



LVS Bayern

Fachbereichs-Diskussion Bau

2004

Luftschallschutz von trennenden Bauteilen bei flankierenden Außenwandkonstruktionen mit modernen Ziegeln im Geschosswohnungsbau
Dr. Reinhard O. Neubauer, Ingolstadt

München, IHK-Akademie

9. Juli 2004

Luftschallschutz von trennenden Bauteilen bei flankierenden Außenwandkonstruktionen mit modernen Ziegeln im Geschosswohnungsbau

Dr. Reinhard O. Neubauer

1 Einleitung

Der Luftschallschutz von trennenden Bauteilen wird in Deutschland überwiegend nach DIN 4109 berechnet und beurteilt. Im besonderen Maße hängt die resultierende Luftschalldämmung, d.h. der Luftschallschutz innerhalb des Gebäudes, von den flankierenden Bauteilen ab. Die Anforderungen der DIN 4109 richten sich deshalb nicht an das trennende Bauteil allein, sondern an die Gesamtübertragung aller beteiligten Bauteile. Im Zuge erhöhter wärmeschutztechnischer Anforderungen an die Außenbauteile eines Gebäudes werden, zumindest in Bayern, verstärkt sog. Wärmedämm-, Wärmeschutz- oder Energiesparziegel, u.a. eingesetzt, um die wärmeschutztechnischen Anforderungen „einschalig“, z.B. ohne Wärmedämmverbund-System, gewährleisten zu können. Die hierfür verwendeten Ziegel sind im Sinne des Bauproduktengesetzes keine geregelten Bauprodukte und bedürfen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik. In den Jahren 2002/2003 stand die Veröffentlichung der Neufassung der Normenreihe DIN V 105 in den Teilen 1, 2 und 6 im Vordergrund. Unmittelbar vor Einführung der europäischen Mauerziegelnorm hat es der Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie in Abstimmung mit der Obersten Bauaufsicht der Länder noch erreicht, wichtige Neuerungen für Voll- und Hochlochziegel sowie für Wärmedämmziegel aus dem bisher ausschließlich durch allgemein bauaufsichtliche Zulassungen geregelten Bereich in die Normenreihe DIN V 105 zu überführen. Die Anwendung der neuen Regeln erfolgt seit der vom 1/2003 an gültigen Bauregelliste. Dies gilt aber noch nicht für DIN V 105-6 „Planziegel“, die auch weiterhin auf Grund fehlender Anwendungsregeln einer bauaufsichtlichen Zulassung bedürfen.

Die allgemein bezeichneten „Wärmeschutz- oder Wärmedämmziegel“ sind Lochsteine und werden wegen ihrer hohen Wärmedämmung in zunehmendem Maße für den Bau von Außenwänden eingesetzt. Im Geschosswohnungsbau treten in der Kombination eines guten Luftschallschutzes zwischen den Wohnungen innerhalb des Gebäudes und eines guten Wärmeschutzes der Gebäudehülle verstärkt Schallschutzprobleme auf.

Die Tendenz aufgrund der hohen Wärmedämmung und dem schnellen Verlegen immer leichtere und großformatigere Außenwandsteine einzusetzen, führt nicht selten zu gravierenden Einbussen im baulichen Schallschutz.

Auf der einen Seite will man mit möglichst dünnen, aber schweren Trennwänden (z.B. Wohnungstrennwände, Treppenhauswände oder Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen, u.ä.) einen bestmöglichen Schallschutz sicherstellen, auf der anderen Seite möchte man für die Gebäudehülle mit großformatigen Leichthochlochziegeln einen möglichst guten baulichen Wärmeschutz erzielen. Wird eine schwere Wand mit einer leichten Wand kombiniert, z.B. Trennwand mit Außenwand, ist seit mehr als 10 Jahren bekannt, dass dies zu massivsten schalltechnischen Problemen führt.

In der vorliegenden Untersuchung wird die in der Literatur bereits ergiebigst diskutierte Problematik leichter flankierender Außenbauteile nochmals, aufgrund neuer Mauerwerkssteine, aufgegriffen und anhand beispielhaft durchgeführter messtechnischer und analytischer Untersuchungen diskutiert, sowie die in der Literatur angegebenen Ergebnisse beispielhaft zusammengefasst.

2 Stand der Erkenntnisse

Die Entwicklung neuer Ziegelgenerationen der vergangenen 25 Jahre ist beträchtlich. Hochloch- und Vollziegel waren schon immer das Standardprogramm der Ziegelindustrie. Unterscheidungen mittels einiger Rohdichteklassen und Formaten waren im jeweiligen Ausbildungsgang bestens bekannt und bei der Anwendung an der Baustelle vertraut. Die Herstellung solcher Ziegel nach dem

Regelwerk DIN 105 und die Anwendung nach dem Regelwerk DIN 1053 war allen am Bau Beteiligten geläufig. Alle neueren Ziegelprodukte, die nach solchen Normen nicht einstuftbar waren, benötigten eine sogenannte allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik.

Vor noch gar nicht so langer Zeit, konnte der Planer, Konstrukteur oder Bauunternehmer unter wenigen Rohdichteklassen und Formaten sicher entscheiden, ohne einen Fehlgriff zu begehen.

Heute muss der Fachmann seine speziellen Planungsvorstellungen mitteilen und der Fachberater aus der Ziegelindustrie empfiehlt ihm die dafür abgestimmte Produktpalette, und dem Bauunternehmer wird vor Baubeginn die für sein Personal und seinen Gerätepark bestgeeignetste Bauweise bzw. Ausführungskonzept angeboten.

Natürlich besteht hier ein Wettbewerbsdruck unter den „Fachberater“, so dass nicht immer die „optimale“ und „objektive“ Lösung gesucht und gefunden wird. Insbesondere die wichtige Kombination von - Schallschutz und Wärmeschutz. Nicht zuletzt aus Unwissenheit, was heute am Markt übliche „Wärmedämmziegel“ schallschutztechnisch leisten können, leisten sollen und leisten müssen. Zudem kommt dem „Fachberater“ der Ziegelindustrie die Aufgabe zu, dass dieser die Planungsaufgabe der „Planer“ übernimmt, womöglich noch schnell zwischen zwei Telefonaten oder mal eben so zwischen Tür und Angel. Dass diese „Planungsleistung“ von den Fachberatern der Ziegelindustrie in der Praxis nicht umfänglich erfolgen kann ist unzweifelhaft. Die Bandbreite der Ziegeleigenschaften ist groß. In der Tabelle 1 sind beispielhaft einige Bereichswerte der wichtigsten Eigenschaften moderner Ziegel zusammengestellt.

Tabelle 1 Bereichswerte moderner Ziegel

Ziegeleigenschaften	Bereiche
Rohdichteklassen (RDK)	0,6 – 2,0
Festigkeitsklassen	4 – 20
Wanddicken (mm)	115 – 490
Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit λ_R in W/(m·K)	0,11 – 0,96
Grundwerte der zulässigen Druck-Spannungen σ_0 in MN/m ²	0,5 – 3,2

Die Kombination von gutem Schallschutz und gutem Wärmeschutz bedarf eines Abwägungsprozesses, wenn mit Ziegel einschalig gebaut werden soll. Für einen guten Schallschutz wird im allgemeinen eine hohe Rohdichte, d.h. eine hohe flächenbezogene Masse, der Konstruktion gefordert. Soll hingegen ein guter Wärmeschutz sichergestellt werden, ergeben sich in Anlehnung an DIN 4108 geringe Rohdichten für die Ziegel. Damit sind die Anforderungen eines guten Schall- und Wärmeschutzes für einschalige Ziegelwände augenscheinlich gegenläufig.

In der nachstehenden Tabelle 2 sind diese „Gegensätze“ tabellarisch gegenübergestellt.

Tabelle 2 Einstufung moderner Ziegel zur Anforderung an Wärme- und Schallschutz

Beurteilung Wärme/Schall	hohe Wärmedämmung, geringer Schallschutz	gute Wärmedämmung, mäßiger Schallschutz	mäßige Wärmedämmung, guter Schallschutz	geringe Wärmedämmung, hoher Schallschutz
Rohdichtebereich ρ (kg/dm ³)	0,6 – 0,8	0,8 – 1,0	1,0 – 1,2	1,2 – 2,0
Wärmeleitzahlbereich λ_R (W/m·K)	0,11 – 0,16	0,16 – 0,30	0,30 – 0,50	0,50 – 0,96
Bereich Druckfestigkeits- klasse	4 – 12	6 – 12	12 – 20	20 - 28

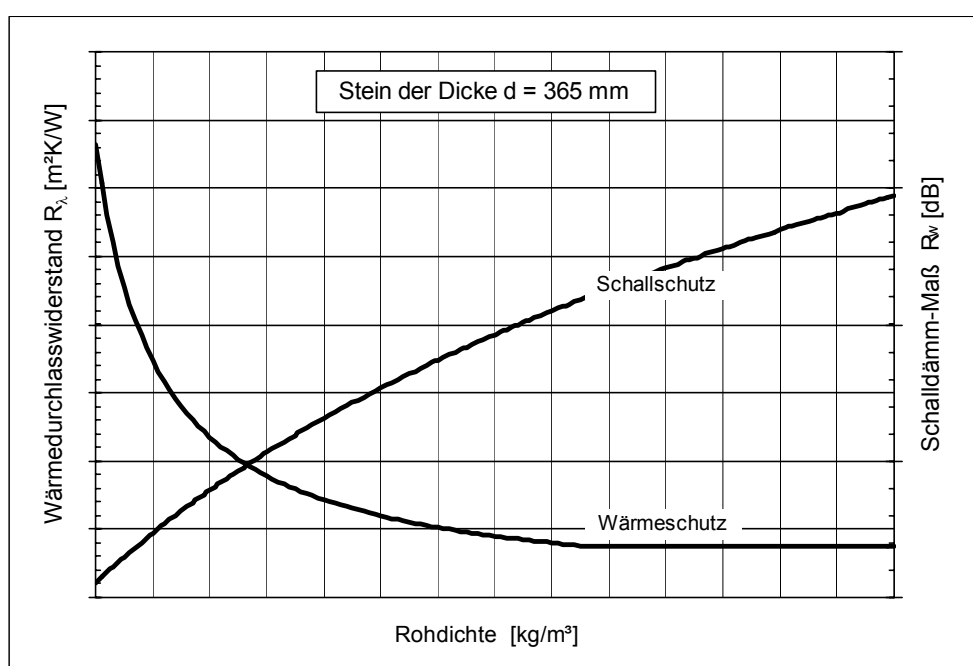


Bild 1: Funktionaler Zusammenhang zwischen Schallschutz und Wärmeschutz

Die in Bild 1 dargestellten Funktionen stellen den prinzipiellen Verlauf des bew. Schalldämm-Maßes und des Wärmedurchlasswiderstandes mit wachsender Rohdichte des Ziegels dar. Aus den Funktionsgrafien ist abzulesen, dass bei zunehmender Rohdichte auch der Schallschutz zunimmt jedoch der Wärmeschutz abnimmt. In entgegengesetzter Richtung heißt das natürlich, wenn der Wärmeschutz hoch sein soll, wird der Schallschutz abnehmen. In etwa lässt sich ergänzend aus dem Verlauf der Grafen ablesen, dass ab einer bestimmten Rohdichte der Wärmeschutz mit steigender Rohdichte nicht wesentlich weiter reduziert wird, wohingegen die Schalldämmung doch erkennbar zunimmt. Aus der Theorie der Massendämmung lässt sich zudem zeigen, dass bei einschaligen, massiven Bauteilen die Luftschalldämmung mit zunehmender Masse nicht beliebig in die Höhe treiben lässt. Auch hier gilt, dass ab einer gewissen Größe der flächenbezogenen Masse der Wand die Schalldämmung nicht weiter erhöht werden kann.

