt III zwischen Planer und Bauherren bzw. auch mit dem Bauunternehmer vereinbart werden soll, so muss damit eine sorgfältige Planung der Fugenausbildung und der Detailanschlüsse einhergehen. Prinzipiell sind große Fugenbreiten mit Mineralfaser-Hohlraumdämpfung wichtiger als schwere (und damit dicke) Wände. Vom

Bauleiter eines planerisch begleiteten Großprojektes wurde dazu festgestellt: "Die Luft im Hohlraum kostet nichts".

Bei gewissen Hausbreiten kann man die Wanddicke von ehemals 175 mm auf 115 mm reduzieren. Während die Wand früher mit 20 mm breiter Fuge 370 mm dick war, ist sie mit dem dünneren Mauerwerk aber 70 mm breiter Fuge insgesamt nur 300 mm dick. Eine Nachkalkulation zeigte seiner Zeit, dass man je Giebelwandscheibe € 1.500,00 (für eine Haustrennwand also € 3.000,00) an Materialkosten und Akkordlohn einsparen und trotzdem den Schallschutz verbessern kann.

Der Wohnflächengewinn durch die dünneren Wände wurde für ein Reihenhaus mit 2 m<sup>2</sup> ermittelt. Der höhere Schallschutz führte also zu einem deutlich besseren Ertrag für die Ersteller und Verkäufer der Reihenhäuser.

### Weitere Auswertung - Allgemeine Differenzierung

Bei der ergänzenden Auswertung wird jetzt stärker differenziert, um ggf. weitere Einflüsse und Effekte aufzudekken. Beispielhaft finden sich in Tabelle 3 Ergebnisse von Messungen im Erdgeschoss und im Obergeschoss. Hier ist auch zu ersehen, dass die Anzahl der verwertbaren Messergebnisse schon stark abnimmt.

Sortier-	Mittel-	Standard-	Minimal-	untere	obere	Maximal-	Anzahl
Kriterium	wert	abweichung	wert	Grenze	Grenze	wert	Stich-
							proben
EG's							
insgesamt	64,7 dB	4,1 dB	57,0 dB	60,6 dB	68,7 dB	77,0 dB	168
EG							
ohne Keller	62,5 dB	± 2,8 dB	57,0 dB	59,7 dB	65,3 dB	71,0 dB	59
davon schwer	63,5 dB	± 2,5 dB	57,0 dB	61,0 dB	66,0 dB	71,0 dB	37
davon leicht	60,7 dB	± 2,4 dB	57,0 dB	58,3 dB	63,1 dB	67,0 dB	22
EG							
mit Keller	65,9 dB	± 4,2 dB	57,0 dB	61,7 dB	70,0 dB	77,0 dB	109
davon schwer	66,9 dB	± 3,7 dB	57,0 dB	63,2 dB	70,6 dB	77,0 dB	76
davon leicht	63,5 dB	± 4,2 dB	57,0 dB	59,3 dB	67,8 dB	75,0 dB	33
OG's						1	
insgesamt	66,2 dB	5,6 dB	57,0 dB	60,7 dB	71,8 dB	77,0 dB	163
davon schwer	66,6 dB	5,7 dB	57,0 dB	60,9 dB	72,3 dB	76,0 dB	130
davon leicht	64,6 dB	4,4 dB	58,0 dB	60,2 dB	69,1 dB	77,0 dB	33

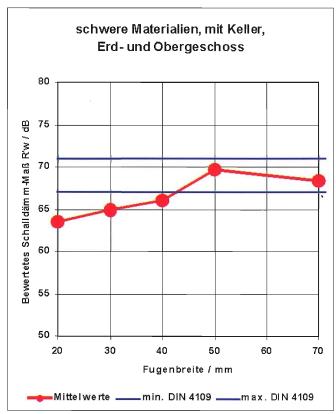
Tabelle 3: Weitere statistische Auswertung nach Geschossen und Wandschalen-Gewicht differenziert

