

mein
ziegelhaus

jetzt zukunft bauen



BAUPHYSIK

SCHALL- UND LÄRMSCHUTZ MIT ZIEGELMAUERWERK



Mein Ziegelhaus. Denn Ziegel ist Zukunft.

Ziegelwerk Bellenberg, 89287 Bellenberg	☎ 0 73 06 - 96 50 - 0	info@ziegelwerk-bellenberg.de	www.ziegelwerk-bellenberg.de
JUWÖ Poroton Werke, 55597 Wöllstein	☎ 0 67 03 - 910 - 0	info@juwoe.de	www.juwoe.de
Ziegelwerk Klosterbeuren, 87727 Babenhausen	☎ 0 83 33 - 92 22 - 0	info@zwk.de	www.zwk.de
Ziegelwerk August Lücking, 33102 Paderborn	☎ 0 52 51 - 13 40 - 0	info@luecking.de	www.luecking.de
Stengel Ziegel, 86609 Donauwörth	☎ 09 06 - 706 18 - 0	info@stengel-ziegel.de	www.stengel-ziegel.de
Zeller-Poroton, 63755 Alzenau	☎ 0 60 23 - 97 76 - 0	info@zellerporoton.de	www.zellerporoton.de
Südwest Ziegel GmbH, 87700 Memmingen	☎ 0 83 31 - 96 40 - 0	info@sw-ziegel.de	www.sw-ziegel.de

EDITORIAL

Dipl.-Ing. Hans Peters
Geschäftsführer Mein Ziegelhaus



Ruhe und Geborgenheit in den eigenen vier Wänden. Dies ist der zentrale Wunsch aller Bauherren. Wenn darüber hinaus heute als erwiesen gilt, dass zu viel und zu lauter Lärm krank macht, dann verdeutlicht dies die zentrale Bedeutung des baulichen Lärm- und Schallschutzes für den Eigenheim- und Mietwohnungsbau unmittelbar. Dies ist vor allem bemerkenswert, da aktuell die Nachweisverfahren im Umbruch sind und insbesondere die Anforderungen in die Diskussion geraten sind. Der traditionelle Wohnungsbau mit Mauerwerk muss sich daher den Erfordernissen stellen, die Planungssicherheit sowohl für den Lärmschutz der Fassade gegen Verkehrslärm als auch den Schallschutz gegen die Schallübertragung aus fremden Wohn- und Arbeitsbereichen zu verbessern.

Mein Ziegelhaus hat nicht nur mit speziell entwickelten Ziegeln den Qualitätsstandard hinsichtlich des Schallschutzes weiterentwickelt, sondern auch mit der Erarbeitung einer Software das notwendige Ingenieur Know-how erarbeitet. Die mathematisch-physikalischen Lösungsansätze wurden dabei von der gesamten Ziegelindustrie in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin auf Grundlage der zukünftigen europäischen Normung entwickelt.

Gerade die mit Mineralwolle gefüllten Ziegel der MZ-Reihe von Mein Ziegelhaus weisen neben ihrer besonderen Stabilität eine hohe innere Dämpfung auf und erreichen somit bei außergewöhnlich gutem Wärmedämmvermögen sehr gute Schalldämmerte. Mit dem TS12 stellt Mein Ziegelhaus einen klassischen, extrem ausgesteiften Ziegel vor, der als Allrounder den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht wird. Die speziellen Schallschutzfüllziegel, die ihre große Masse durch eine Betonfüllung auf der Baustelle erhalten und damit für den Rohbau einen schnellen Baufortschritt garantieren, sind ebenfalls nochmals optimiert worden.

Mit der vorliegenden Broschüre stellen wir Ihnen den aktuellen Stand der Technik für die Bewertung und Berechnung des Lärm- und Schallschutzes für Eigenheim- und Wohnungsbau mit Mauerwerk vor; Beispiele runden das Thema ab. Selbstverständlich sind wir Ihre Partner für alle bautechnischen Fragestellungen – sprechen Sie uns an! Unsere Bauberater stehen Ihnen gerne mit Rat und Tat zur Seite.

SCHALL- UND LÄRMSCHUTZ MIT **ZIEGELMAUERWERK**

Zu den wichtigsten persönlichen
Schutzzielen im Wohnungsbau
gehört der bauliche Schallschutz.





Neben den für die Sicherheit von Bauwerken objektiven zahlenmäßigen Anforderungen an die Tragfähigkeit des Mauerwerks, den Brand- und Wärmeschutz, handelt es sich bei der Schalldämmung um eine Eigenschaft, die in erster Linie durch die subjektive Wahrnehmung störender Schallereignisse, vom Bewohner durchaus unterschiedlich wahrgenommen werden kann. Der Schallschutz in einem Gebäude wird daher im Regelfall über einen Mindestwert hinausgehen und auf die Bedürfnisse des Nutzers ausgelegt.

Der mit den Sinnen wahrnehmbare Schallschutz wird wesentlich durch den stets vorhandenen Grundgeräuschpegel innerhalb einer Wohnung aber auch aus dem Wohnumfeld von außen bestimmt. Neben Geräuschen von Geräten und Einrichtungsgegenständen z.B. Kücheneinrichtungen, wie Kühlschrank, Uhren etc. trägt der von außen eindringende Umgebungslärm zum Grundgeräuschpegel bei. So ergibt sich in Wohnräumen ohne Aktivitäten ein sehr geringer Grundgeräuschpegel, wenn das Gebäude in einer sehr ruhigen Außenumgebung liegt und die Schalldämmung der Außenbauteile hoch ist. Die Wahrnehmbarkeit störender Geräusche aus Nachbarwohnungen kann sich dadurch ebenfalls erhöhen.

Wahrnehmbarkeit	Bewertetes Bauschalldämm-Maß R'_w in dB	
	Grundgeräusch 20 dB (A)	Grundgeräusch 30 dB (A)
nicht zu hören	67	57
zu hören, jedoch nicht zu verstehen	57	47
teilweise zu verstehen	52	42
gut zu verstehen	42	32

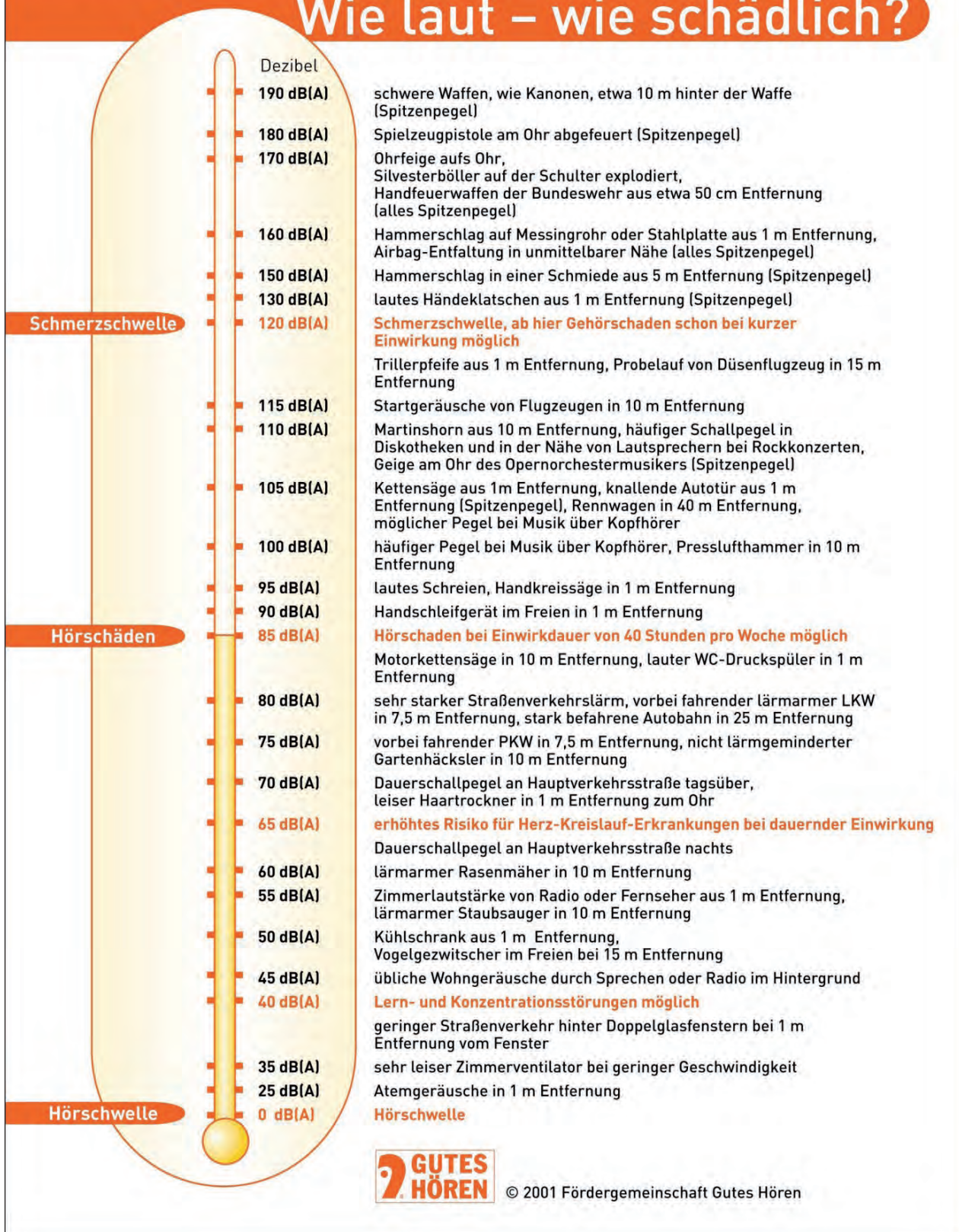
Subjektive Wirkung von Schalldämm-Maßen bezogen auf die Lärmquelle mit Durchhören „normal-lauter Sprache“ in Abhängigkeit des Grundgeräuschpegels im Raum und der Schalldämmung des Trennbautels

TABELLE 1: nach Gösele/Schüle/Künzel [1]

Tabelle 1 zeigt, dass eine absolute Ruhe innerhalb einer Wohnung eines Mehrfamilienhauses kaum erreicht werden kann, da die Geräuschentwicklung nicht immer beeinflussbar ist. Bild 1 veranschaulicht die alltäglichen Lärmpegel verschiedener Verursacher und ermöglicht somit eine vergleichende Abschätzung der Störwirkung.