Heute werden im wesentlichen für den Wohnungsbau drei Bauweisen angeboten:

- Blockbauweise (12 mm-Lagerfuge)
- Mittelbettbauweise (6 mm-Lagerfuge)
- Dünnbettbauweise (2 mm-Lagerfuge).

In bauphysikalischer Hinsicht können mit allen drei Bauweisen die jeweiligen Anforderungen des Ordnungsgebers an den Wärmeschutz in einschaliger Ausführung erfüllt werden. Der ausführende Rohbauunternehmer sollte sich nach fachkundiger Beratung längerfristig auf eine dieser Bauweisen festlegen, damit Verantwortliche und Ausführende auf möglichst allen Baustellen zur Verbesserung der Logistik und Erhöhung der Ausführungssicherheit wirtschaftlicher als bisher anbieten und ausführen können.

Früher standen wenige Ziegelsorten mit relativ hoher Rohdichte, geringem Lochanteil und höchsten Festigkeitsklassen für den damaligen Standard der Hochbauprojekte zur Verfügung und Mängel oder Verarbeitungsfehler wurden äußerst selten bekannt. Zu diesen Ziegelprodukten sind heute vor allem großformatige Systeme in den Rohdichtebereichen 0,60 bis 0,75 kg/dm³ mit den Fes-

tigkeitsklassen 4 bis 12 hinzugekommen. Diesen Eigenschaften werden die Wärmeleitfähigkeitsgruppen $\lambda_R = 0,11$ bis $0,14$ W/(mK) zugeordnet.

Der Leichthochlochziegel (HLzW) hat zusätzlich die Eigenschaft, dass der Tonrohmasse vor dem Brennen porenbildende Zusätze hinzugefügt werden. Diese verdampfen dann beim Brennen und es bilden sich Luftporen.

Heute typische Leichthochlochziegel sind in nachstehenden Bereichen auf dem Markt:

Rohdichte: 0,51 – 1,0 kg/dm ³	Bezeichnung: HLzW
Druckfestigkeit: Mittelwert 15,0 N/mm ²	Formate/Größen:
Wärmeleitfähigkeit: ca. 0,10 bis 0,25 W/(mK)	Länge minimal 240 – 490 mm
	Breite 115 – 300 mm
	Höhe 52 – 238 mm

In der Bauakustik werden bei einschaligen Bauteilen Schalldämm-Maße üblicherweise über die flächenbezogene Masse ermittelt. Die flächenbezogene Masse berechnet sich über die Dicke mal der Rohdichte.

Die Rohdichte bezeichnet die Dichte eines Ziegels, die sich aus seinem Trockengewicht und seinem aus den äußeren Abmessungen, also einschließlich Löcher, berechnetem Volumen ergibt.

In DIN 105 sind den Rohdichten sogenannte Rohdichteklassen, wie nachstehend tabellarisch wiedergegeben, zugeordnet.

Tabelle 3: Rohdichteklasse und deren zulässigen Schwankungen

Rohdichteklassen nach bauaufsichtlicher Zulassung	
Rohdichteklasse ¹⁾ (RDK)	Mittelwert der Stein-Rohdichte [kg/dm ³]
0,60	≥ 0,56 bis 0,60
0,65	≥ 0,61 bis 0,65
0,70	≥ 0,66 bis 0,70
0,75	≥ 0,71 bis 0,75

1) Einzelwerte dürfen die Klassengrenzen um nicht mehr als 0,03 kg/dm³ unter- bzw. überschreiten

Tabelle 4: Rohdichteklasse und deren zulässigen Schwankungen nach DIN 105

Rohdichteklassen nach DIN 105	
Rohdichteklasse ²⁾ (RDK)	Mittelwert der Stein-Rohdichte [kg/dm ³]
0,8	≥ 0,71 bis 0,80
0,9	≥ 0,81 bis 0,90
1,0	≥ 0,91 bis 1,00
1,2	≥ 1,01 bis 1,20
1,4	≥ 1,21 bis 1,40
1,6	≥ 1,41 bis 1,60
1,8	≥ 1,61 bis 1,80
2,0	≥ 1,81 bis 2,00
2,2	≥ 2,01 bis 2,20

2) Einzelwerte dürfen die Klassengrenzen um nicht mehr als 0,1 kg/dm³ unter- bzw. überschreiten

Tabelle 5: Ziegelart und Rohdichteklasse nach DIN 105

Ziegelart	Rohdichteklasse [kg/dm ³]					
		0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Leichthochlochziegel		0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Leichtlanglochziegel und Ziegelplatten	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Vollziegel und Lochziegel Hochfeste Ziegel und Klinker	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Keramikklinker		1,4	1,6	1,8	2,0	2,2

Die Rohdichte gibt einen Hinweis auf die Wärmedämmeigenschaften. Diese wird aber zusätzlich von Lochform und Lochanordnung des Ziegels sowie von dem verwendeten Mauermörtel bestimmt. Ziegel die als Wärmedämmziegel oder Hochlochziegel der Rohdichteklasse $\leq 1,0$ sind in der DIN V 105 Teil 2, Ausgabe 2002 geregelt.

Die Schalldämmung von trennenden Bauteilen in einem Gebäude ist von der Masse des trennenden Bauteils und von der Ausbildung der flankierenden Bauteile abhängig. Ist die Außenwand in

massiver Bauweise als wärmedämmender Hochlochziegel ausgeführt, stellt sie in diesem Zusammenhang für die einbindende Trennwand ein flankierendes Bauteil dar (siehe Bild 2). Zwischen benachbarten Räumen ist die direkte Luftschallübertragung (Weg 1) durch die Trennwand bzw. durch die Decke häufig nicht der wichtigste Übertragungsweg, sondern die indirekten Übertragungen (Wege 2 bis 4) über flankierende Bauteile.

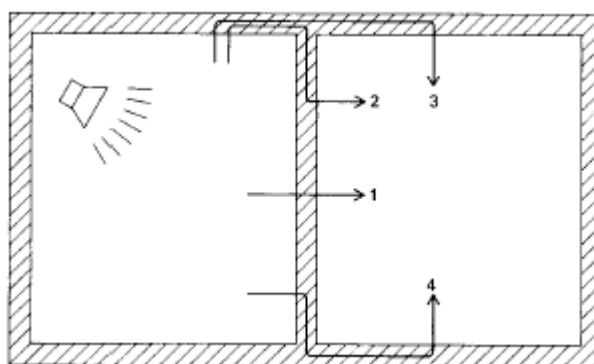


Bild 2: Schallübertragungswege zwischen zwei Räumen

Üblicherweise sind wärmedämmende Leichtlochziegel hoch porosiert, so dass ihre Rohdichte kleiner oder gleich der Rohdichteklasse 0,8 entspricht.

Lang [1], Gösele [2 bis 5] u.a. wiesen darauf hin, dass insbesondere leichte Hochlochziegel je nach geometrischer Struktur des Lochbildes eine vom Massegesetz um bis zu 10 dB abweichende Direkt-Schalldämmung aufweisen kann. Dass leichte Ziegel mit spezieller Lochung nicht dem klassischen Massegesetz entsprechen, ist hinlänglich bekannt. In dem Beiblatt 1 zu DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau, Ausgabe November 1989, wird zu diesem Sachverhalt ausschließlich hingewiesen.

Danach gelten die Werte der Tabelle 1 im Bbl. 1 zu DIN 4109 zur Bestimmung des bewerteten Schalldämm-Maßes nicht für einschalige flankierende Bauteile mit Steinen mit einer Rohdichteklasse $\leq 0,8$ und in schallschutztechnischer Hinsicht ungünstigen Lochung. In der in dieser Bearbeitung beispielhaft angegebenen Literatur ist der Stand der Erkenntnisse auf diesem Gebiet exemplarisch wiedergegeben. Die Untersuchungen an Einzelsteinen sind zweckmäßig um die schall-

technische Eignung unterschiedlicher Lochbilder von Hochlochziegeln zu überprüfen und zu vergleichen. Unstreitig ist, dass Steine mit bestimmten Lochbildern eine geringere Schalldämmung aufweisen als gleichschwere Hochlochziegel.

Bei allen einschaligen Wänden ist man bisher davon ausgegangen, dass die im Verband gemauerte Wand bei Luftschallanregung konphas als Ganzes schwingen. Dabei steigt das Schalldämmmaß oberhalb der Grenzfrequenz der Wand entsprechend der klassischen Theorie mit 25 dB je Frequenzdekade an. Die Außenwand sollte möglichst schwer sein, damit ihre Schall-Längsdämmung ausreichend hoch wird. Für hochwärmedämmende Lochsteine (Leichthochlochziegel mit einer Rohdichteklasse unter 1.0) kann das bewertete Schalldämmmaß nicht über die flächenbezogene Masse ermittelt werden. Die DIN 4109 (11/89) stellt kein geeignetes Berechnungsmodell zur Ermittlung des zu erwartenden Schallschutzes dar, wenn hochwärmedämmende Außenwände aus Lochsteinen vorliegen. Die Putzdicken wirken sich deutlich auf die Schalldämmung von Lochsteinwänden aus. Bei sehr niedrigen Rohdichten und wärmetechnisch optimierten Lochbildern kann die flächenbezogene Masse allein das schalltechnische Verhalten nicht mehr ausreichend beschreiben. Die Resonanzen von „modernen“ massiven Außenwänden werden in Frequenzbereichen von etwa 630 Hz bis 2.000 Hz festgestellt, was zu einem Einbruch in der Schalldämmung führt. Zur Berechnung des bewerteten Schalldämmmaßes einer Wohnungstrennwand im Geschosswohnungsbau mit flankierenden Bauteilen aus Leichthochlochziegeln kann das europäische Berechnungsverfahren [23] angewendet werden, wenn die dort erforderlichen Materialkenndaten bekannt sind bzw. vorliegen.