## Unterscheidung nach Wanddicken

Bei Unterscheidung nach Wanddicken wurden Messergebnisse von 115 mm, 150 mm, 175 mm und 240 mm dikken Wänden aus Erd- und Obergeschossen unterkellerter Gebäude berücksichtigt. Damit ergeben sich Schalldämm-Maße gemäß Bild 8. Erwartungsgemäß ergibt sich mit größerer Wandschalendicke ein höheres Schalldämm-Maß. Im Vergleich dazu ist mit den dünneren durchgezogenen Linien dargestellt, welches Schalldämm-Maß nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 rechnerisch zu erwarten gewesen wäre, wenn die Rohdichte im Minimalfall 1400 kg/m³ bzw. im Maximalfall 2000 kg/m³ betragen hätte. Nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 müssten jedoch die Schalldämm-Maße stärker ansteigen, als es tatsächlich der Fall ist. Damit stellt sich hier die Frage, ob nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 zu günstig gerechnet wird, und zwar auch dann, wenn die Gebäude unterkellert sind.

# Unterscheidung nach Fugenbreiten bei schweren Materialien

Die Unterscheidung nach der Fugenbreite ergibt den in Bild 9 dargestellten Verlauf für schwere Materialien. Tendenziell ist ein größer werdendes Schalldämm-Maß bei breiteren Fugen zu erkennen. Auch das war zu erwarten. Im Vergleich dazu ist wieder das nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 zu erwartende bewertete Schalldämm-Maß für die minimale und die maximale Rohdichte der für die Berechnungen angenommenen Spanne eingetragen. Die beiden "Kurven" verlaufen horizontal, weil nach dem Beiblatt 1 nicht nach Fugenbreiten unterschieden wird.



**Bild 9:** Differenzierung nach Fugenbreiten für schwere Materialien, Gebäude mit Keller, Messergebnisse aus Erd- und Obergeschossen

Aus den Messergebnissen ist abzuleiten, dass für diese allgemeine Auswertung eine um 10 mm breitere Fuge eine Verbesserung des Schalldämm-Maßes um ca. 1 dB bewirkt. Bei Verdoppelung der Fugenbreite erhöht sich das Schalldämm-Maß um 2 dB bis 3 dB. Erschreckend bei dieser Auswertung ist jedoch, dass nur für 50 mm und 70 mm breite Fugen die Berechnung nach DIN 4109 richtig wäre.

Daraufhin wurde der Einfluss der Fuge bei verschiedenen konkreten Wanddicken untersucht. Für schwere 175 mm dicke Wandschalen scheint sich die Vermutung zu bestätigen (Bild 10). Auch hier liegt die Kurve der Messwerte erst bei einer Fugenbreite von 50 mm innerhalb des nach Beiblatt 1 zu erwartenden Bereiches. Eine Verdoppelung der Fugenbreite macht sich bei diesem Fall mit mindestens 3 dB bemerkbar.

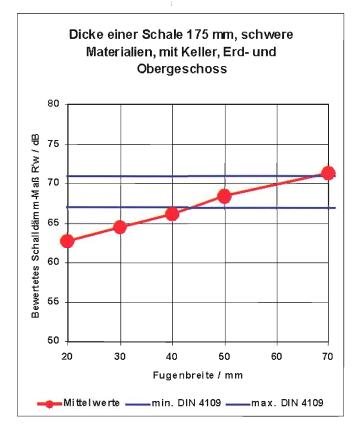


Bild 10: Differenzierung nach Fugenbreiten für schwere Schalen mit einer Dicke von 175 mm, Gebäude mit Keller, Messergebnisse aus Erd- und Obergeschossen

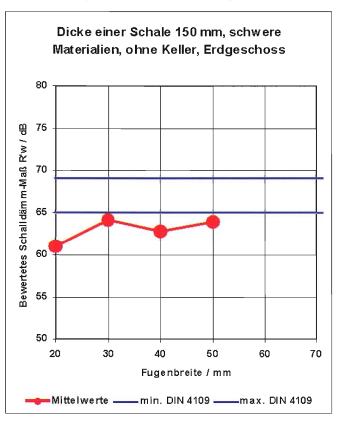


Bild 11: Differenzierung nach Fugenbreiten für schwere Schalen mit einer Dicke von 150 mm, Gebäude ohne Keller, Messergebnisse aus Erdgeschossen

Für nicht unterkellerte Gebäude mit 150 mm dicken, schweren Wandschalen ergibt sich der Verlauf wie in Bild 11 dargestellt. Die Messergebnisse liegen im Mittel etwa um 1 dB bis 6 dB unterhalb des nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 rechnerisch zu erwartenden Schalldämm-Maßes. Außerdem

scheint bei nicht unterkellerten Gebäuden das Schalldämm-Maß unabhängig von der Breite der Fuge zu sein. Hier überwiegt offenbar die Schallübertragung über die Sohle bzw. das gemeinsame Fundament. Allerdings reduziert sich die Anzahl der auswertbaren Ergebnisse schon auf weniger als fünf Werte für jede Fugenbreite. Deswegen sind die stark differenzierenden Untersuchungen mit Vorsicht zu betrachten.