Das LÄRMOMETER

Wie laut – wie schädlich?



© 2001 Fördergemeinschaft Gutes Hören

Bereits in einer frühen Planungsphase sollte das gewünschte Schutzziel festgelegt werden. Als Basis dienen immer die bauordnungsrechtlichen Anforderungen nach der DIN 4109, die nicht unterschritten werden dürfen. Darüber hinaus kann der Bauherr höhere Standards, z.B. nach DIN 4109 Beiblatt 2 oder der VDI-Richtlinie 4100 oder der DEGA [2-4] definieren und mit dem Planer oder Errichter des Gebäudes vereinbaren. Heute übliche Qualitäts- und Komfortstandards erfordern unter Umständen erhöhte Maßnahmen zum Schallschutz. Die Rechtsprechung des Bundesgerichtshof (BGH) hat gefordert, den Schallschutz im gehobenen Wohnungsbau so zu gestalten, dass er den Erwartungen des Gebäudenutzers entspricht. Daher ist es sinnvoll, das gewünschte Schallschutzniveau transparent darzustellen und vertraglich zu vereinbaren [5].

Medium	Schallgeschwindigkeit in m/s
Luft	343
Helium	980
Wasser	1450
Gummi	150
Ziegelscherben	3000 - 3500
Hartholz	3300
Beton	3600 - 4500
Glas	5500
Stahl	5900

Schallgeschwindigkeit in unterschiedlichen Stoffen

TABELLE 2

Grundlagen

Die Wahrnehmung von Schallereignissen ist eine Folge sich bewegender Luftmoleküle, die das Trommelfell eines Menschen in Schwingungen versetzen. Dabei werden Luftmoleküle durch den Anstoß von Nachbarmolekülen zu gleichartigen Schwingungen angeregt. Die Bewegung der Moleküle geschieht um eine fiktive Achse, sodass sie sich nicht selbst über größere Entfernungen fortbewegen. Eine vollständige Schwingung innerhalb einer Zeitperiode wird durch eine Wellenbewegung beschrieben: Die sogenannte Schallwelle. Diese Schallwellen werden durch die Wellenlänge, die von der Frequenz abhängig ist, beschrieben. Je höher die Frequenz (Einheit Hz), desto geringer die Wellenlänge. Die Wellenlänge von Schallwellen ist darüber hinaus vom Ausbreitungsmedium

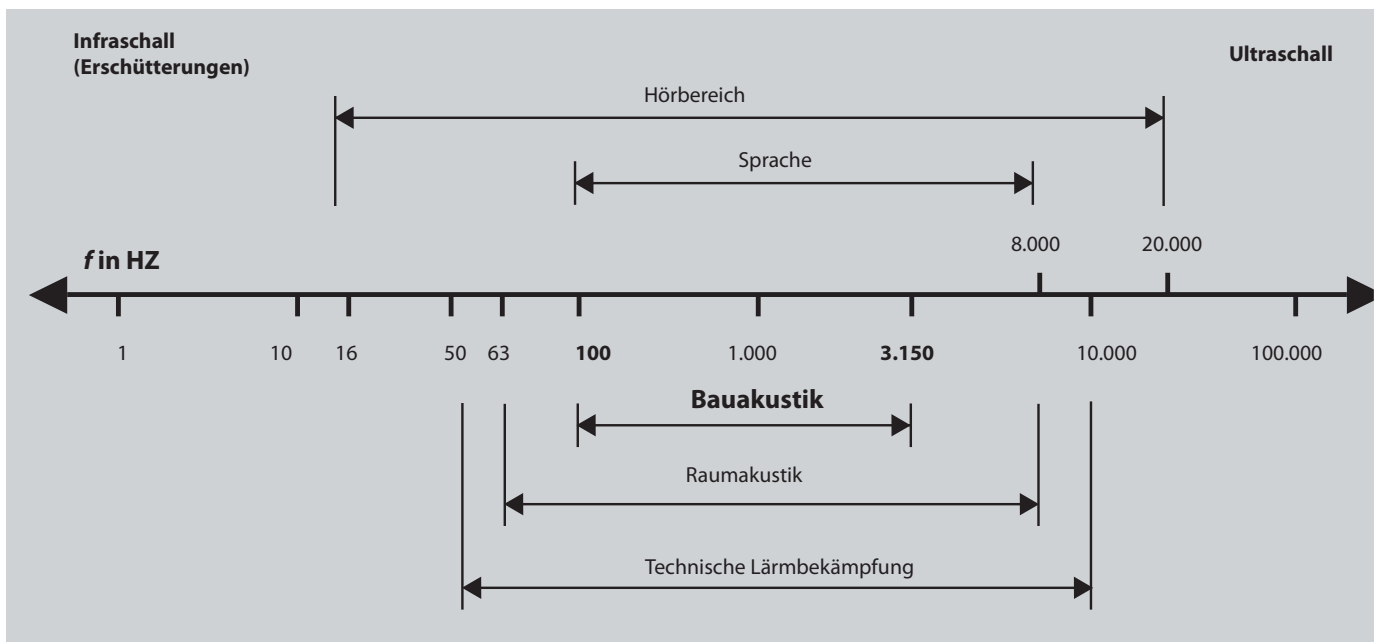


abhängig, das durch die Schallausbreitungsgeschwindigkeit beschrieben werden kann.

Die Schallgeschwindigkeit c in unterschiedlichen Stoffen kann Tabelle 2 entnommen werden. Die Schallgeschwindigkeit ist in homogenen Stoffen in der Regel konstant und abhängig von der Dichte und dem E-Modul. Sie wird mit $c = 343 \text{ m/s}$ für 20 °C in Luft bei Normaldruck (1.013 hPa) angegeben. Ein Ändern der Frequenz eines Tones verursacht keine Änderung der Schallgeschwindigkeit, sondern eine Veränderung der Wellenlänge.

Der akustische Frequenzbereich umfasst ein Spektrum zwischen etwa 16 und 20.000 Hz (Bild 2). Für die Beurteilung störender Geräusche in

der Bauakustik wird üblicherweise der Frequenzbereich zwischen 100 und 3.150 Hz herangezogen. Dieser umfasst den wesentlichen Teil der menschlichen Sprache, in dem gesprochene Informationen einen hohen Informationsgehalt haben, d.h. die Verständlichkeit von Sprache ist hier am höchsten.



Akustischer Frequenzbereich mit hohem Informationsgehalt der menschlichen Sprache

BILD 2

Die vom menschlichen Ohr empfundene Lautheit oder umgangssprachlich auch Lautstärke ist neben dem Schalldruckpegel auch von der Frequenz der Töne abhängig. Bild 3 zeigt die in der Normung festgelegten Zusammenhänge auf. Die Größe des Lautstärkepegels in phon dient in der Praxis hauptsächlich der Erkennung gleicher Lautstärken über die sogenannten Isophone, d.h. den Kurven gleicher Lautstärke.

Der Schalldruck p als wichtigste Beurteilungsgröße von Schallereignissen ist der durch die periodische Schallschwingung erzeugte Wechseldruck in der Luft, in Gasen oder Flüssigkeiten, der sich dem statischen Druck in dem jeweiligen Medium überlagert. Der Schalldruck wird mit einem Mikrofon gemessen. Der Schalldruckpegel ist nicht identisch mit Begriffen, die das Schallempfinden beschreiben, wie z. B. Lautstärkepegel oder Lautheit.

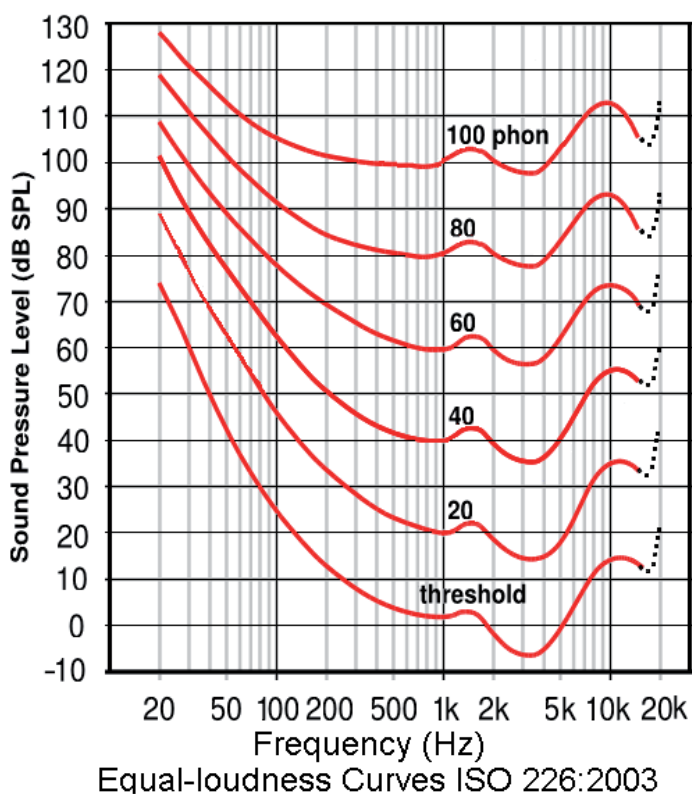
Der Schalldruckpegel L , auch kurz Schallpegel genannt, ist eine Messgröße zur Beurteilung von Schallereignissen in der Bauakustik. Er ist der zehnfache Logarithmus vom Verhältnis des Quadrats des jeweiligen