3 Grundlagen der Untersuchung

3.1 Einzelsteinprüfung

Die vorliegende Untersuchung erfolgt für Einzelsteine mittels einer Körperschallanregung und Messung des Körperschallschnellepegels. Diese Messmethode hat sich zur Prüfung von Einzelsteinen bewährt [12]. Nachstehende Steine wurden exemplarisch untersucht.

Ziegelwerk Eitensheim, Fabr. Thermopor, Rohdichte 800 kg/m^3 , 12 DF

Ziegelwerk Schiele, Fabr. Unipor, Typ WS 09, Rohdichte 900 kg/m^3

Schlagmann Poroton T9, Planziegel, Rohdichte 650 kg/m^3

Schlagmann Poroton T9, Objektziegel, Rohdichte 800 kg/m^3

Fabr. Schlagmann Poroton T16, versetzte Stege (Werk Aichach), Rohdichte 800 kg/m^3 , 12 DF

Schlagmann Poroton T16, durchgehende Stege, Rohdichte 800 kg/m^3 , 12 DF

Ziegelwerk Stengel Fabr. Klimaton ST 14, Rohdichte 700 kg/m^3 , 12 DF

Ziegelwerk Turber, Fabr. Thermopor, Leichthochlochziegel Rohdichte 1.200 kg/m^3 , 5 DF

Ziegelwerk Eitensheim, Fabr. Thermopor Innenwandziegel, Rohdichte 900 kg/m^3 , 12 DF

Ziegelwerk Turber, Fabr. Thermopor ESZ-Block 014, elliptische Lochung, Rohdichte 700 kg/m^3

Kalksandstein KS - 2.0 / 2 DF, Rohdichte 2.000 kg/m^3

Kalksandstein KS - 2.0 / 5 DF, Rohdichte 2.000 kg/m^3

Gösele [4] [5] hat gezeigt, dass mit einer geeigneten Körperschallanregung am Einzelstein die Effekte der Dickenresonanz dargestellt werden können. Danach wird der zu untersuchende Einzelstein mit einem Kleinhammerwerk angeregt und der Schnellepegel der Steinprobe auf der abgewandten Steinseite gemessen (siehe Bild 3). Weichen die Schnellepegel im Vergleich zu einem massiven, schweren Stein in starkem Maße nach oben ab, dann liegen Dickenresonanzen vor. Diese sind umso störender für die Luftschalldämmung je tiefer sie liegen. Zur qualitativen Bewertung der Einzelsteine und zum Nachweis der Dickenresonanzen von Lochsteinen, wird also der zu prüfende Stein mit einem Körperschall-Sender zu Schwingungen angeregt und die Schnellepegel

des Steins auf der abgewandten Seite der Probe in Abhängigkeit der Frequenz gemessen. Diese Schwingungen hängen von der Masse der Probe und der Frequenz ab. Das Resonanzverhalten kann durch die Differenz der Schnellepegel anschaulich darstellen, wenn man den gleichartigen Versuch mit einem schweren, ungelochten Stein macht und in folgender Weise die unterschiedliche Masse berücksichtigt:

$$\Delta L_v = L_v - L_{v0} + 20 \cdot \lg \frac{m}{m_0} \quad \text{Gl. (1)}$$

L_v : Schnellepegel des zu prüfenden Steines

L_{v0} : Schnellepegel des steifen und schweren Vergleichssteines

m : Masse des zu prüfenden Steines

m_0 : Masse des steifen Vergleichssteines

Diese Pegeldifferenz ΔL_v ist Null, solange keine Resonanzerscheinungen an dem zu prüfenden Stein vorliegen und wird für beim Auftreten von Resonanzen positiv.

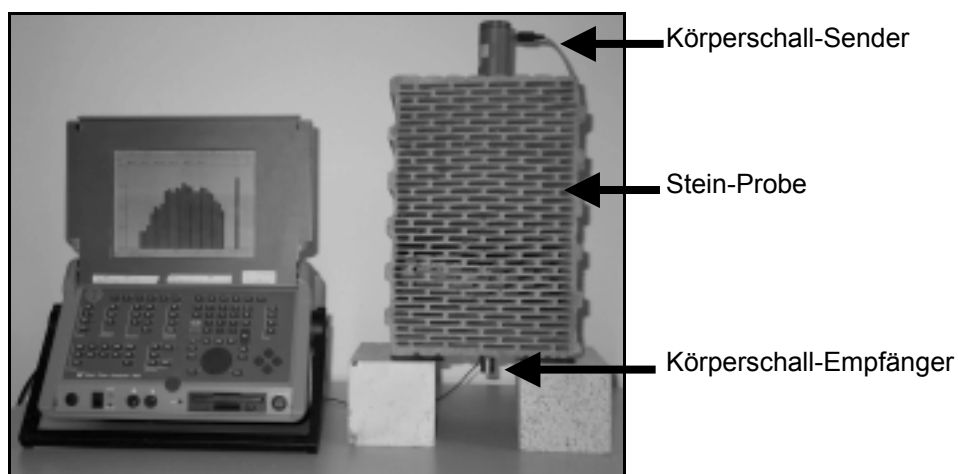


Bild 3: Messanordnung für die Messung der Dickenresonanzen der untersuchten Steine

Die theoretischen Grundlagen zur Überprüfung der schalltechnischen Eigenschaften eines Einzelsteines gehen zurück auf die Untersuchungen von Prof. Gösele [4] [5] u. a. [7] [8]. Durch diese u.a. Untersuchungen wurde bestätigt, dass die verringerte Schalldämmung bzw. Schall-Längsdämmung von Lochsteinwänden hauptsächlich auf Dickenschwingungen zurückzuführen sind [10].

Als Vergleichsstein wurde ein ungelochter schwerer Kalksandstein mit einer Rohdichteklasse 2.0 verwendet. In dem nachstehendem Diagramm in Bild 4 sind die Schnellepegel beispielhaft zwei Kalksandsteine unterschiedlicher Abmessungen dargestellt.

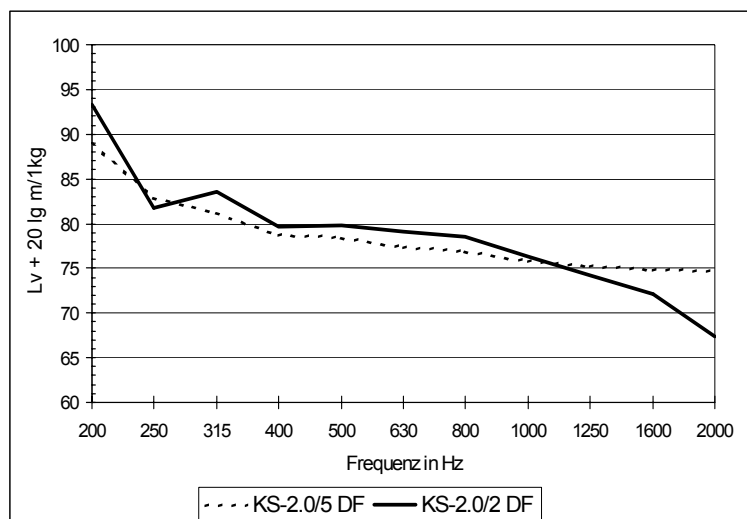


Bild 4: Schnellepegel L_v von KS-Steinen bezogen auf 1 kg Steinmasse

Um das Resonanzverhalten eines Hochlochziegels gegenüber eines nicht gelochten Steines zu vergleichen, wird üblicherweise die o.g. Differenzdarstellung mittels ΔL_v nach Gl. 1 verwendet. Der darin enthaltene Massenbezug auf den Vergleichsstein gewährleistet die direkte Vergleichsmöglichkeit unabhängig der Masse bzw. der Größe. Zur Verdeutlichung des „Eigenlebens“ des Hochlochziegels, also das Resonanzverhalten, ist nachstehend in Bild 5 der Schnellepegel bezogen auf 1 kg Steinmasse in Abhängigkeit der Frequenz mit einem ungelochten schweren Stein dargestellt.

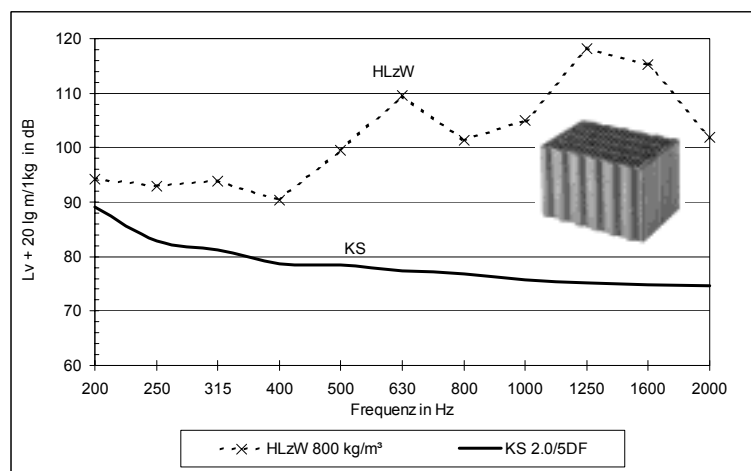
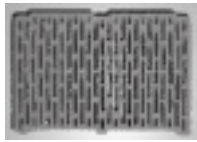
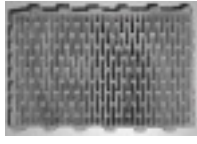
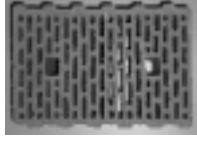
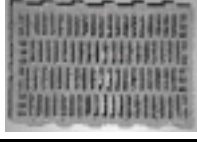


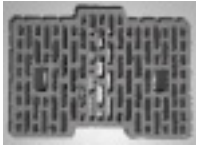

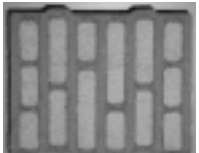
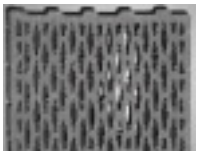
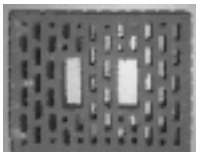
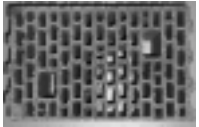


Bild 5: Beispielhaft dargestellte Schnellepegel eines KS-Steines im Vergleich zu einem HLzW

Aus dem Vergleich der frequenzabhängigen Schnellepegel eines ungelochten und eines hochgelochten Steins, wie beispielhaft in Bild 5 dargestellt, wird der Unterschied des „Eigenlebens“ des Steines erkennbar. Die Pegelunterschiede betragen zwischen schweren, ungelochten und leichten, hochgelochten Steinen in Abhängigkeit der Frequenz zum Teil mehr als 20 dB. Insbesondere ist aus dem Bild 5 abzulesen, dass mit der Frequenz die Schnellepegel auf der Rückseite des Hochlochziegels zunehmen. Das frequenzabhängige Resonanzverhalten wird also im Sinne einer bauakustischen Betrachtung mit steigender Frequenz ungünstiger.