## Unterscheidung nach Fugenbreiten bei leichten Materialien

Für die Untersuchung leichter Wände gab es die größte Anzahl von Messergebnissen für 175 mm dicke Schalen. Für unterkellerte Gebäude zeigt sich bei den Messergebnissen aus Erd- und Obergeschossen, dass kein ansteigender Verlauf vorliegt (Bild 12). Demnach kann vermutet werden, dass für leichte Schalen die Fugenbreite keinen oder nur einen geringen Einfluss hat. Für einen Vergleich mit den rechnerisch zu erwartenden Schalldämm-Maßen nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 wurde vorausgesetzt, dass die Rohdichten der vermauerten Steine zwischen 600 kg/m3 und 1200 kg/m3 lagen. Die Messergebnisse liegen dann an eher an der oberen Grenze des entstehenden Bereiches. Daraus kann vermutet werden, dass die Berechnungen auf der sicheren Seite liegen. Zu diesen Wandbaustoffen liegen zu wenige verwertbare Angaben vor, als dass man damit den Porenbeton-Zuschlag nach Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tabelle 1 eindeutig belegen könnte.

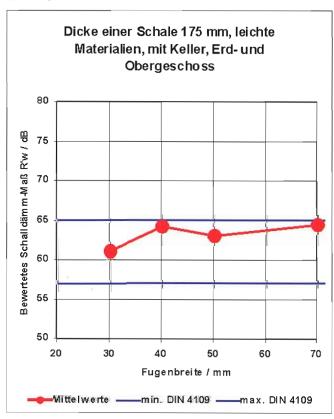


Bild 12: Differenzierung nach Fugenbreiten für leichte Schalen mit einer Dicke von 175 mm, Gebäude mit Keller, Messergebnisse aus Erd- und Obergeschossen

#### Einfluss flankierender Bauteile

Die Untersuchung auf den Einfluss flankierender Bauteile kann nur unter der Annahme einiger Voraussetzungen durchgeführt werden. Bei der bisherigen Umfrage wurde von den Prüfstellen die Art der flankierenden Bauteile nicht abgefragt. Häufig ist deren Konstruktion aber noch unbekannter als der Aufbau der Haustrennwand. Ein Kollege vermutete ein Nord-Süd-Gefälle innerhalb Deutschlands, weil im Süden die Außenwände eher einschalig aus leichten Materialien und im Norden eher zweischalig aus schwereren Materialien für die inneren Tragschalen mit außen liegender Dämmschicht bzw. Verblendmauerwerk erstellt werden.

Um dies zu untersuchen, wurde unterstellt, dass die an der Umfrage beteiligten Prüfstellen vornehmlich "vor ihrer Haustür" messen. Darauf hin wurden die mangelfreien Messergebnisse nach Postleitzahlen der Prüfinstitute sortiert. Die Anzahl der Messergebnisse nach Postleitzahlenbereich nahm dann stark ab, so dass eine zusätzliche Differenzierung nach z. B. Wanddicken unterkellerter Gebäude ohne Aussagekraft wäre. Anschließend wurden einzelne Postleitzahlenbereich nach Himmelsrichtungen wieder zusammengefasst. Für diese Sortierung ergeben sich die Zahlen gemäß Tabelle 4. Demnach ergibt sich für den Westen der höchste Mittelwert gefolgt vom Osten. Nördliche und südliche Ergebnisse liegen gleich auf. Das vermutete Bild für ein Nord-Süd-Gefälle lässt sich also nicht ableiten. Möglicherweise liegt es auch daran, dass im Norden Innenwände auch aus leichten Steinen errichtet werden. Der Einfluss flankierender Außen- und Innenwände ist demnach besser an konkreten Konstruktionen zu untersuchen.