Schalldrucks p zum Quadrat des festgelegten Bezugsschalldrucks p_0 und wird in Dezibel (dB) angegeben. Der Bezugsschalldruck der Hörschwelle d.h. der durch den Menschen gerade eben wahrnehmbare Schalldruck beträgt $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

$$L = 10 \lg (p^2 / p_0^2) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

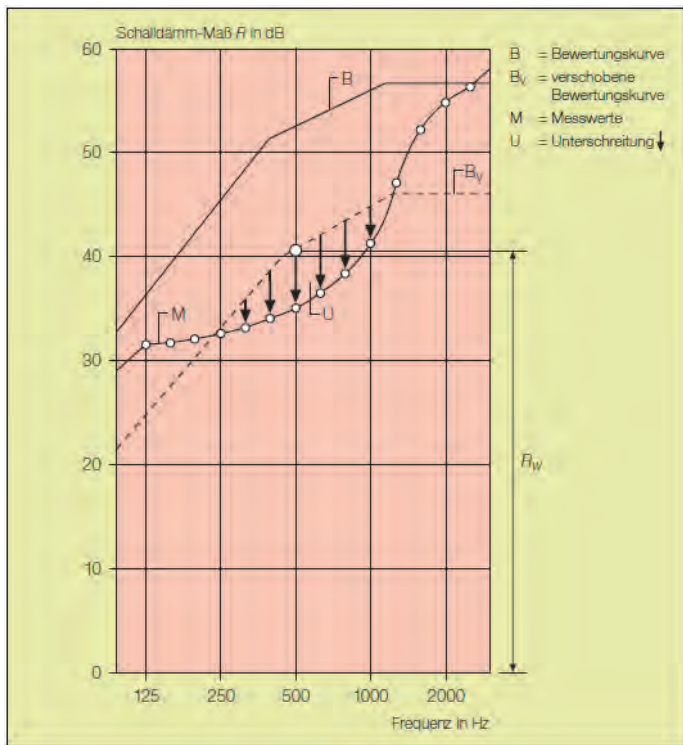
Der Schalldruck ist somit auch eine energetische Kenngröße. Durch schalldämmende Maßnahmen wird die durch den Schalldruck erzeugte Energie aufgenommen, absorbiert und in mechanische Energie als sogenannter Körperschall umgewandelt. Der Widerstand eines Bauteils gegen die Weiterleitung des Körperschalls entspricht der Schalldämmung.

Die rechnerische Bewertung bauakustischer Maßnahmen erfolgt in der Regel nicht frequenzabhängig mit unterschiedlichen Zahlenangaben für die einzelnen Frequenzen. Auch die Messung von Schalldruckpegeln wird nur für bestimmte repräsentative Frequenzen vorgenommen.



Kurven der frequenzabhängigen Lautstärkeempfindung in phon, abhängig vom Schalldruckpegel (SPL) der Schallquelle

BILD 3



Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w

BILD 4

Diese Unterteilung eines Geräusches in Frequenzbereiche erfolgt durch sogenannter Terzfilter. Eine Terz entspricht einer Drittel Oktave. Eine Oktave bedeutet wiederum eine Verdoppelung bzw. Halbierung der Frequenz. Eine Terzfilter-Analyse ist daher die Zerlegung eines Geräusches in Frequenzbereiche von der Breite einer Terz. Bei bauakustischen Messungen werden in der Regel Terzfilter verwendet. Diese repräsentieren folgende Frequenzunterteilungen: 50, 63, 80 Hz für die erste Oktave, 100, 125, 160 Hz für die zweite und bis 3150, 4000, 5000 Hz für die siebte Oktave des bauakustischen Spektrums.

Nach der Bestimmung der Schallpegel für Frequenzbereiche wird eine Einzulangabe des Schalldruckpegels oder auch der Schalldämmung ermittelt und als kennzeichnende Größe verwendet. Für die Luftschallübertragung wird das bewertete Schalldämm-Maß R_w als Einzulangabe zur einfachen Kennzeichnung von Bauteilen herangezogen. Die in einem Prüfstand ohne Nebenwege terzweise gemessenen Schalldämm-Maße R werden mit einer Bezugskurve verglichen, die mit ihrem Verlauf der Empfindlichkeit des menschlichen Ohres Rechnung trägt. Dabei wird die Bezugskurve so lange in Schritten von 1 dB verschoben,

bis die mittlere Unterschreitung der verschobenen Kurve unterhalb der Messkurve so groß wie möglich ist, jedoch nicht mehr als 2 dB beträgt. Als Einzulangabe wird das Schalldämm-Maß der Bezugskurve bei 500 Hz angegeben und mit dem Index w versehen.

Die Schalldämmung zwischen zwei Räumen wird über das aus der bisher üblichen Praxis bekannte Bau-Schalldämm-Maß R'_w unter Berücksichtigung der Nebenwegübertragung der flankierenden Bauteile definiert und ist im Gegensatz zum R_w -Wert keine reine Bauteilkenngöße. Das Bau-Schalldämm-Maß beschreibt die Schalldämmung zwischen zwei Räumen und wird in einer Schallschutzbemessung mit dem Anforderungswert verglichen. Die messtechnische Ermittlung der bewerteten Einzulangabe dieses R'_w erfolgt nach dem gleichen Verfahren gemäß Bild 4.

ANFORDERUNGEN AN DEN SCHALLSCHUTZ IM WOHNUNGSBAU

Die Anforderungen an den Schallschutz werden nach wie vor durch das bewertete Schalldämm-Maß R'_w für die Luftschalldämmung, den bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ zur Beurteilung der Trittschalldämmung und die A-bewerteten Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ zur Beurteilung der Geräusche von Wasserinstallationen und haustechnischen Anlagen gestellt.

Dabei müssen die Anforderungen nach den Ruhebedürfnissen der unterschiedlichen Wohnformen differenziert werden.

Einfamilienhäuser

In Einfamilienwohnhäusern ist der Schallschutz innerhalb des Hauses allein Angelegenheit des Bauherrn. Das Familienleben bringt es mit sich, dass zum Schutz des individuellen Ruhebedürfnisses eine gegenseitige Rücksichtnahme vereinbart werden kann. Aus diesem Grunde werden von der Bauordnung und

auch von der gängigen Rechtsprechung keine Anforderungen an den Schallschutz innerhalb solcher Gebäude gestellt. Sollte aus besonderen Gründen z.B. bei Vorhandensein eines Musikzimmers oder anderer „lauter Räume“ ein verbesserter Schallschutz zu Ruheräumen bestehen, muss dies bereits in der Planung berücksichtigt und eine qualitativ höherwertige Ausführung der Trennbauteile ausdrücklich vereinbart werden. Auf Grund der häufig einfachen Zimmertüren innerhalb von Wohnungen und vor allem beim Einsatz von mechanischen Wohnungslüftungsanlagen sind besondere Schalldämm-Maße nur mit zusätzlichen baulichen Maßnahmen zu erreichen.

Bauordnungsrechtlich geregelt ist dagegen der Schallschutz gegenüber Außenlärm. Dies gilt unabhängig von der Wohnform immer dann, wenn passive Maßnahmen d.h. Schallschutzmaßnahmen an der Gebäudefassade zum Schutz gegenüber nicht zu beeinflussen-dem Verkehr oder ähnlichem erforderlich wer-

den. In diesem Fall werden die Anforderungen z.B. durch den Einsatz von Schallschutzfenstern unter Umständen auch in Verbindung mit Lüftungsanlagen erfüllt.

Reihenhäuser/Doppelhaushälften

In Reihenhäusern und Doppelhaushälften der Wohnform Einfamilienhaus gelten prinzipiell dieselben Anforderungen wie in Einfamilienhäusern. Eine Ausnahme bildet jedoch die Haustrennwand. Durch diese, in der Regel zweischalige Ausführung, soll eine Geräuschbelastigung aus dem benachbarten Gebäude in ähnlicher Weise unterdrückt werden – wie bei einem freistehenden Gebäude. Daher werden Anforderungen an die Luftschalldämmung sowie den Trittschallpegel bereits bauordnungsrechtlich relativ hoch geregelt und gehen neuerdings davon aus, dass eine zweischalige Haustrennwand die Regelkonstruktion darstellt. Diese Festlegungen greifen die seit Jahren gängige Rechtsprechung eines gegenüber

Mehrfamilienhäusern deutlich höheren Schutzziels der Bewohner auf [3, 4, 5].

Mehrfamilienwohnhäuser

Die Festlegung des Schallschutzniveaus in Mehrfamilienhäusern ist immer eine Einzelfallbetrachtung. So spielt der Baustandard, die Bauweise und die Wohnform eine wichtige Rolle bei der Höhe des Schallschutzniveaus. Im Mietwohnungsbau zur Schaffung kostengünstigen Wohnraums ist grundsätzlich der Mindestschallschutz nach DIN 4109 geschuldet. Dieser Schallschutz gewährt bei gegenseitiger Rücksichtnahme der Bewohner die Gewährleistung des Ruhebedürfnisses in be-

nachbarten Wohnungen. Dieses Schallschutzniveau wird bauordnungsrechtlich eingefordert und kann in allen Aufenthaltsräumen einer Wohnung erwartet werden.