Gösele hat bereits 1954 darauf hingewiesen [2], dass man bei massiven, einschaligen Flankenbauteilen die Größe der Schwingungen auf dem Bauteil näherungsweise aus dem Luftschalldämm-Maß R'_w des Flankenbauteils bei direktem Schalldurchgang berechnen kann. Dies wurde auch umfänglich von Schumacher [6] untersucht und dargestellt.

Tabelle 6. Abmessungen, Rohdichte und bew. Schalldämm-Maß der untersuchten Steine

Nr. / Bez.	Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Flächenbez. Masse m' nach Bbl. 1 zu DIN 4109 [kg/m ²]	Direkt-Schalldämm-Maß ³⁾ R_w nach Bbl. 1 zu DIN 4109 mit LM ohne Putzschicht [dB]	Abb.
1 Ziegel 12 DF	247	365	238	800	281	48,5	
2 Ziegel	240	365	250	900	314	49,8	
3 Ziegel 12 DF	248	365	238	800	281	48,5	
4 Ziegel 12 DF	248	365	238	800	281	48,5	

5 Ziegel 12 DF	248	365	238	700	248	47	
6 Ziegel 10 DF	248	300	249	650	191	43,9	
7 Ziegel 10 DF	248	300	249	800	231	46,2	
8 Ziegel 10 DF	247	300	238	700	204	45,5	
9 Ziegel 5 DF	300	240	113	1.200	262	44,8	
10 Ziegel 12 DF	365	240	238	900	206	44,7	
KS Vollstein KS-2.0/5 DF Referenz (11)	240	300	113	2.000	570	56,8	
12 KS Vollstein KS-2.0/2 DF	240	115	113	2.000	219	47,7	

3) Gültig für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{L, \text{Mittel}}$ von etwa 300 kg/m².

Die an den Einzelsteinen vorgenommenen Schnellepegemessungen sind nachstehend grafisch in den Bildern 6 und 7, entsprechend der Gruppierungen der Steindicken und Rohdichteklassen, wiedergegeben.

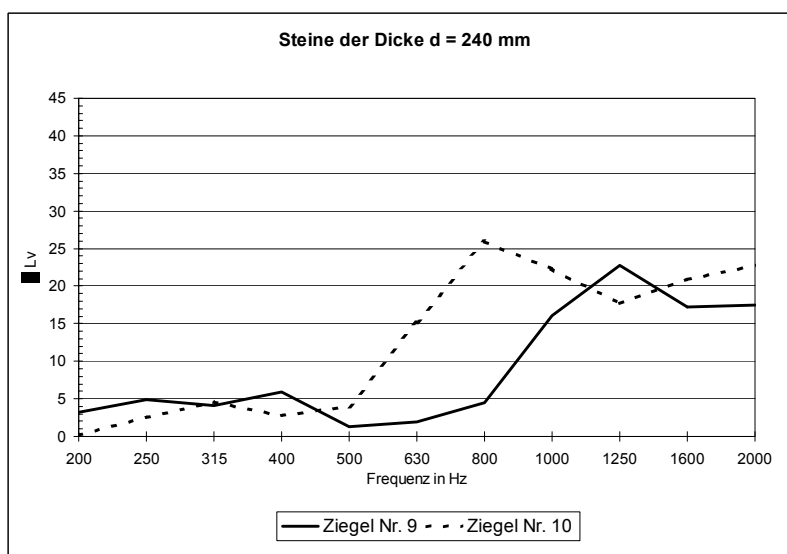
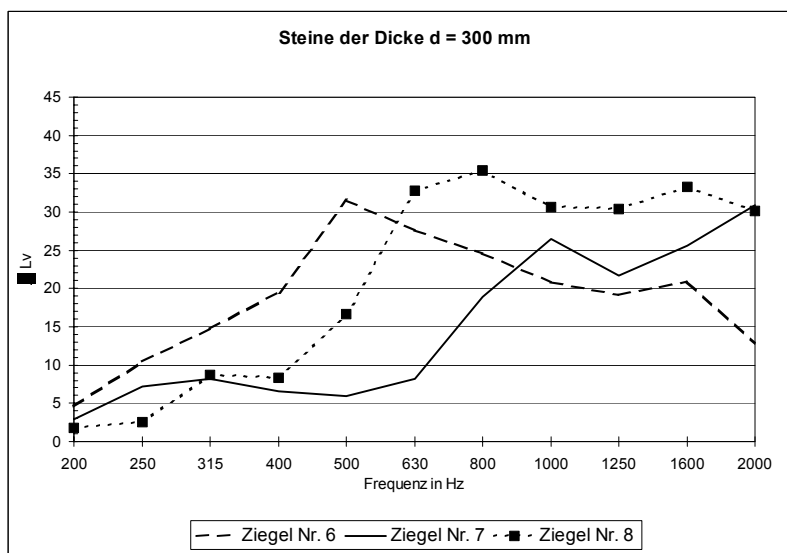
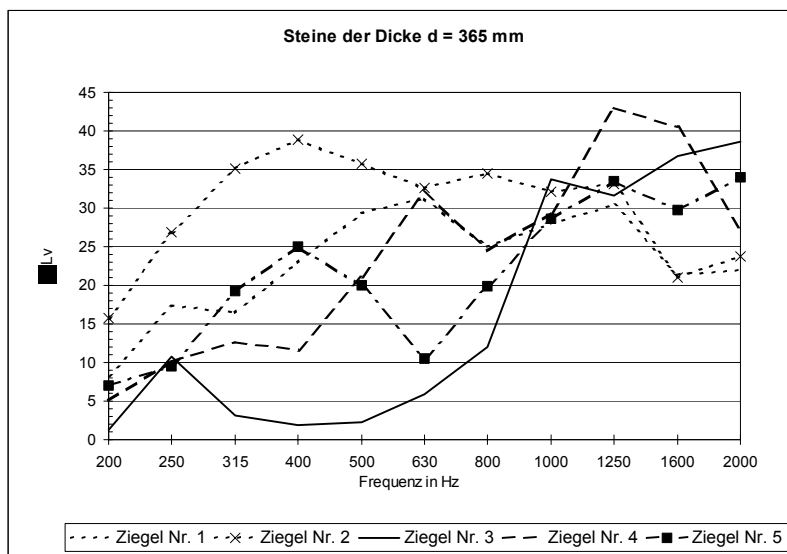


Bild 6: Schnellepegeldifferenz der untersuchten Steine gleicher Dicke

Aus dem Bild 6 ist zu erkennen, dass bei gleichen Steindicken eine große Abweichung unter den einzelnen Ziegelproben besteht. Zur Untersuchung, wie sich die Rohdichte auf die Schnellepegel auswirkt, sind die Ergebnisse in Gruppen gleicher Rohdichte nachstehend in Bild 7 dargestellt.

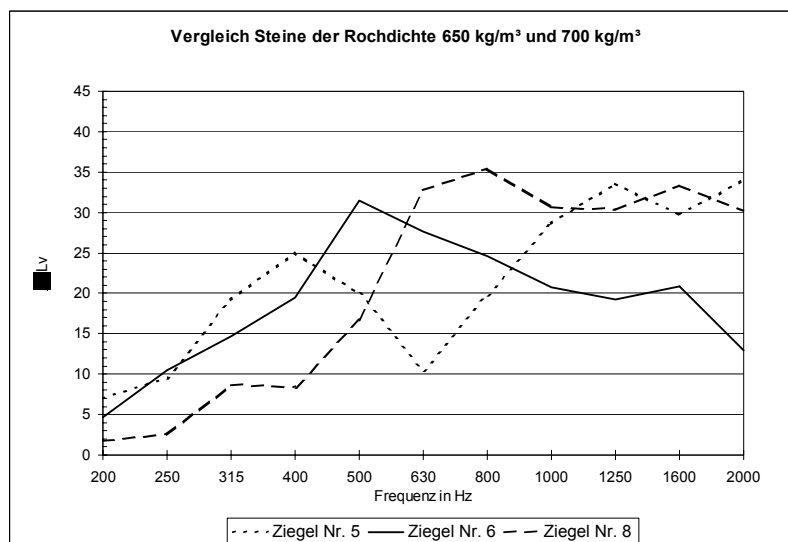
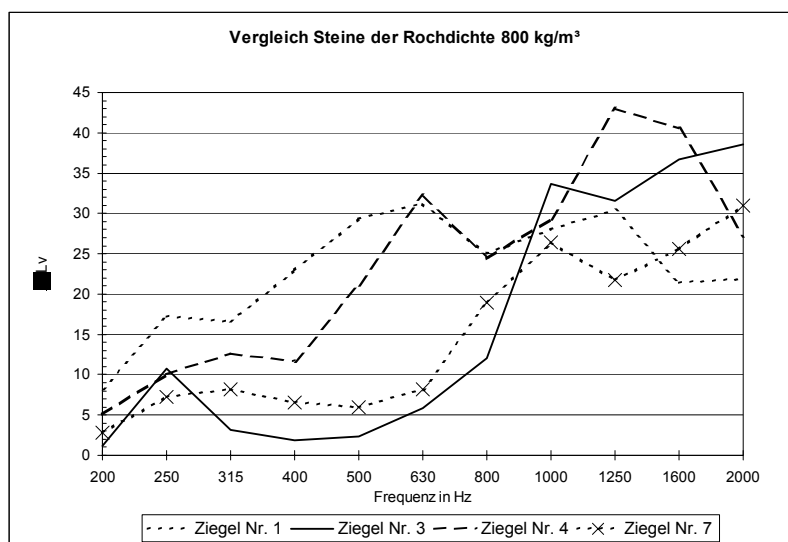


Bild 7: Schnellepegeldifferenz der untersuchten Steine gleicher Rohdichte

Die frequenzabhängigen Schnellepegeldifferenzen in Bild 7 zeigen einen ähnlichen Verlauf wie in Bild 6. Es ist zu erkennen, dass bei gleichen Rohdichten eine große Abweichung unter den einzelnen Steinen im gesamten Frequenzbereich besteht.