Sortier- Kriterium	Mittel- wert	Standard abwei- chung	Mini- malwert	untere Grenze	obere Grenze	Maxi- malwert	Anzahl Stich- proben
Nord, PLZ 2+3	64,8 dB	± 4,7 dB	57 dB	60,1 dB	69,6 dB	76 dB	114
Ost, PLZ 0+1	65,5 dB	± 4,6 dB	57 dB	60,8 dB	70,1 dB	75 dB	100
West, PLZ 4-6	67,8 dB	± 4,7 dB	59 dB	63,1 dB	72,5 dB	77 dB	45
Süd, PLZ 7-9	64,8 dB	± 5,2 dB	57 dB	59,6 dB	70,0 dB	77 dB	73

Tabelle 4: Sortierung nach Postleitzahl-Bereichen (PLZ) aller als mangelfrei eingestufter Messergebnisse

## Rechnerische Abschätzung

Die oben beschriebenen Auswertungen der Umfrage-Ergebnisse zeigen, dass das Berechnungsverfahren nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 in nicht allen Fällen zu den messtechnisch ermittelten Werten passt. Der Einfluss der Fugenbreite und eines (fehlenden) Kellers wird gar nicht berücksichtigt. Um annähernd diesen Einfluss abschätzen zu können bis in DIN EN 12534-1 ein detaillierteres Berechnungsverfahren vorliegt, wurde für alle messtechnisch geprüften Wände das zu erwartende Schalldämm-Maß nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 berechnet. Als Rohdichte wurde für leichte Baustoffe 800 kg/m³ und für schwere Baustoffe 1800 kg/m³ angesetzt.

Die Rechenwerte  $R'_{w,R}$  wurden mit den Mittelwerten der Messergebnisse  $R'_{w}$  verglichen und gemäß Gleichung (7) in Beiblatt 1 zu DIN 4109 "rückwärts" für unterkellerte und nicht unterkellerte Gebäude ein Schall-Längsdämm-Maß  $R_{K,L,w,R}$  berechnet:

$$R_{K,L,w,R} = -10*log(10^{(-0,1*R'w)} - 10^{(-0,1*R'w,R)})$$

Dabei wurde vorausgesetzt, dass die Schallübertragung nur durch die Wand und über eine durchlaufende Bodenplatte bzw. den Keller erfolgt. Auf diese Weise ergibt sich für alle Messergebnisse ein dazugehöriges Schall-Längsdämm-Maß  $R_{K,L,w,R}$ . Daraus wurden wiederum Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Die Aufteilung der Berechnungsergebnisse erfolgte dann nach leichten und schweren Wandschalen mit und ohne Keller für Erd- und Obergeschosse jeweils getrennt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sowie "von-bis"-Werte sind in Tabelle 5 dargestellt.

Bauweise		ohne	Keller	mit Keller		
		EG	og	EG	OG	
leicht	R <sub>K,L,w,R</sub> =	<b>64,6</b> ± 4,1 dB 60,668,7 dB	<b>65,5</b> ± 2,8 dB 62,768,3 dB	66,0 ± 3,8 dB 62,269,8 dB	66,7 ± 4,4 dB 62,371,2 dB	
schwer	R <sub>K,L,w,R</sub> =	<b>65,3</b> ± 3,8 dB 61,569,2 dB	<b>70,7</b> ± 4,0 dB 66,774,6 dB	69,3 ± 5,1 dB 64,274,5 dB	66,8 ± 6,5 dB 60,373,3 dB	

 $\begin{array}{ll} \textbf{Tabelle} & \textbf{5:} & \textbf{Berechnete bewertete Schall-L\"{a}ngsd\"{a}mm-Maße} \ R_{\textbf{K},\textbf{L},\textbf{w},\textbf{R}}, \textbf{f\"{u}r} \\ & \textbf{doppelschalige massive Trennw\"{a}nde mit und ohne Keller} \end{array}$ 

Verwunderlich ist das Ergebnis der Obergeschosse für schwere Bauweise mit Keller. Hier wäre eigentlich wie für das Obergeschoss ohne Keller ein Schall-Längsdämm-Maß über 70 dB zu erwarten gewesen. Eine Erklärung für das vorliegende Ergebnis ist derzeit nicht möglich. Der Einfluss von Dachflächen hätte sich auch bei den Gebäuden ohne Keller zeigen müssen.