Im Eigentumswohnungsbau können je nach Ausstattung und Lage der Wohnungen höhere Schallschutzniveaus als Standard angesehen werden. Die Bandbreite der Schalldämmmaße bzw. Trittschallpegel ist dabei abhängig vom Zuschnitt der Wohnungen, von der ausgeführten Konstruktion und damit in erster Linie vom Komfortstandard und zu allerletzt vom Kaufpreis. In Komfortwohnungen kann nicht nur der Schallschutz gegenüber den Nachbarwohnungen ein hohes Niveau erfordern, sondern auch der Schallschutz innerhalb der

Wohnung, ähnlich wie bei Einfamilienhäusern, gesondert vereinbart werden. Da die Definition eines erhöhten Schallschutzes viele Einzelaspekte betrifft, ist in solchen Fällen immer eine gesonderte, planerische Leistung zu erbringen. Die pauschale Festlegung eines erhöhten Schallschutzniveaus im Wohnungsbau ist eher untauglich, allen Schallschutz-Bedürfnissen der Bewohner Rechnung zu tragen. Vor diesem Hintergrund sollte stets ein Bauphysiker eingeschaltet werden.

Die folgende Tabelle 3 zeigt eine Gegenüberstellung der Schallschutzanforderungen mit qualitativen Beschreibungen der Maßnahmen.

Geräuschbelastigung durch	Einfamilienhaus freistehend	Einfamilienreihen- oder -doppelhaus	Mehrfamilienhaus
Außenlärm	Durch Straßenverkehr, Schienenverkehr und Fluglärm		
Bauordnungsrechtliche Maßnahme:	Schalldämmung der Fenster, Dächer und Außenwände beachten		
Nachbarn	nicht unmittelbar vorhanden	im Nachbargebäude	in der Nachbarwohnung
Bauordnungsrechtliche Maßnahme:	nicht erforderlich	2-schalige Haustrennwand	24 cm Wohnungstrennwände, ≥ 20 cm Stahlbetongeschossdecken mit schwimmendem Estrich
Erhöhter Schallschutz	nicht erforderlich	2-schalige Haustrennwand aus schwerem Mauerwerk, Trennung der Bodenplatte, etc.	ggfs. 30 cm Wohnungstrennwände, optimierte Grundrisssanordnung, hochwertige Wohnungstüren, leichte Innenwände aus GK-Ständerwerk
Mitbewohner in der selben Wohnung	Nur bei gesonderter Festlegung des Bauherrn zu berücksichtigen		
Maßnahme:	optimierte Grundrissplanung mit Trennung lauter Räume (Bad, Küche, Spielzimmer) zu ruhigen Räumen (Schlafen); hochwertige Innentüren, massive Innenwände; kurze Raumnachhallzeiten durch Bedämpfung		

Gegenüberstellung der Schallschutzanforderungen mit qualitativen Beschreibungen der Maßnahmen

TABELLE 3

Die zahlenmäßigen Anforderungen an die Luftschalldämmung in Mehrfamilienhäusern, die bauordnungsrechtlich mindestens einzuhalten sind, sowie der Beginn eines erhöhten Schallschutzes enthält die folgende Tabelle 4. Die erforderlichen Bau-Schalldämm-Maße R'_{w} zwischen Räumen fremder Nutzungen sind DIN 4109 [2] entnommen.

Luftschalldämmung über		Bauordnungsrechtlicher Schallschutz	Beginn eines erhöhten Schallschutzes
		erf. R'_{w}	R'_{w}
Decken	Wohnungstrenndecken zwischen fremden Räumen	54 dB	≥ 57 dB
	Kellerdecken, Decken zu Hausfluren und Treppenträumen	52 dB	≥ 57 dB
	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen	53 dB	≥ 57 dB
	Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen	55 dB	≥ 57 dB
Wände	Wohnungstrennwände zwischen fremden Räumen sowie Treppenraumtrennwände und Wände neben Hausfluren ¹⁾	53 dB	≥ 56 dB
Türen	Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen in Flure und Dielen von Wohnungen oder Arbeitsräumen führen	27 dB	≥ 37 dB
	Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen unmittelbar in Aufenthaltsräume – außer über Flure und Dielen – von Wohnungen führen	37 dB	– ²⁾

¹⁾ Für Wände mit Türen gilt R'_{w} (Wand) = $R_{w,p}$ (Tür) + 15 dB. Wandbreiten < 30 cm bleiben unberücksichtigt.
²⁾ Ist möglichst zu vermeiden – Türen mit $R_{w,R} > 37$ dB baupraktisch kaum erreichbar.

Erforderliche Luftschalldämmung zwischen Wohnungen in Mehrfamilienhäusern

TABELLE 4

Die zahlenmäßigen Anforderungen an die Trittschalldämmung in Mehrfamilienhäusern, die bauordnungsrechtlich mindestens einzuhalten sind, sowie der Beginn eines erhöhten Schallschutzes enthält die folgende Tabelle 5. Die zulässigen Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ zwischen Räumen fremder Nutzungen sind DIN 4109 [2] entnommen.

Trittschalldämmung ¹⁾ von Decken und Fußböden		Bauordnungsrechtlicher Schallschutz	Beginn eines erhöhten Schallschutzes
		erf. $L'_{n,w}$	$L'_{n,w}$
Decken	Wohnungstrenndecken zwischen fremden Räumen und Decken allgemein	50 dB	≤ 46 dB
	Decken unter/über Spiel- und ähnlichen Gemeinschaftsräumen	46 dB	
	Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen und Decken unter Laubengängen	53 dB	
	Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei oder mehr Geschosse erstrecken	53 dB	
	Decken unter Bad und WC ohne und mit Bodenentwässerung	53 dB	
	Decken unter Hausfluren	50 dB	
Treppen	Treppenläufe und -podeste	53 dB	

¹⁾ Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung.

Erforderliche Trittschalldämmung zwischen Wohnungen in Mehrfamilienhäusern

TABELLE 5

Nach DIN 4109 [2] bestehen folgende Anforderungen an die Geräusche von Wasserinstallati-
onen und sonstigen haustechnischen Anlagen
in fremde, schutzbedürftige Aufenthaltsräume.
Diese Norm-Schalldruckpegel können bei
Einfamilienwohnhäusern oder innerhalb von
Wohnungen als Anhaltswerte herangezogen
werden.

Geräuschquellen	Maximal zulässige A-bewertete Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ in dB (A)	
	Wohn- und Schlafräume	
	Bauordnungsrechtlicher Schallschutz	Beginn eines erhöhten Schallschutzes
Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)	≤ 32 ^{a,b,c)}	≤ 27 ^{d)}
Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der tech- nischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen	≤ 32 ^{d)}	

a) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen) entstehen, sind nicht zu berücksichtigen.
b) Werkvertragliche Voraussetzungen zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:
— Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen des Schallschutzes berücksichtigen, d. h. zu den Bauteilen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen.
— Außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Bekleiden der Installation hinzugezogen werden.
c) Aufgrund des geänderten Messverfahrens nach DIN EN ISO 10052 (gegenüber DIN 52219) ergeben sich etwa von 2 dB höhere Messwerte. Damit sind Messergebnisse aus Prüfzeugnissen oder Prüfberichten, die auf Messungen nach DIN 52219 beruhen, entsprechend zu korrigieren.

Werte für die zulässigen Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen von Ge-
räuschen aus haustechnischen Anlagen

TABELLE 6



HINWEISE ZUR PLANUNG UND AUSFÜHRUNG

Mit einer bauakustisch günstigen Grundrissplanung kann mit Bauteilen, die die Standardanforderungen der DIN 4109 erfüllen, dem Schallschutz auch in besonders schutzbedürftigen Räumen, wie z.B. Schlafzimmern, ohne konstruktiven Mehraufwand erhöhten Bedürfnissen Rechnung getragen werden. Da insbesondere in kleinen Räumen ein hoher Schallschutz schlechter zu realisieren ist als in großen, ist deren Anordnung gegen laute Räume möglichst zu vermeiden.

In Verbindung mit einem erhöhten Anforderungsniveau ist eine Zonierung der schutzbedürftigen Räume innerhalb eines Gebäudes in horizontaler und vertikaler Richtung in ruhige und laute Bereiche entscheidend. Dabei gelten definitionsgemäß schutzbedürftige Räume als solche, die sowohl dauernd als auch lediglich zum vorübergehenden Aufenthalt von Personen dienen. Wohnküchen mit Essplatz und Wohndielen sowie große Bäder zählen durch-

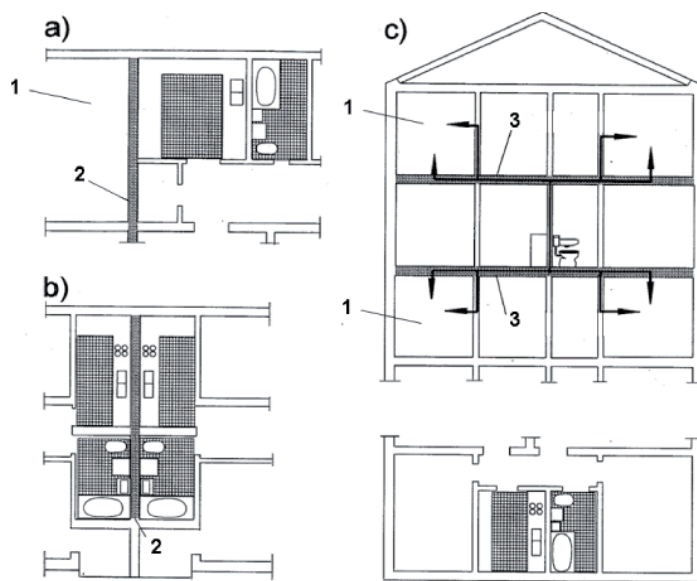
aus zu Aufenthaltsräumen und fallen damit unter die bauakustische Schutzbedürftigkeit.