3.2 Luftschallschutz - Güteprüfungen

Die Güteprüfungen wurden jeweils am Bau durchgeführt. Dabei wurden unterschiedliche Lochsteine als flankierende Außenwand verwendet. Nachstehend tabellarisch wiedergegebene Schalldämm-Maße wurden ermittelt.

Tabelle 7. Bewertete Schalldämm-Maße im Vergleich berechnet und gemessen.

Flankierendes Bauteil, innen (Innenwände)	Flankierendes Bauteil, außen (Außenwände)	Trennendes Bauteil	Bew. Schalldämm-Maß R'_w in dB	Berechnung nach DIN 4109 $R'_{w,R}$ in dB	Differenz $R'_w - R'_{w,R}$ ΔR in dB
—	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trennwand d = 240 mm $m' = 428 \text{ kg/m}^2$	52	53	-1
Ziegel, RDK 0,8 d = 115 mm Ziegel, RDK 2,0 d = 240 mm	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trennwand d = 240 mm $m' = 428 \text{ kg/m}^2$	54	53	1
Ziegel, RDK 2,0 d = 240 mm	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trennwand d = 240 mm $m' = 460 \text{ kg/m}^2$	57	55	2
GK-Ständer	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trennwand d = 240 mm $m' = 460 \text{ kg/m}^2$	58	55	3
Ziegel, RDK 2,0 d = 240 mm	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trennwand d = 240 mm $m' = 460 \text{ kg/m}^2$	55	55	0
GK-Wand	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trennwand d = 240 mm $m' = 460 \text{ kg/m}^2$	53	55	-2
Ziegel, RDK 0,8 d = 115 mm Ziegel, RDK 2,0 d = 240 mm	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trenndecke d = 190 mm $m' = 437 \text{ kg/m}^2$	56	57,5	-1,5
Ziegel, RDK 0,8 d = 115 mm	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trenndecke d = 190 mm $m' = 437 \text{ kg/m}^2$	56	57,5	-1,5
Ziegel, RDK 0,8 d = 115 mm Ziegel, RDK 1,2 d = 175 mm	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trenndecke d = 190 mm $m' = 437 \text{ kg/m}^2$	57	57,5	-0,5
Ziegel, RDK 0,8 d = 115 mm	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trenndecke d = 190 mm $m' = 437 \text{ kg/m}^2$	56	57,5	-1,5
GK-Wand	Ziegel RDK 0,8 d = 300 mm	Trenndecke d = 180 mm $m' = 414 \text{ kg/m}^2$	60	59	1

Nachstehend werden beispielhaft zwei Luftschalldämmungsmessungen von Geschossdecken mit leichten flankierenden Bauteilen im Detail dargestellt. Die Gebäude sind bis auf die Außenwände baugleich (s. Bild 8). Im Beispiel 1 (Bsp. 1) beträgt die Rohdichteklasse der Außenwand 0,9 und in Beispiel 2 (Bsp. 2) gleich 0,8.

Wohnungstrenndecke

(Konstruktion von oben nach unten):

- schwimmend verlegter Zementestrich, weiterer Aufbau unbekannt
- 180 mm Stahlbetondecke
- Innenputz

Flankierende Bauteile

Außenwand: Bsp. 1: Mauerwerk $d = 365 \text{ mm}$, $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$, beidseitig verputzt

Bsp. 2: Mauerwerk, $d = 365 \text{ mm}$, $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$, beidseitig verputzt

Innenwände: Mauerwerk der Dicke $d = 175 \text{ mm}$ bzw. $d = 115 \text{ mm}$
(Rohdichte unbekannt), beidseitig verputzt

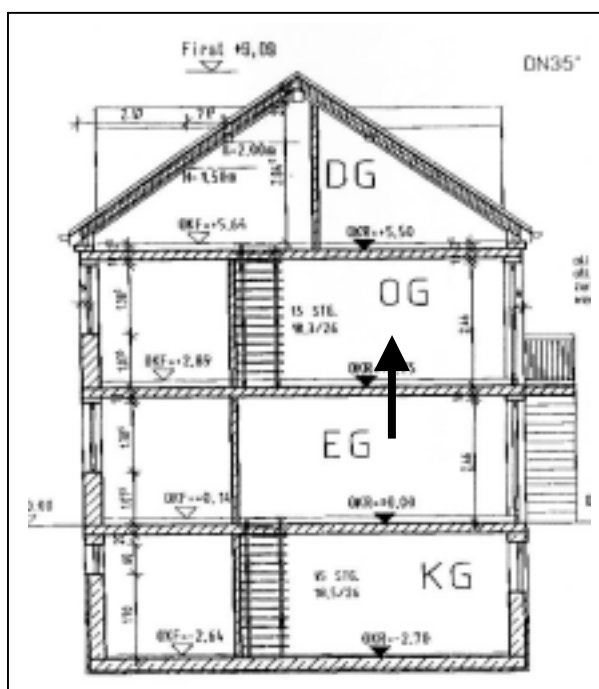


Bild 8: Darstellung der Messrichtung zur Ermittlung des Luftschallschutzes der Trenndecke

Beispiel 1

Beispiel 2

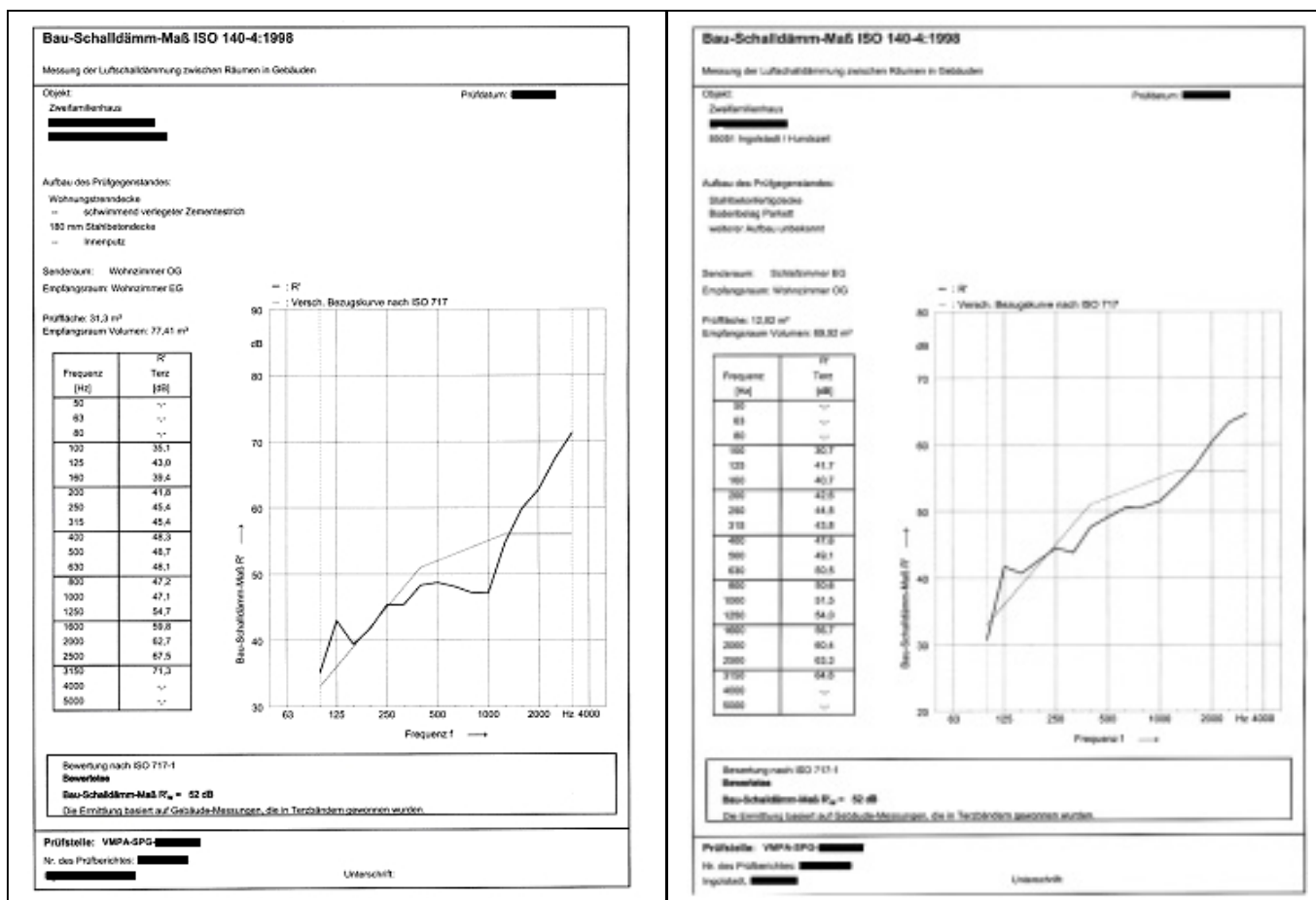


Bild 9: Messtechnisch ermitteltes bew. Schalldämm-Maß der Trenndecken mit jeweils $R'_{w} = 52$ dB

Das rechnerisch zu erwartende bew. Schalldämm-Maß der Trenndecken für die Beispiele 1 und 2 beträgt nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 (11/89):

$$R'_{w,R} = 57 \text{ dB.}$$

Die Differenz zwischen Prognose und Messung beträgt:

$$\Delta R'_{w} = 5 \text{ dB.}$$

Die Ursache des reduzierten Luftschallschutzes in den o.g. Beispielen 1 und 2 sind Schallübertragungen über flankierende Bauteile, insbesondere über die Außenwand der Dicke von 365 mm und einer Rohdichte von 900 kg/m³ (Bsp. 1) bzw. mit einer Rohdichte von 800 kg/m³ (Bsp. 2).

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Schwingverhaltens der Einzelsteine mit den vg. Rohdichten sind in der nachstehenden Grafik in Bild 10 wiedergegeben.