Unterschiede für Schall-Längsdämm-Maße  $R_{K,L,w,R}$  aufgrund der Fugenbreite waren nur bei schweren Wandschalen in unterkellerten Gebäuden und bei den Obergeschossen fest zu stellen. Mit größer werdender Fuge ergaben sich höhere Schall-Längsdämm-Maße. Bei leichter Bauweise und nicht unterkellerten Gebäude scheint die Fugenbreite keine Rolle zu spielen. Hier haben das gemeinsame Fundament und die Gebäudesohle einen größeren Einfluss.

Der oben beschriebenen Feststellung, dass nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 insbesondere für schwere Wandschalen bei unterkellerten Gebäuden zu hohe Schalldämm-Maße ermittelt werden, könnte unter Berücksichtigung der flankierenden Übertragung gemäß Tabelle 5 begegnet werden. Zunächst würde das Schalldämm-Maß R'w,R nach dem bisherigen Verfahren berechnet. Darin enthalten wäre dann auch eine 30 mm breite Fuge. Über die energetische Berechnung mit dem Schall-Längsdämm-Maß R<sub>K,L,w,R</sub> könnte dann der Einfluss des Kellers bzw. der durchlaufenden Sohle im Erdgeschoss berücksichtigt werden.

Anschließend könnte für Fugen, die breiter als 30 mm sind, je zusätzlicher Breite von 10 mm ein Zuschlag von  $Z_F=1~\mathrm{dB}$ 

addiert werden. Bei nicht unterkellerten Gebäuden und Wänden mit Steinrohdichten  $\leq 1400~\text{kg/m}^3$  ist vorsichtig mit dem Zuschlag umzugehen. Die Diagramme zeigten zwar keinen Einfluss bei größer werdender Fugenbreite, aber messtechnisch ermittelte Schalldämm-Maße eher im oberen Bereich. Für weitere flankierende Bauteile, z. B. Wände und Decke, gab es keine konkreten Hinweise, dass ein Zu- oder Abschlag gerechnet werden kann. Möglicherweise könnte gemäß Beiblatt 1 zu DIN 4109 der Korrekturwert  $K_{L,1}$  für flankierende massive Bauteile in der dortigen Tabelle 13 berücksichtigt werden. Dies ist jedoch bislang nur ein noch unbestätigter Wunsch der Autoren für eine weitere Differenzierung. Die Berechnungsgleichung lautet dann insgesamt:

$$R'_{w,R} = -10*log(10^{(-0,1*R'w,R)} - 10^{(-0,1*RK,L.w,R)}) + Z_F$$

Der Berechnungsgang ist tabellarisch auch in der Tabelle 6 dargestellt.

Be	Berechnungsgang					
1	Ermittlung der gesamten flächenbezogenen Masse der beiden Schalen					
2	R'wR nach DIN 4109, Beiblatt 1, Ziffer 2.3.2					
3	R <sub>K,L,w,R</sub> nach Tabelle 5 wählen					
4	Zwischenergebnis R* = -10*log(10 <sup>(-0,1*RW,R)</sup> - 10 <sup>(-0,1*RK,LW,R)</sup> )					
5	Z <sub>F</sub> bestimmen (1 dB je zusätzlichen 10 mm zu 30 mm)					
6	$R'_{WR} = R^* + 7_E$					

Tabelle 6: Berechnungsverfahren

## Beispielrechnungen

In der Tabelle 7 werden für das vorgeschlagene Verfahren vier Berechnungen durchgeführt. Beispielhaft werden Gebäude mit und ohne Keller aus leichten und schweren Baustoffen untersucht, für die auch Messergebnisse vorliegen und deren Aufbauten bekannt sind. Für alle Aufbauten wurde jeweils mit der Spannbreite der Schall-Längsdämm-Maße  $R_{K,L,w,R}$  gerechnet. Damit sind je nach Situation Schalldämm-Maße zu erwarten, die um -7 bis +1 dB vom Berechnungsergebnis nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 abweichen. In der Tabelle 7 werden die berechneten Ergebnisse den Messergebnissen gegenübergestellt. Der Vergleich zeigt, dass rechnerisch eine Übereinstimmung mit der tatsächlichen Situation erzielt werden kann.