Die erreichbare Schalldämmung von Bauteilen wie Wand oder Decke hängt in nicht unerheblichen Ausmaß von deren handwerklicher Verarbeitung ab. So kann z.B. eine Trennwand trotz hohem Wandgewicht eine unzureichende Luftschalldämmung aufweisen, wenn deren Anschlüsse an die angrenzenden Bauteile nicht form- und kraftschlüssig hergestellt sind. Ausführungsmängel bei schwimmendem Estrich stellen die häufigste Ursache für schalltechnische Beschwerden dar. In der Regel führen Trittschallschutz-Mängel auch zur Beeinträchtigung der Luftschalldämmung.

Sind Räume unterschiedlicher Geräuschkentwicklung, wie z.B. Küche oder Bad an einer Wohnungstrennwand zu ruhigen, fremden Räumen angeordnet (Bild 5 und Bild 6 Situation a), bietet es sich ggfs. an, eine biegeeweiche

Vorsatzschale im lautereren Raum einzusetzen sowie die Entkopplung leichter Flankenbauteile auszuführen. Dies lässt sich insbesondere in Räumen mit Wasserleitungen durch Verwendung von Metallständer-Vorwandinstallationen und Verkleidungen aus Gipsbauplatten realisieren.

Sind fremde Küchen oder Bäder nebeneinander angeordnet, kann dennoch diagonal zu fremden, leisen Räumen eine Körperschallbelastigung z.B. durch die Betätigung von Armaturen, Küchenarbeiten etc. auftreten (Bild 6 Situation b).

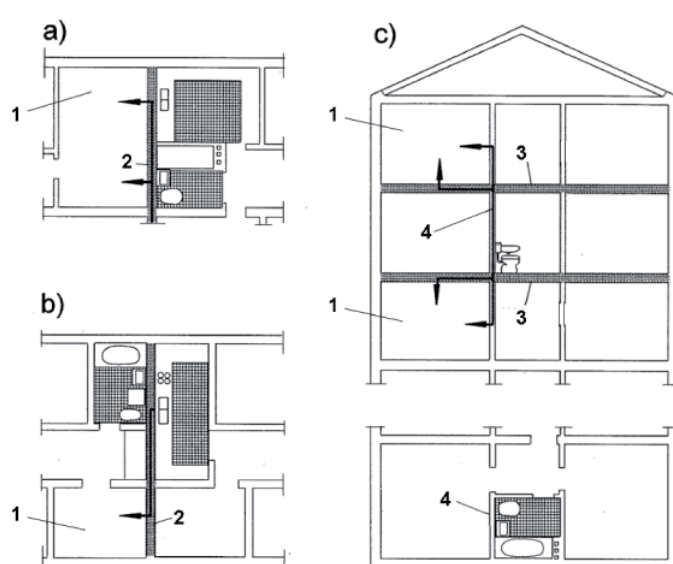


Legende

- 1 fremder Wohn-, Schlaf- oder Arbeitsraum
- 2 Wohnungstrennwand
- 3 Wohnungstrenndecke

Günstige Position von Installationen gleichartiger Räume an einer Innenwand und einer Wohnungstrennwand [3].

BILD 5



Legende

- 1 fremder Wohn-, Schlaf- oder Arbeitsraum
- 2 Wohnungstrennwand
- 3 Wohnungstrenndecke
- 4 Mittlere flächenbezogene Masse $\geq 220 \text{ kg/m}^2$

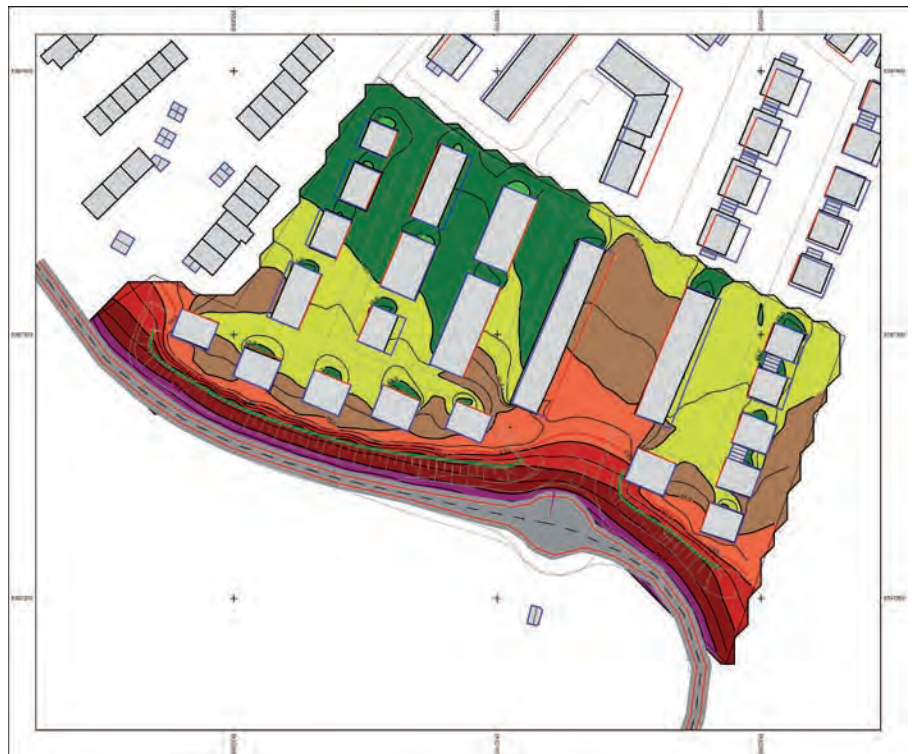
Ungünstige Anordnung und Diagonalposition (Situation b) lauter Räume an einer Wohnungstrennwand [3].

BILD 6

BAUAKUSTISCHE BEMESSUNG

Schalldämmung von Fassaden gegen Außenlärm

Eine Außenlärmbelastung wird üblicherweise durch sogenannte Lärmkarten dokumentiert. In diesen sind entweder sogenannte Iso-phonie, d.h. Kurven gleicher Lärmpegel oder aber Lärmpegelbereiche in unterschiedlichen Farben eingetragen. Von der violetten Farbe (Lärmpegelbereich VII) bis zur hellgrünen Farbe (Lärmpegelbereich I) können die Außenlärmbelastungen des Straßenverkehrs in einem Wohngebiet reichen. Die Schutzmaßnahmen an den Außenfassaden sind in solchen Fällen an den einzelnen Gebäuden unterschiedlich umzusetzen.



Kartierte Lärmpegelbereiche eines Neubaugebietes

BILD 7

Ein Nachweis ist in der Regel bei Wohngebäuden nur bei erhöhten Außenlärmbelastungen ab dem sog. Lärmpegelbereich III mit einem Außenlärmpegel über 61 dB (A) zu führen [6]. Damit soll sichergestellt werden, dass der Innenraumpegel der Wohn- und Schlafräume bei Außenlärm etwa 30 dB (A) in den Nachtstunden nicht übersteigt.

Die Bemessung der Bauteile zum Schallschutz gegen Außenlärm erfolgt für die Außenfassaden immer raumweise, d.h. Wand und Fenster gemeinsam.

Das resultierende Schalldämm-Maß einer Fassade hängt wesentlich von dessen Fensterflächenanteil und von der Schalldämmung der Fenster ab. Für Wände aus Ziegelmauerwerk mit bekannten Schalldämm-Maßen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Fensterqualitäten

die in der folgenden Tabelle 7 angegebenen Bau-Schalldämm-Maße $R'_{w,ges}$ der Fassade abgelesen werden. Dabei ist zu beachten, dass die erforderliche Schalldämmung des Außenbauteils von der Raumgröße abhängig ist und eine Raumflächenkorrektur in Abhängigkeit der grundflächenbezogenen Fassadenanteile gemäß folgender Gleichung erforderlich wird:

$$\text{erf. } R'_{w,ges} = R'_{w,ges} + 10 * \lg (S_{(W+F)} / 0,8 * S_G) \quad (2)$$

mit:

$R'_{w,ges}$ = Schalldämm-Maß der Fassade mit allen Bestandteilen in dB

$S_{(W+F)}$ = Gesamtfläche der Fassade in m²

S_G = Grundfläche des Raumes in m²

Lärmpegelbereich	$A_F/S_{(W+F)}$	20%		30%		40%		50%		60%	
		Fassade	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand
	$R'_{w,ges}$	$R'_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$	$R'_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$	$R'_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$	$R'_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$	$R'_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$
I - II	30	46	23	46	25	46	26	46	27	46	28
III	35		28		30		31		32		33
IV	40		34		36		37		38		38
V	45		42		43		44		44		44

Lärmpegelbereich	$A_F/S_{(W+F)}$	20%		30%		40%		50%		60%	
		Fassade	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand
	$R_{w,ges}$	$R_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$	$R_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$	$R_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$	$R_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$	$R_{w,vorh.}$	erf. $R_{w,F}$
I - II	30	50	23	46	25	46	26	46	27	46	28
III	35		28		30		31		32		33
IV	40		33		35		36		37		38
V	45		39		41		42		43		43
VI	50		50		50		50		50		50

Erforderliche Schalldämmung $R'_{w,F}$ von Fenstern bei unterschiedlichen Fensterflächenanteilen $A_F/S_{(W+F)}$ und in Abhängigkeit der vorhandenen Schalldämm-Maße von Hochlochziegel-Außenwänden

TABELLE 7

In der Praxis besteht ein Fassadenbauteil häufig aus nicht mehr als zwei Elementen mit unterschiedlichen Schalldämm-Maßen R_w . Für diesen Fall gilt zur Berechnung des resultierenden Schalldämm-Maßes $R'_{w,ges}$ des zusammengesetzten Bauteils folgende Gleichung:

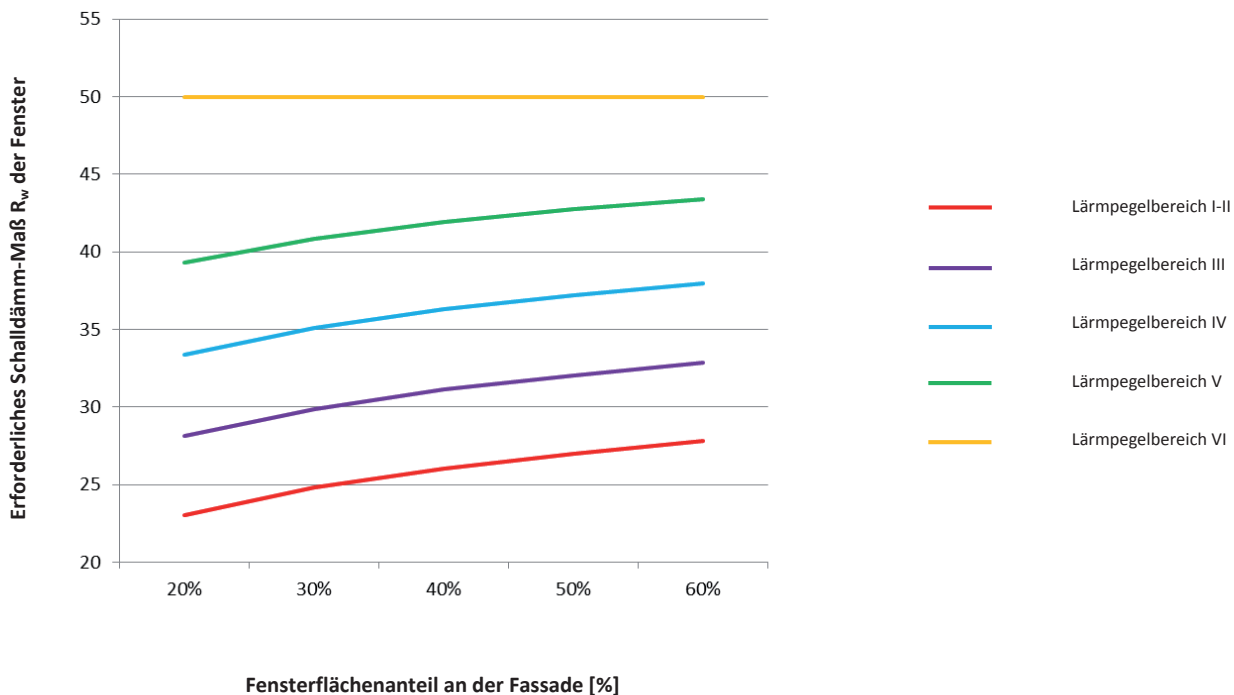
$$R'_{w,ges} = R'_{w,1} - 10 \lg \left[1 + \frac{S_2}{S_{ges}} \cdot (10^{(R'_{w,1} - R'_{w,2})/10} - 1) \right] \quad [dB] \quad (3)$$

mit:

- $S_{ges} = S_1 + S_2$ = Fläche des zusammengesetzten Bauteils in m^2
 S_2 = Fläche des Fensters / der Tür in m^2
 $R'_{w,1}$ = bewertetes Schalldämm-Maß der Wand mit der Fläche S_1 in dB
 $R'_{w,2}$ = bewertetes Schalldämm-Maß des Fensters / der Tür in dB

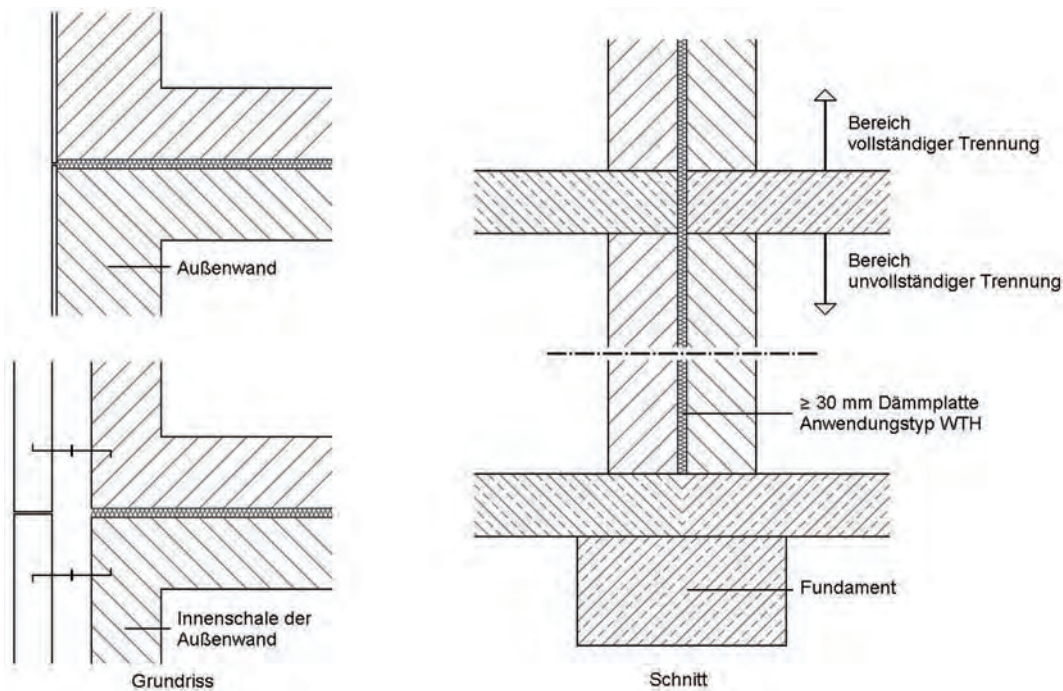
Werden massive Außenwände mit Schalldämm-Maßen R_w über 50 dB zur Einhaltung der Anforderungen erforderlich, muss die flankierende Übertragung der raumseitigen an die Außenwand anschließenden Innenwände und ggfs. der Decken mitberücksichtigt werden.

In Bild 8 ist der Zusammenhang zwischen dem Fensterflächenanteil der Fassade, dem Lärmpegelbereich des einwirkenden Außenlärms und die daraus erforderliche Schalldämmqualität der maßgeblichen Fensterkonstruktion dargestellt. Ab dem Lärmpegelbereich IV ist durchweg der Einsatz von Schallschutzfenstern erforderlich.



Erforderliche Schalldämmung von Fenstern in Abhängigkeit des fassadenbezogenen Fensterflächenanteils und des Lärmpegelbereichs.





Beispiel für eine zweischalige Haustrennwand mit bis zur Sohle durchgehender Trennfuge (Schema DIN 4109 [2]).

BILD 9

Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände

Die Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände wird beeinflusst von der flächenbezogenen Masse der beiden Schalen, deren Schalenabstand (Fugenbreite) und dem Dämmmaterial in der Fuge. Die Ausführungsqualität, d.h. Vermeidung von Körperschallbrücken in der Trennfuge sowie die Gestaltung von Anschlüssen im Dach-, Fundament- und Außenwandbereich hat einen weiteren entscheidenden Einfluss auf die erreichbare Schalldämmung der Konstruktion. Der Einfluss der flankierenden Schallübertragung der an den Wandschalen angeschlossenen Innen- und Außenwände macht sich ebenfalls geringfügig auf die erzielbare Schalldämmung bemerkbar.

Je nach Ausführung im Bereich des Fundamentes und der Bodenplatte muss zwischen schutzbedürftigen Räumen, die sich unmittelbar über

der Bodenplatte befinden, z.B. im Erdgeschoss nicht unterkellerten Gebäude, mit einer deutlichen Verringerung der Schalldämmung gerechnet werden. Grundriss und Schnitt einer üblichen Ausführung mit bis zum Fundament durchgehender Trennfuge sind schematisch in Bild 9 dargestellt.

Die Rechenwerte der Schalldämmung $R'_{w,2}$ von zweischaligen Haustrennwänden aus Thermoplan-Ziegelmauerwerk mit jeweils einer verputzten Oberfläche und bei vollständiger Trennung gemäß Bild 9, unter Berücksichtigung von Flankenbauteilen mit einer durchschnittlichen flächenbezogenen Masse $\geq 300 \text{ kg/m}^2$ und oberhalb einer Unterkellerung ergeben sich wie folgt:

Wanddicke	Rohdichteklasse	$m'_{T,90S}$ [kg/m ²]	$R'_{w,1}$ [dB]	K_{300} [dB]	$R'_{w,2}$
2 * 175 mm	1,0	369	52	0	64 dB
	1,2	421	53	0	65 dB
	1,4	491	55	1	66 dB
	2,0	701	60	1	71 dB
2 * 240 mm	1,0	492	55	1	66 dB
	1,2	564	57	1	68 dB
	1,4	660	59	1	70 dB
		948	63	1	74 dB

Rechenwert der Schalldämm-Maße $R'_{w,2}$ zweischaliger Haustrennwände aus Thermoplan-Ziegelmauerwerk mit vollständiger Trennung und flankierenden Bauteilen mit $m' > 300 \text{ kg/m}^2$.

TABELLE 8

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,2}$ einer zweischaligen Wand errechnet sich aus dem bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ einer gleichschweren, einschaligen Wand, einem Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$, der in Abhängigkeit von der Übertragungssituation gemäß den nachfolgenden Grafiken der Tabelle 9 angesetzt werden muss und einem Korrekturwert K zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände.