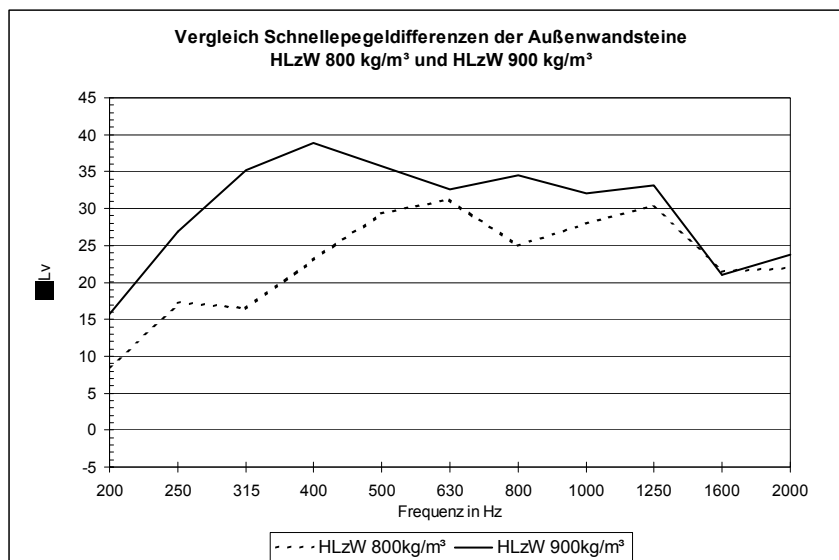


Bild 10: Schnellepegeldifferenz zweier Einzelsteine, HLzW 800 kg/m³ und HLzW 900 kg/m³

Aus dem Vergleich der Grafen in Bild 10 ist gut zu erkennen, dass die höhere Rohdichte deutlich größere Schwingungen zulässt als der Stein mit der niedrigeren Rohdichte. Dieser Zuwachs an „Schwingfähigkeit“ bei steigender Rohdichte entspricht nicht dem theoretisch zu erwarteten Verhalten der Einzelsteine. Mit zunehmender Rohdichte, also mit steigender Masse, hätte die Bereitschaft des Steins Schwingungen auszuführen abnehmen müssen. Dass dies in diesem Fall nicht entsprechend der Theorie eingetreten ist, lässt darauf schließen, dass nicht nur die Rohdichte, sondern, und dies könnte ggf. viel wichtiger sein, das Lochbild bzw. der „Lochflächenanteil“ des Steins und die Ausbildung der Stege verantwortlich für die „Schwingfähigkeit“ des Einzelsteins sind.

3.3 Luftschallschutz – Einfluss der Flankengröße

Die Schallabstrahlung von Bauteilen, hier einer Wand bzw. einer Decke, ist ganz wesentlich davon abhängig, wie groß die Wellenlänge der Schwingungen des Bauteils im Vergleich zur Schallwellenlänge im umgebenden Medium ist. Bei großen Wellenlängen ist die Abstrahlung groß, bei kleinen Wellenlängen ist sie gering. Dieser Zusammenhang wird in der klassischen Biegewellentheorie durch den Abstrahlgrad beschrieben, welcher wesentlich von der Grenzfrequenz abhängt. In der theoretischen Betrachtung von Abstrahlvorgängen von Bauteilen wird unterschieden zwischen den Frequenzbereichen unterhalb, gleich und oberhalb der Grenzfrequenz. Dass gilt auch bei der Schalldämmung von z.B. Wänden oder Decken. Im allgemeinen wird der Abstrahlgrad oberhalb der Grenzfrequenz bei Anregung des Bauteils mit Luftschall ungefähr gleich 1 gesetzt. Die von einem Bauteil abgestrahlte Schall-Leistung ist aber proportional der Bauteilfläche. Es ist deshalb interessant den Einfluss der schallabstrahlenden flankierenden Fläche zu kennen. In der Literatur ist seit längerem bekannt, dass nicht nur die Schall-Längsdämmung der flankierenden Bauteile, sondern auch (und insbesondere) deren geometrischen Abmessungen, also deren Fläche, eine wichtige Einflussgröße für den erzielbaren Luftschallschutz hat.

Nachstehender Zusammenhang zeigt den deutlichen Einfluss zwischen bew. Schalldämm-Maß und Flankengröße bei gleichem trennenden Bauteil.

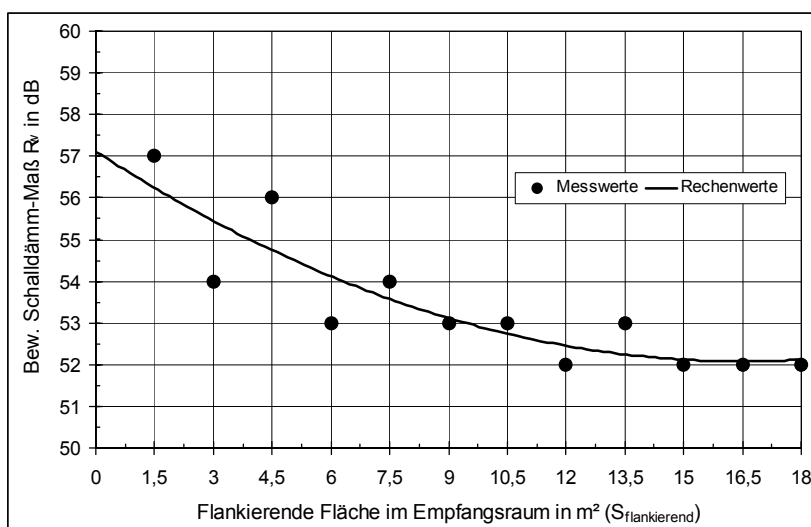


Bild 11: Schalldämmung der Trennwand in Abhängigkeit der freien flankierenden Längswandfläche

Aus der Grafik in Bild 11 wird deutlich, wenn die gesamte Außenwandfläche beidseitig der Trennwand mit einer biegeweichen Vorsatzschale zu Unterdrückung der Flankenübertragung abgedeckt wird, das bew. Schalldämm-Maß der Trennwand $R_w = 57$ dB beträgt.

Dies entspricht dem Schalldämm-Maß der Wohnungstrennwand ohne flankierende Bauteile.

Wird die flankierende Außenwandfläche vergrößert, beträgt das bew. Schalldämm-Maß der Trennwand einschließlich der Flankenübertragung $R_w = 52$ dB.

Durch exponentielle Regression der Messwerte kann ein mathematischer Zusammenhang für die Abhängigkeit des Prüfaufbaus von der Fläche der flankierenden Außenwand abgeleitet werden. Mit den Messergebnissen aus [23] ergibt sich nachstehender theoretischer Zusammenhang.

$$R_w(S_{fl.}) \approx 57 * e^{-0,007 * S} \text{ dB} \quad \text{Gl. (2)}$$

$R_w(S_{fl.})$: bew. Schalldämm-Maß des gesamten Aufbaus in Abhängigkeit von der flankierenden Außenwandfläche S .

3.4 Luftschallschutz – Einfluss der flächenbezogenen Masse

Die Schallabstrahlung von Bauteilen ist, wie oben dargestellt, nicht nur von dem Abstrahlgrad, sondern auch ganz wesentlich davon abhängig, wie groß die Wellenlänge der Schwingungen des Bauteils im Vergleich zur Schallwellenlänge im umgebenden Medium ist. Bei großen Wellenlängen ist die Abstrahlung groß, bei kleinen Wellenlängen ist sie gering. Dieser Zusammenhang wird in der klassischen Biegewellentheorie u.a. durch den Abstrahlgrad beschrieben, welcher wesentlich von der Grenzfrequenz abhängt. Da die Grenzfrequenz proportional der flächenbezogenen Masse und umgekehrt proportional der Biegesteifigkeit ist, wird in der Bauakustik häufig anstelle der Erhöhung der Biegesteifigkeit die Erhöhung der Masse angestrebt. Unterhalb der Grenzfrequenz ist die Schalldämmung um so größer, je größer der Massenwiderstand im Vergleich zum Strahlungswiderstand ist.

Allgemein gilt das sog. Massengesetz der Luftschalldämmung.

$$R = 10 \lg \left(1 + \frac{\omega^2 m'^2 \cos^2 \vartheta}{4 \rho^2 c_0^2} \right) \text{ dB für } f \ll f_g \quad \text{Gl. (3)}$$

Oberhalb der Grenzfrequenz ($f > f_g$) hängt die Schalldämmung nach Gleichung (3) noch von dem Verlustfaktor und der Grenzfrequenz ab, da der Abstrahlgrad oberhalb der Grenzfrequenz ungefähr gleich 1 ist. Der Verlustfaktor kann durch die Körperschallnachhallzeit ausgedrückt werden, so dass die in der Praxis heute übliche Gleichung für das Schalldämm-Maß angegeben werden kann.

$$R = L_S - L_E + 10 \lg \left(\frac{S}{A} \right) \text{ dB} \quad \text{Gl. (4)}$$

Die Gleichung (4) beschreibt das Schalldämm-Maß R und kennzeichnet die Luftschalldämmung nach DIN 4109 von Bauteilen. Bei der Messung zwischen zwei Räumen wird R aus der Schallpegeldifferenz ($L_S - L_E$), der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A des Empfangsraumes und der Prüffläche S des Bauteils das Schalldämm-Maß bestimmt. Die messtechnische Bestimmung der Luftschalldämmung wird in der europäischen Norm DIN EN ISO 140 - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, geregelt. Die Luftschalldämmung von trennenden Bauteilen wird heute immer noch nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 (11/89) auf der Grundlage von Tabelle 1 Bbl. 1 zu DIN 4109 berechnet. Für einschalige, biegesteife Wände enthält Tabelle 1 Rechenwerte des bewerteten Schalldämm-Maßes in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Wände. Die flächenbezogene Masse der Wand ergibt sich aus der Dicke der Wand und deren Rohdichte, gegebenenfalls mit Zuschlag für ein- oder beidseitigen Putz. Für viele Wandbildner, wie z.B. porosierete Leichthochlochziegel, sind die Werte des bew. Schalldämm-Maßes nach Tabelle 1, Bbl. 1 zu DIN 4109 nicht anwendbar. Damit wird im Geschosswohnungsbau die Außenwand als flankierendes Bauteil in deren schalltechnischen Wirkung nicht richtig eingeschätzt. Im Wohnungsbau wird heute die Trennwand häufig in einer Dicke von 240 mm als Füllziegelmauerwerk ausgeführt. Diese Füllziegel sind großkammerige Ziegelwände deren Kammer mit Beton oder Mörtel ausgegossen werden. Die Rohdichte des „Füllmörtels“ ist typischerweise etwa 1.800 kg/m^3 . Zur Ermittlung der

flächenbezogenen Masse kann aber nicht die Dicke des Steins und die Rohdichte des Füllmörtels herangezogen werden. Ein entsprechender Zusammenhang zwischen Schalldämm-Maß und flächenbezogener Masse kann durch Prüfstandsergebnisse hergestellt werden. Die HfT-Stuttgart hat auf der Grundlage von Eignungsprüfungen folgenden Zusammenhang zwischen R_w und m' hergeleitet.

$$R_w = 30,9 \lg(m') - 22,2 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5)}$$

Vergleicht man die Rechenwerte mit den für Verfüllziegelwänden und Ziegelwände kleinere Wanddicke ($d \leq 240 \text{ mm}$) ermittelten Messwerten, dann ergibt sich der folgende funktionale Zusammenhang.