Im Beispiel 2 mit der leichten Wand zeigt sich, dass für eine Übereinstimmung von Rechnung und Messung auch ein Zuschlag für die Fuge notwendig wäre, obwohl das Gebäude nicht unterkellert ist. Die übereinstimmenden Ergebnisse sind jeweils fett markiert. Dabei zeigt sich, dass die Übereinstimmung in einigen Fällen bei den minimalen, in anderen Fällen eher bei den maximalen Werten des Schall-Längsdämm-Maße  $R_{K,L,w,R}$  eintritt. Bei den vier Beispielen gilt, dass bei Gebäuden ohne Keller und Messung im Erdgeschoss eher der minimale  $R_{K,L,w,R}$ -Wert "passt". Für Erdgeschosse mit Keller sowie für Obergeschosse ist eher der maximale  $R_{K,L,w,R}$ -Wert "richtig". In wie weit das verallgemeinert werden kann, ist aber noch offen.

Kennwert	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3	Beispiel 4
Situation				
Geschoss	EG	EG	EG	OG
Keller	ja	nein	nein	nein
Dicke einer Schale	175 mm	175 mm	150 mm	150 mm
Rohdichte	2000 kg/m <sup>3</sup>	500 kg/m³	1800 kg/m³	1800 kg/m³
Putz	10 kg/m²	10 kg/m²	10 kg/m²	10 kg/m²
Fugenbreite	40 mm	50 mm	50 mm	50 mm
Berechnung				
flächenbezogene Masse m" gesamt	685 kg/m²	177 kg/m²	556 kg/m²	556 kg/m²
R' <sub>w,R</sub> nach DIN 4109 Beiblatt 1, Ziffer 2.3.2	71 dB	57 dB	68 dB	68 dB
R <sub>K,L,w,R</sub> (von / Mitte / bis)	60 / 69 / 74 dB	60 / 64 / 68 dB	61 / 65 / 69 dB	66 / 70 / 74 dB
Zwischenergebnis R*	63 / 67 / 69 dB	55 / 56 / 56 dB	60 / 63 / 65 dB	63 / 65 / 67 dB
Zuschlag für Fuge Z <sub>F</sub>	1 dB	2 dB	2 dB	2 dB
Endergebnis R'w,R	64 / <b>68 / 70</b> dB	57 / <b>58 / 58</b> dB	<b>62</b> / 65 / 67 dB	65 / 67 / <b>69</b> dB
Differenz	-7 / -3 / -1 dB	0 / +1 / +1 dB	-6 / -3 / - 1 dB	-4 / -1 / +1 dB
Messergebnisse R'w	68 dB / 70 dB	57 dB / 58 dB	61 dB	72 dB

Tabelle 7: Beispielrechnungen für erweitertes Berechnungsverfahren

#### Zusammenfassung

Haustrennwände müssen, insbesondere im Hinblick auf SSt II (erhöhter Schallschutz) und die SSt III (hoher Schallschutz), zweischalig hergestellt werden. Im Interesse klarer Vertragsverhältnisse sollte der jeweils angestrebte Schallschutz schriftlich vereinbart werden.

Für eine Resonanzfrequenz f < 100 Hz und zur Vermeidung von Schallbrücken soll die Fugenbreite mit etwa 50 bis 80 mm, besser wegen der genormten Mauerwerksmaße, mit 70 bis 80 mm bemessen werden. Der Fugenhohlraum sollte vollflächig mit mindestens 40 mm dikken mineralischen Faserdämmplatten mit besonderer Eignung belegt werden, um Schallbrücken zu vermeiden und Hohlraumresonanzen zu dämpfen.