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} - K \quad (4)$$

$R'_{w,1}$ wird nach folgender Beziehung aus der flächenbezogenen Masse $m'_{Tr,ges}$ der gleichschweren einschaligen Wand ermittelt:

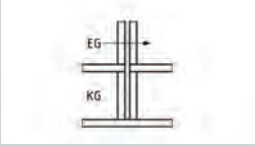

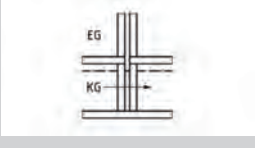
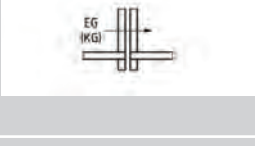
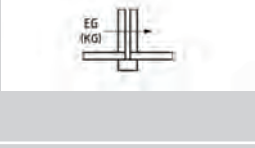

$$R'_{w,1} = 28 * \lg(m'_{Tr,ges}) - 20 \text{ dB} \quad (5)$$

mit:

$m'_{Tr,ges}$ = flächenbezogene Masse der beiden Trennwandschalen inklusive Putzschichten

Hinweis: Nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik [5] sollen Haustrennwände nicht unterkellerten Gebäude im Erdgeschoss mindestens ein bewertetes Schalldämm-Maß $R'_w \geq 60$ dB und bei Unterkellerung ≥ 62 dB aufweisen. Einschalige Haustrennwände entsprechen nicht mehr den a.a.R.d.T.

Hinweis: Falls der Schalenabstand der Trennwände mindestens 50 mm beträgt und der Fugenhohlraum mit dicht gestoßenen und vollflächig verlegten Mineralwolle-Dämmplatten, Anwendungstyp WTH, ausgefüllt wird, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ bei den Ausführungen der Zeilen 1a, 2a, 3a, 3b und 4a um 2 dB erhöht werden.

Zeile	Situation	Beschreibung	$\Delta R_{w,Tr}$ in dB
1		vollständige Trennung der Schalen bis zur Bodenplatte	12
2		Kelleraußenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ ("Weiße Wanne")	9
3		Kelleraußenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ ("Weiße Wanne") Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	3
4		Außenwände getrennt Bodenplatte getrennt	9
5		Außenwände getrennt Bodenplatte getrennt auf gemeinsamem Fundament	6
6		Außenwände getrennt Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	6

Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$ in Abhängigkeit der Geschosslage und der konstruktiven Ausführung der Fundamentierung [2, 7].

TABELLE 9

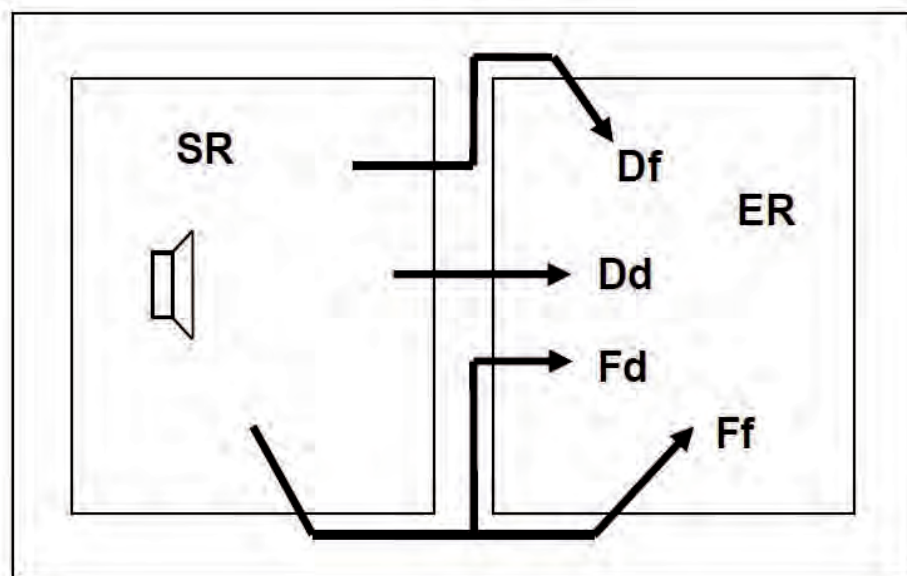
Luftschalldämmung in Mehrfamilienhäusern

Das neu in der DIN 4109 hinterlegte akustische Bilanzverfahren geht nicht mehr von einem bewerteten Schalldämm-Maß des Trennbauteils mit pauschalierter Flankenübertragung aus, sondern verlangt die differenzierte Berücksichtigung aller Schallnebenwege, d.h. der einzelnen Längsleitungsbeiträge einschließlich der zugehörigen Stoßstellendämmung. Das nachfolgend beschriebene Berechnungsverfahren basiert auf dem vereinfachten Berechnungsmodell der europäischen Norm DIN EN 12354-1 [8]. Das Verfahren prognostiziert das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} auf der Grundlage der Schalldämm-Maße aller an der Übertragung beteiligten Bauteile.

Die Rechenalgorithmen der E DIN 4109 sind bereits durch die von der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V. erwirkte allgemeine bauaufsichtli

che Zulassung Z-23.22-1787 des Deutschen Instituts für Bautechnik [9] für den bauordnungsrechtlichen Schallschutznachweis legitimiert. Die Nachweis führenden Fachplaner verwenden das Verfahren bereits seit einigen Jahren und können die Zuverlässigkeit der Prognoseberechnungen bestätigen.

Die für derartige Berechnungen erforderlichen Kenngrößen, wie z.B. Schalldämm-Maße der Mauerwerksbaustoffe sowie die zur Schallschutzprognose im Massivbau erforderlichen Stoßstellendämm-Maße als Eingangsgrößen für das Bilanzverfahren sind im Rahmen von öffentlich geförderten Forschungsarbeiten durch die Hochschule für Technik, Stuttgart erarbeitet und an zahlreichen Bauvorhaben validiert worden [10].



mit:

SR = Senderraum, ER = Empfangsraum

Df = Übertragungsweg Trennbauteil SR – Flanke ER

Dd = Direktübertragung Trennbauteil SR – ER

Fd = Übertragungsweg Flanke SR – Trennbauteil ER

Ff = Übertragungsweg Flanke SR – Flanke ER

Übertragungswege des Schalls zwischen Sende- und Empfangsraum (Schema DIN 4109 [2]).



Für das vereinfachte Modell wird das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} zwischen zwei Räumen wie folgt ermittelt:

$$R'_{w} = -10 \lg \left[10^{R_{Dd,w} / 10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{R_{Ff,w} / 10} + \sum_{f=1}^n 10^{R_{Df,w} / 10} + \sum_{F=1}^n 10^{R_{Fd,w} / 10} \right] \quad [\text{dB}] \quad (6)$$

mit:

$R_{Dd,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß für die Direktübertragung in dB;

$R_{Ff,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Ff in dB;

$R_{Df,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Df in dB;

$R_{Fd,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Fd in dB;

n = die Anzahl der flankierenden Bauteile in einem Raum;
üblicherweise ist $n = 4$, je nach Entwurf und Konstruktion kann aber n in der betreffenden Bausituation auch kleiner oder größer sein.

Daten für die Direktdämmung homogener, massiver Wände und Decken werden aus deren flächenbezogenen Massen ermittelt. Daten für die Direktdämmung von Mauerwerk aus Hochlochziegel, dessen Schalldämmung nicht aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden kann, sind Prüfzeugnissen zu entnehmen. Daten für die

Stoßstellendämmung können normativen Tabellen oder Herstellerangaben entnommen werden.

Die Eingangsdaten bestehen aus:

- dem bewerteten Direkt-Schalldämm-Maß R_w der Bauteile
- dem Stoßstellendämm-Maß K_j für jede Stoßstelle und jeden Übertragungsweg
- dem bewerteten Luftschallverbesserungsmaß von eventuell vorhandenen Vorsatzschalen für das trennende und die flankierenden Bauteile

Hinweis: Für die Schallübertragung zwischen einzelnen Räumen ist lediglich die Direktschalldämmung der unmittelbar raumumschließenden Bauteilschichten relevant. Auf Bauteilen außenseitig angebrachte Wärmedämmverbundsysteme oder Vormauerschalen werden bei der Ermittlung der Direktschalldämm-Maße R_w für diese Bemessung nicht herangezogen. Diese zusätzlichen Schichten sind lediglich beim Schallschutz gegen Außenlärm zu berücksichtigen.

SCHALLDÄMMUNG VON THERMOPLAN- ZIEGELKONSTRUKTIONEN

Direktschalldämm-Maße von wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk

Die Schalldämmung von Lochsteinen kann für homogene, einschalige Bauteile aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden. Dies gilt z. B. für Mauerwerk aus Hochlochziegeln, wenn die nachfolgenden Bedingungen eingehalten werden.

- Mauerwerk aus Ziegeln mit einer Dicke ≤ 240 mm ungeachtet der Rohdichte, bei Wanddicken > 240 mm ab einer Rohdichteklasse $\geq 1,0$

Für homogene und quasihomogene einschalige Bauteile aus Ziegelmauerwerk wird das bewertete Schalldämm-Maß R_w wie folgt berechnet:

$$R_w = 30,9 \cdot \lg(m'_{\text{ges}} / m'_0) - 22,2 \quad [\text{dB}] \quad (7)$$

mit der Bezugsgröße $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

Diese Beziehung gilt für $65 \text{ kg/m}^2 < m'_{\text{ges}} < 720 \text{ kg/m}^2$.

Um eine sichere bauakustische Bemessung zu ermöglichen, werden die Direktschalldämm-Maße von hochwärmedämmenden Thermoplan-Hochlochziegelmauerwerk mit Wanddicken größer 30 cm aus Prüfstandsmessungen gewonnen und als $R_{w,\text{Bau,Ref}}$ -Werte angegeben. Für die in der folgenden Tabelle genannten Produkte sind diese Werte aufgeführt.