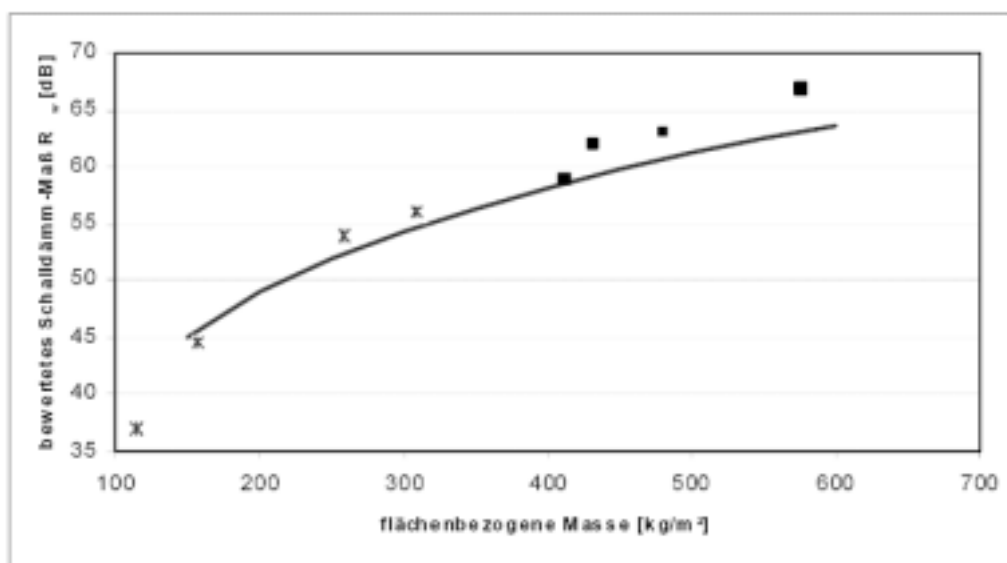


Bild 12: Bewertetes Schalldämm-Maß R_w in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse [21].

- Schalldämm-Maß R_w von Füllziegelmauerwerk ohne Flankenübertragung
- * Schalldämm-Maß R_w von Mauerwerk aus HLz B, $d \leq 240 \text{ mm}$ ohne Flankenübertragung
- Rechenwerte für homogenes Mauerwerk großer Rohdichte nach Gl. (5)

Zur Berechnung des Schalldämm-Maßes für Porenbetonbauteile gilt nachstehende Beziehung zwischen Schalldämm-Maß und flächenbezogener Masse (nach [18]):

$$R_w = 26,1 \lg(m') - 8,4 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (6)}$$

Die Gleichung (6) berücksichtigt kein „Vorhaltemaß“, wie es z.B. in Bbl. 1 zu DIN 4109 Tab. 1 enthalten ist.

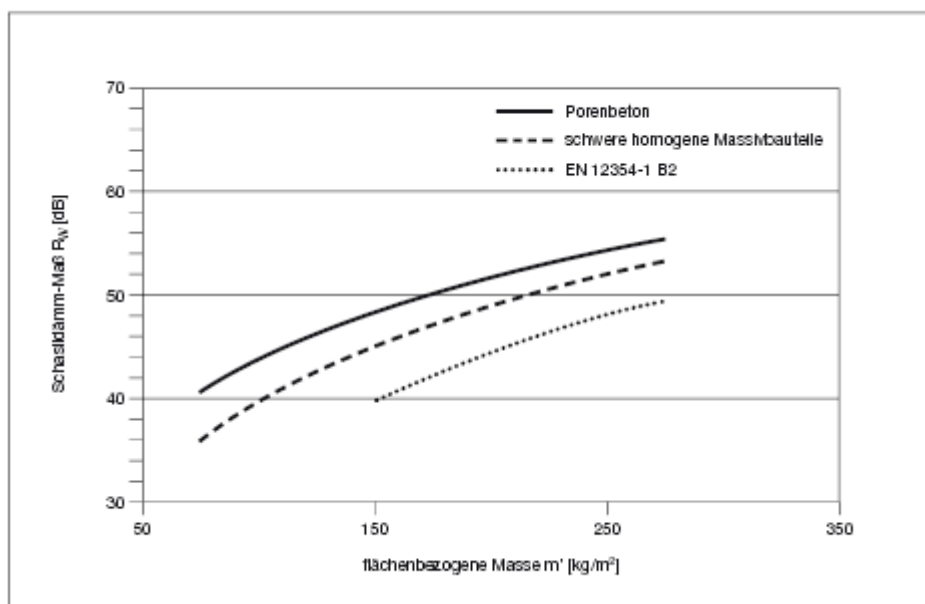


Bild 13: Bewertetes Schalldämm-Maß R_w in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse [18].

4 Schlussfolgerungen

Aus den durchgeführten Untersuchungen und schalltechnischen Prüfungen an Einzelsteinen als auch im Mauerwerksverband, lässt sich nicht pauschal eine bestimmte Ursache des reduzierten Luftschallschutzes von porosierten Leichthochlochziegeln ableiten.

Die für bauordnungsrechtliche Belange erforderliche Berechnung des zu erwartenden Schallschutzes ist bei Lochziegeln schwierig, in zivilrechtlicher Hinsicht zum heutigen Zeitpunkt des Wissensstandes vielleicht sogar unmöglich. Bereits Scholl und Weber [22] haben gezeigt, dass eine sichere Vorhersage des Schalldämmverhaltens von Lochziegeln kaum möglich ist.

Bild 14 zeigt das Schalldämm-Maß von Lochziegeln mit unterschiedlichen Lochbildern nach [22]

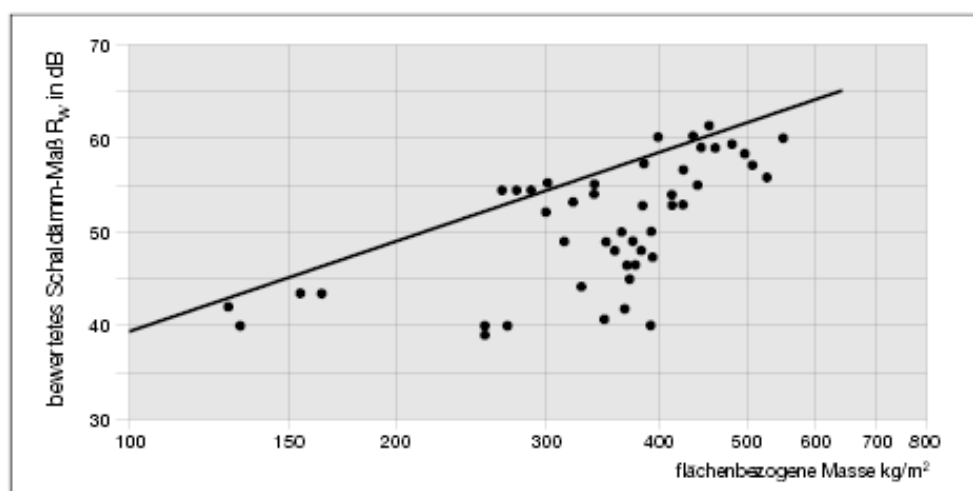


Bild 14: Bewertetes Schalldämm-Maß R_w in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse [22].

Die in Bild 14 dargestellte Gerade (durchgehende Linie) beschreibt das für massive einschalige Wände zu erwartende Schalldämm-Maß.

Die Prognose des zu erwartenden bew. Schalldämm-Maßes von trennenden Bauteilen unter Einbeziehung der flankierenden Bauteile aus leichten Hochlochziegeln auf der Grundlage der DIN 4109 (11/89), oder nach DIN EN 12354-1 (12/2000), ist signifikant fehlerbehaftet. Die Schwankungsbreite des prognostizierten Schallschutzes zum tatsächlich durch Güteprüfung festgestellten Schallschutz beträgt in der Praxis mehr als 3 dB.

Die Abweichungen lassen kaum eine sichere Prognose zu. In der nachstehenden Tabelle 8 sind die nach [10] angegebenen Abweichungen vom erwarteten Wert wiedergegeben:

Tabelle 8: Abweichungen der Schalldämmungsprognose nach [22]

Einflussgröße	$\Delta R'_w$ in dB
Lochbild des Lochsteines	10 – 15 dB
Mörtelart	~ 5 dB
Breite der Mörtelfuge	~ 5 dB
Steinformat	~ 5 dB

Neben den in der Tabelle 8 genannten Einflussgrößen ist insbesondere die hohe Streuung bei den Schalldämmwerten aufgrund des Lochbildes deutlich zu erkennen.

Zusammenfassend bestätigt sich, dass für die Schalldämmwirkung das Mauerwerk neben den Eigenschaften des einzelnen Steins in erheblichem Maße auch die anderen Komponenten der Mauer eine Rolle spielen, deren Wirkung am Einzelstein nur bedingt nachweisbar ist und für deren Anbringung am Einzelstein noch nähere Vorgaben zu machen sind. Hier und in Bezug auf weitere auftretende Schwingungsformen ist noch Forschungsbedarf. Über den Zusammenhang zwischen Einzelsteinverhalten und Schall-Längsdämmung liegen bisher noch keine Erkenntnisse vor. Die schalltechnischen Schwächen von Lochsteinen treten im Prinzip bei homogenen und bei mehrschaligen Wänden auf. Sie wurden nur dort zuerst in den schalltechnisch wichtigen Frequenzbereich geschoben und bemerkt. Die Schwächen beruhen auf dem Auftreten von zusätzlichen Wellentypen entlang den Wänden, zum Beispiel von Dickenschwingungen. Eine Literaturstudie und Ergebnisse des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik zeigen aber, dass alle Elemente eines Mauerwerks eine wesentliche Rolle spielen. Nicht nur das Lochbild selbst, sondern die Steinlänge, die Lager- und Stoßfugenausbildung und der Putz sind im Zusammenwirken zu berücksichtigen. Auch weist die Wand als Ganzes Schwingungsformen auf, die dem einzelnen Stein fehlen. Wie insbesondere neuere Messungen an Bimsbetonmauerwerken zeigen, finden sich offenbar die ent-

scheidenden Schwingungsarten bei einem Verband aus wenigen Steinen im Vergleich zu einer ganzen Wand besser wieder als beim Einzelstein. Bei der Schall-Längsdämmung sind die Verhältnisse komplizierter, da hier vermutlich noch mehr Wellentypen an der Übertragung beteiligt sind und an der Stoßstelle zur Trennwand die Wechselwirkung mit dieser entscheidend mit hinzu kommt. Dabei ist die Längsdämmung von Außenwänden im Wohnungsbau meistens das wichtigere Schallschutzproblem als die Direktschalldämmung nach außen.