Aus den statistischen Erhebungen wurden Einflüsse der Bauweise ohne Keller, dem Gewicht der Wandbaustoffe sowie der Fugenbreite abgeleitet. Weil im Berechnungsverfahren in Beiblatt 1 zu DIN 4109 Bauweisen ohne Keller und unterschiedliche Fugenbreiten nicht berücksichtigt werden, wurde versucht mit den vorliegenden Messergebnissen über die Statistik ein Abschätzungsverfahren zur Bestimmung des Schalldämm-Maßes zu entwickeln. Die Vorteile der beschriebenen Vorgehensweise sind, dass die Berechnungsergebnisse nicht mehr über eine obere Grenze ansteigen können, die sicherlich in der Praxis vorhanden ist. Die durchlaufende Bodenplatte nicht unterkellerter Gebäude, insbesondere für leichte Wandschalen, wird realitätsnäher als bisher berücksichtigt. Auch für unterkellerte Gebäude gibt es dann eine obere Grenze. Die Überschätzung der Schalldämm-Maße wird zumindest begrenzt. Bei schweren Wandschalen wird nach verschiedenen Fugenbreiten unterschieden.

Der Nachteil des vorgeschlagenen Verfahrens ist, dass es bisher nur auf der Grundlage einer statistischen Untersuchung basiert. Der Einfluss des (fehlenden) Kellers und der flankierenden Bauteile ging bei der Auswertung zu dem Schall-Längsdämm-Maß mit ein. Eine Aussage über den Einfluss der Fugenfüllung ist noch nicht enthalten. Die Arten der Stoss-Stellen, (Stumpf-Stoß oder Verzahnungen der Außen- und Innenwände mit den Trennwänden) sind nicht berücksichtigt.

Bislang wurden mit größerem Augenmerk auch nur die Erdgeschosse betrachtet. Die Schallübertragung über Dachflächen und deren unterschiedlichen Konstruktionen bleibt weiterhin unberücksichtigt. Bei den meisten Messungen fehlen Kenntnisse über die tatsächlichen Baukonstruktionen, weil viele Messungen in "unbekannten" Gebäuden (ohne planerische Betreuung vorab) durchgeführt wurden. Möglicherweise wird DIN EN 12354-1 beantworten, wie damit umzugehen ist. Die obigen Vorschläge sollten an konkreten Beispielen, die geplant und anschließend messtechnisch überprüft wurden, verglichen werden. Über Mitteilungen zu Erfahrungen mit dem vorgeschlagenen Berechnungsverfahren würden sich die Autoren freuen.

Nur wenige der durch die Verfasser beratenen Häuser wurden messtechnisch untersucht. Da sich bei den Ergebnissen sehr schnell eine einheitlich günstige Tendenz zeigte, wurden bereits beauftragte Messungen später nicht mehr abgerufen. Die günstige Wirkung sachgerecht geplanter Maßnahmen ist also nicht durch eine entsprechende Häufigkeit bei den Messergebnissen zu belegen. Wände mit hohen Schalldämm-Maßen sind in dieser Erhebung vielmehr deutlich unterrepräsentiert.

wksb 56/2006 29

#### Literatur

- [1] Carsten Ruhe, Ralf Neumann: "Schallschutz von Haustrennwänden", Mitteilungsblatt Nr. 210, Heft 3/ 98 der Arbeitsgemeinschaft für Zeitgemäßes Bauen e.V., Kiel aktualisierte Fassung, 3. Auflage, 2002
- [2] DIN 4109 Schallschutz im Hochbau Anforderungen und Nachweise, Ausgabe November 1989 mit Berichtigung 1 zu DIN 4109 Ausgabe August 1992 und Änderung A1 Ausgabe Januar 2001
- [3] Beiblatt 2 zu DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich Ausgabe November 1989
- [4] Memorandum Die DIN 4109 und die allgemein anerkannten Regeln der Technik, DEGA BR 001, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. Fachausschuss Bauund Raumakustik, Ausgabe August 2005

- [5] VDI 4100, Schallschutz von Wohnungen, Kriterien für Planung und Beurteilung, Ausgabe September 1994
- [6] E DIN 4109-10 Schallschutz im Hochbau, Teil 10 Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz von Wohnungen, Ausgabe Juni 2000, zurückgezogen Juni 2005
- [7] Beiblatt 1 zu DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, Ausgabe November 1989, und Änderung A1, Ausgabe September 2003, und Änderung A2, Entwurf Februar 2006
- [8] DIN EN 12354, Bauakustik Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1:Luftschalldämmung zwischen Räumen, Ausgabe Dezember 2000
- [9] DIN 4108, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe, Werkmäßig hergestellt Wärmedämmstoffe, Ausgabe Juni 2004

30