Lang [19] zeigte, dass die flankierenden Außenwände den Schallschutz zwischen nebeneinander und zwischen übereinander liegenden Räumen wesentlich (und mehr als die Trennbauteile) bestimmt. Für die Berechnung fehlen vielfach die Angaben über den Schallschutz der eingesetzten Leichthochlochziegel, für die eine Abschätzung nach der flächenbezogenen Masse wegen der im Hinblick auf hohen Wärmeschutz entwickelten Hohlraumanordnung nicht möglich ist [19].

Bei der Außenwand aus Lochsteinen können sowohl das Lochbild als auch weitere Einflussgrößen Auswirkungen auf die Schall-Längsdämmung haben. Insbesondere die Einbindung des trennenden Bauteils als auch die Ausbildung der Putzschichten sind maßgeblich für das am Bau erreichbare bew. Schalldämm-Maß verantwortlich. Die durchgeführten Untersuchungen am Einzelstein zeigten, dass die Rohdichte für die Abschätzung der Dickenresonanz nicht allgemein zielführend ist. Offensichtlich spielen bei der Schallausbreitung längs der Außenwand andere Effekte wie z. B. E-Modul, Körperschall-Nachhallzeit, Putzdicken, Anschlüsse von Decken-Außenwand und Außenwand-Trennwand, sowie Steingröße und Mörtelfuge, eine wichtige Rolle.

Zum jetzigen Zeitpunkt ist die allgemeine rechnerische Prognose des bew. Schalldämm-Maßes von trennenden Bauteilen mit flankierenden Wänden aus porierten Leichthochlochziegeln hoch fehlerbehaftet. Jedoch lässt das Berechnungsmodell nach DIN EN 12354 [24] für die Zukunft ein positives Ergebnis erwarten.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Am Bau liegt der Wertebereich für die Luftschalldämmung von Trennwänden im Geschosswohnungsbau mit Außenwänden aus porosierten Leichthochlochziegeln etwa bei 50 dB bis 56 dB in Abhängigkeit von der Außenwandfläche.
- Sollen Schalldämm-Maße ≥ 54 dB sicher erreicht werden, sind Außenwandflächen von weniger als ca. 2,5 m² erforderlich.
- Höhere Schalldämm-Maße sind unter günstigen Verhältnissen und besonderer Planung möglich.
- Die Schalldämm-Maße von Trennwänden und Trenndecken sind mit üblichen Konstruktionen ausreichend dimensioniert.
- Leichte Innenwände reduzieren das erzielbare bew. Schalldämm-Maß der Trennwand zusammen mit der flankierenden Außenwand maßgeblich.

5 Zusammenfassung

Die heute auf dem Markt verfügbaren Leichthochlochziegel mit sehr guten wärmetechnischen Eigenschaften zeigen schalltechnisch eher kritische Eigenschaften auf. Wird der bauliche Schallschutz objektbezogen berechnet, kann im Zuge der Planung im Geschosswohnungsbau ein be-

wertetes Schalldämm-Maß für Trenndecken von $R'_w = 58$ dB

und für Trennwände von $R'_w = 56$ dB

gewährleistet werden. Damit kann auch mit modernen Ziegeln unter entsprechenden planerischen Berücksichtigungen der physikalischen Eigenschaften von hochporosierten Leichthochlochziegeln ein baulicher Schallschutz sichergestellt werden, der zivilrechtlich auch den Anforderungen nach „Mittlerer Verkehrserwartung“ genügt.

Der in der Literatur (siehe z.B. [20]) dargestellte Sachverhalt, dass Schall-Längsleitung über Außenwände nur in seltenen Fällen von Bedeutung ist, ist nach heutigem Wissensstand nicht mehr

haltbar. Sowohl die Außenwand als auch leichte Innenwände sind, wenn diese als flankierende Bauteile ausgebildet sind, maßgeblich für das resultierende bew. Schalldämm-Maß des sonst ausreichend dimensionierten trennenden Bauteils beteiligt.

Die Berechnung des baulichen Schallschutzes nach DIN 4109 ist für leichte Außenwände nur bedingt möglich. Eine bessere Abschätzung des Luftschallschutzes ist mit der europäischen Norm DIN EN 12354 möglich, wobei vorausgesetzt werden muss, dass hierfür wesentlich mehr physikalische Kennwerten erforderlich sind als nach der vereinfachten Berechnung nach DIN 4109.

Es darf jedoch nicht darüber hinweggetäuscht werden, dass zur Zeit kein gesichertes Berechnungsverfahren besteht, das die Berechnung der resultierenden Schalldämmung eines Bauteils, also der Schallschutz des trennenden Bauteils einschließlich der flankierenden Bauteile, ermöglicht. Insbesondere ist bei Außenwänden als Flankenbauteil die abstrahlende Fläche von wesentlicher Bedeutung, so dass bei gleichen Außenwandkonstruktionen das resultierende bew. Schalldämm-Maß allein durch die Ausbildung flächenmäßig veränderter Flanken um bis zu 4 dB reduziert werden kann.

Bei hochporosiertem Mauerwerk und einer Stahlbeton-Trenndecke von 140 mm bis 220 mm beträgt bei ungünstigen Randbedingungen unabhängig der verwendeten Lochsteine das bew. Schalldämm-Maß ca. 51 – 53 dB. Nur unter zusätzlichen Maßnahmen und / oder Berücksichtigung planungstechnischer Änderungen der Flankenflächen, kann ein bew. Schalldämm-Maß von bis zu 58 dB erzielt werden. Obwohl in Einzelfällen höhere Schalldämm-Maße messtechnisch festgestellt wurden, ist eine in der Planung prognostizierte Schalldämmung mit einem „Vorhaltemaß“ von 2 dB zu belegen. Damit wird sichergestellt, dass ggf. in der Planung nicht korrekt erfasste Einflüsse sich im resultierenden Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils nachteilig für den zu erzielenden Schallschutz auswirken.

Literatur

- [1] Lang, J.: Planung der Erfüllung des normgemäßen Schallschutzes in Gebäuden, wksb 21 (1988)
- [2] Gösele, K.: Der Einfluß der Hauskonstruktion auf die Schall-Längsleitung bei Bauten, Ges. Ing. 75, (1954)
- [3] Gösele, K.: Berechnung der Luftschalldämmung in Massivbauten unter Berücksichtigung der Schall-Längsleitung, Bauphysik 6 (1984), Heft 3
- [4] Gösele, K.: Zur Längsleitung über leichte Außenwände, Bauphysik 12 (1990), Heft 5
- [5] Gösele, K.: Verringerung der Luftschalldämmung von Wänden durch Dickenresonanzen, Bauphysik 12 (1990), Heft 6
- [6] Schumacher, R.: Zur Längsschalldämmung leichter Außenwände, wksb Sonderausgabe (1990), S. 45 - 58
- [7] Lutz, P. und Lott, G.: Einfluß der Dickenresonanz leichter Außenwände auf die Schall-Längsleitung, Veröffentlichung der Fachhochschule für Technik Stuttgart, Tagungsband Bauphysikertreffen, Stuttgart, (1991), Band 12
- [8] Schneider, M., Lutz, P.: Konstruktive Maßnahmen zur Verringerung der Schalllängsleitung bei leichten wärmedämmenden Außenwänden, Veröffentlichung der Fachhochschule für Technik Stuttgart, Tagungsband Bauphysikertreffen, Stuttgart, (1992) Band 16
- [9] Körner, W., Keiper, K., Ziegelmeyer, R.: Schalllängsdämmung porosierter Außenmauerwerke in Abhängigkeit der Stoßstellenausbildung, Fachinformationen-Schriftenreihen 07.93, GSA Limburg, (1993)
- [10] Weber, L., Scholl, W., Literaturstudie über den Einfluss der Lochung auf die Schalldämmung und Schall-Längsdämmung von Mauersteinen. IBP-Bericht B-BA 6/1996, Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart, Forschungsbericht T 2777 Fraunhofer IRB Verlag
- [11] Ruhe, C.: Mehrfamilienwohnhaus mit leichten Innenwänden, ungenügende Luftschalldämmung infolge flankierender biegesteifer Leichtwände. in: Zimmermann, G. (Hrsg.): Bauschädensammlung, Band 11, IRB-Verlag, Stuttgart, (1997).
- [12] Schneider, M., Fischer, H.-M., Bestimmung des schalltechnischen Verhaltens von Mauerwerk aus Hochlochziegeln im Bereich der Stoßstelle. Kurzbericht 1999, FHT-Stuttgart Joseph-von-Egle-Institut, Forschungsbericht 0351/01/99
- [13] Ruhe, C.: Hochporosierte tragende Wände verursachen Schallschutz-Probleme, Deutsches IngenieurBlatt DiB, April 1999
- [14] Ruhe, C.: Einfluss hochporöser Flankenbauteile auf die Luftschalldämmung, Vortrag 2. Informationstag für Schallschutzprüfstellen, Braunschweig, (1999)
- [15] Kötz, W.-D.: Vorbeugender Schallschutz im Wohnungsbau, BbauBl, (2000), H. 12

- [16] Maier, A., Niermann, A., Hiltz, G.: Luftschalldämmung mit Leichthochlochziegeln: Prognose unter Anwendung der DIN EN 12354, Fortschritte der Akustik – DAGA 2001, S. 194 – 195
- [17] Fischer, H.-M., Scholl, W.: Schallschutz im Mauerwerksbau, Mauerwerk-Kalender 2002, S. 547-599
- [18] Fischer, H.-M.: Schallschutz – neue Erkenntnisse / neue Regelwerke
Porenbeton Fachtagung 2003, Bundesverband Porenbeton, Wiesbaden, (2003)
- [19] Lang, J.: Ergebnisse des Vergleichs von Messwerten des Schallschutzes in Gebäuden mit Rechenwerten nach EN 12354, wksb 47 (2001)
- [20] Metzemacher, H.: Konstruktion bis ins Detail – Schallschutz, Ziegel im Dialog: Infotage '95, Arbeitsgemeinschaft Mauerziel, (1995)
- [21] Fischer, H.-M., Schneider, M.: Schallschutz mit Ziegeln – Planungsregeln und baupraktische Lösungen, Vortrag: Mauerwerkstage 2004, Veranstalter Wienerberger Hanover und Schlagmann, (2004).
- [22] Scholl, W., Weber, L.: Schalldämmung von Lochsteinen, Das Mauerwerk (1998), Heft 3
- [23] Prüfbericht Nr. 31038/3 (1998)
Bestimmung der Luftschalldämmung einer Wohnungstrennwand aus Poroton SBZ-Planziegeln 240 flankiert von einer Außenwand aus Poroton-Planziegeln-T16[®], vermauert im V-Plus[®]-System. Baumusterprüfung im Wandprüfstand ohne Flankenübertragung der Fa. Müller-BBM GmbH in Planegg.
- [24] DIN EN 12354-1, Ausgabe:2000-12
Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen; Beuth Verlag Berlin