Produkt	Wanddicke	Direktschalldämm-Maß $R_{w,Bau,Ref}$
MZ70	36,5 cm	45,4 dB
MZ8	30,0 cm	43,9 dB
	36,5 cm	46,3 dB
MZ90-G	30,0 cm	48,2 dB
	36,5 cm	50,0 dB
	42,5 cm	49,5 dB
MZ10	30,0 cm	49,4 dB
	36,5 cm	51,3 dB
TS13	30,0 cm	48,3 dB
	36,5 cm	49,5 dB

Direktschalldämm-Maße $R_{w,Bau,Ref}$ von unterschiedlichem hochwärmedämmenden Thermoplan-Ziegelmauerwerk, beidseitig verputzt

TABELLE 10



Stoßstellendaten

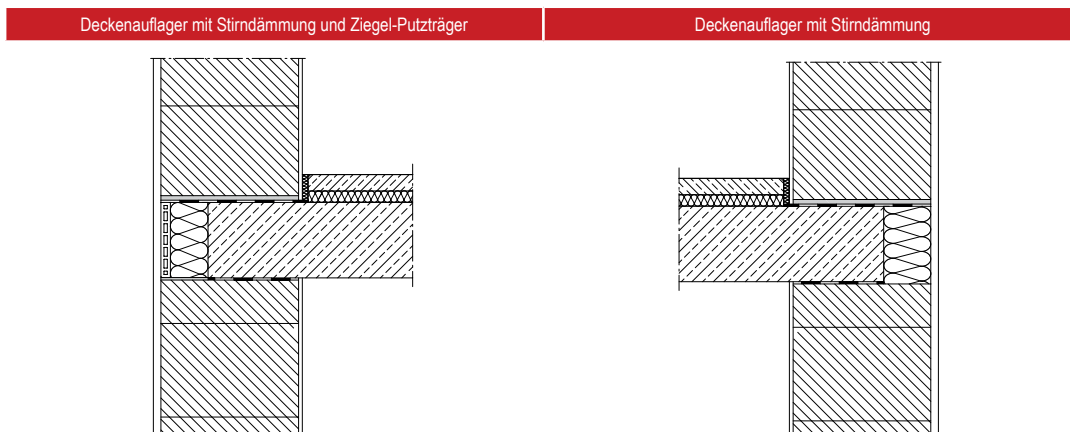
Im Massivbau wird vorausgesetzt, dass das trennende Bauteil fest mit den flankierenden Bauteilen verbunden ist. Die Qualität der Bauteilanschlüsse wirkt sich über die Erhöhung der Biegesteifigkeit direkt auf das Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils aus. Die erhöhte Steifigkeit eines Anschlusses, im baulichen Schallschutz auch Stoßstelle genannt, erhöht die Schall-Längsdämmung über die flankierenden Bauteile.

Eine hohe Stoßstellendämmung kann auch durch eine Entkopplung der aneinander grenzenden Bauteile erreicht werden. Damit ist die Weiterleitung von Körperschall behindert und das Bauschalldämm-Maß kann entsprechend hoch ausfallen. Mein Ziegelhaus hat umfangreiche Untersuchungen an akustisch besonders hochwertige Ausführungsdetails mit wärmedämmendem Außenmauerwerk durchführen und die Stoßstellendämm-Maße in Prüfaufbauten ermitteln lassen [11 - 14].

Die folgenden Ausführungen zeigen die zu erwartenden Stoßstellendämm-Maße, die zur rechnerischen Prognose verwendet werden können.

Außenwand – Deckenknoten

Bei hochwärmedämmenden, monolithischen Außenwänden muss aus Gründen des Wärmeschutzes am Deckenspiegel eine zusätzliche Wärmedämmung bei Stahlbetondecken eingesetzt werden. Je nach Ausführung des Deckenknotens ergeben sich auf dem Hauptflankenweg in vertikaler Richtung unterschiedlich hohe Stoßstellendämm-Maße K_{Ff} . Die folgende Tabelle 11 enthält die in der Baupraxis auftretenden unterschiedlichen Detailausführungen mit ihren zu erwartenden Stoßstellendämm-Maßen auf dem Hauptübertragungsweg F-f.



Kurzbeschreibung	Ausbildung der Deckenstirn	Stoßstellendämm-Maß K_{Ff} [dB]
365 mm Thermoplan MZ70	125 mm Deckenrandschale	13,3
	120 mm Hartschaum-Stirndämmung	14,1
365 mm Thermoplan MZ8	125 mm Deckenrandschale	15,2
	60 mm Hartschaum-Stirndämmung	15,5
365 mm Thermoplan MZ90-G	125 mm Deckenrandschale	12,3
	120 mm Hartschaum-Stirndämmung	14,8
425 mm Thermoplan MZ90-G	125 mm Deckenrandschale	14,5
	140 mm Hartschaum-Stirndämmung	14,1
365 mm Thermoplan MZ10	125 mm Deckenrandschale	13,0
	120 mm Hartschaum-Stirndämmung	14,4
365 mm Thermoplan TS13	140 mm Deckenrandschale	13,6
	60 mm Hartschaum-Stirndämmung	13,9

Anhaltswerte der Stoßstellendämm-Maße K_{Ff} von Deckenauflegervarianten

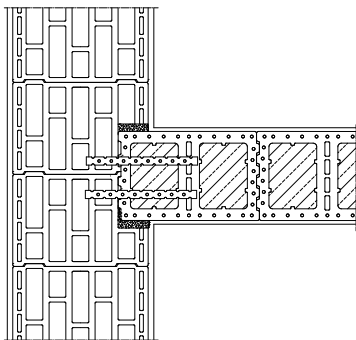
TABELLE 11



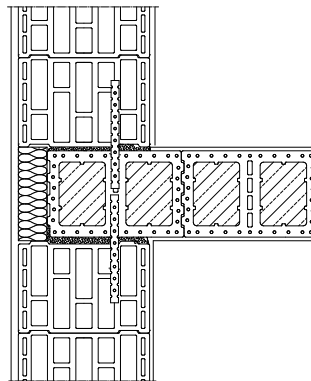
Außenwand – Wohnungstrennwand

Die heute übliche Anbindung einer Wohnungstrennwand an die Außenwand wird in der Regel als sogenannte Stumpfstoßtechnik ausgeführt. Dies kann dazu führen, dass die Bauteilanschlüsse nicht immer die schalltechnisch notwendige Steifigkeit aufweisen. Der als Stumpfstoß ausgeführte Trennwandanschluss zeigt grundsätzlich ein geringes Stoßstellendämm-Maß. Trennwandeinbindungen oder gar -durchbindungen bewirken sehr hohe Stoßstellendämm-Maße auf dem Flankenweg F_f in horizontaler Richtung. Die folgende Tabelle 12 enthält die in der Praxis auftretenden Unterschiede in der Ausführung der Details und die zu erwartenden Stoßstellendämm-Maße K_{FF} .

Deckenaufleger mit Stirndämmung und Ziegel-Putzträger



Deckenaufleger mit Stirndämmung



Kurzbeschreibung	Ausbildung der Deckenstirn	Stoßstellendämm-Maß K_{FF} [dB]
365 mm Thermoplan MZ70	125 mm Einbindung bzw. Durchbindung mit Hartschaum- Stirndämmung	10,8
365 mm Thermoplan MZ8	125 mm Einbindung bzw. Durchbindung mit Hartschaum- Stirndämmung	10,7
365 mm Thermoplan MZ90-G	125 mm Einbindung bzw. Durchbindung mit Hartschaum- Stirndämmung	10,2
425 mm Thermoplan MZ90-G	125 mm Einbindung bzw. Durchbindung mit Hartschaum- Stirndämmung	8,9
365 mm Thermoplan MZ10	125 mm Einbindung bzw. Durchbindung mit Hartschaum- Stirndämmung	9,6
365 mm Thermoplan TS13	125 mm Einbindung bzw. Durchbindung mit Hartschaum- Stirndämmung	9,6

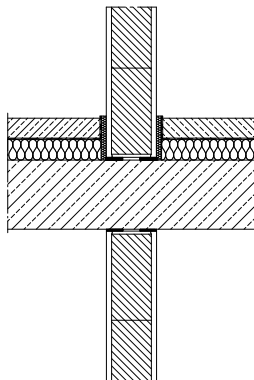
Anhaltswerte der Stoßstellendämm-Maße K_{FF} von Außenwand-Trennwandanschlüssen an einer 24 cm Wohnungstrennwand

TABELLE 12

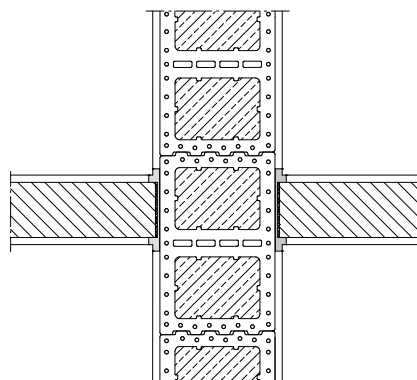
Entkoppelte Bauteilanschlüsse

Insbesondere leichte massive Flankenbauteile lassen sich durch die Biegeschwingungen der in der Regel schweren Trennbauteile leicht zum Schwingen anregen und strahlen dann im Empfangsraum sehr viel Schallenergie ab. Um dies zu verhindern, bietet es sich an, bei leichten massiven Trennwänden eine akustische Entkopplung vorzusehen. Die Auswertung von Baumessungen mit entkoppelten leichten Innenwänden mit einer flächenbezogenen Masse m' bis etwa 150 kg/m^2 zeigt bei Kreuzstößen Stoßstellendämm-Maße $\geq 25 \text{ dB}$, bei T-Stößen von 20 dB .

Am Wandkopf zur Geschossdecke entkoppelte leichte Trennwand



Beiderseits einer Wohnungstrennwand entkoppelte leichte Trennwände



Kurzbeschreibung	Bauteilanschluss	Stoßstellendämm-Maß K_{eff} [dB]
Thermoplan Innenwand / Geschossdecke	Kreuzstoß entkoppelt	20 - 25
Thermoplan Innenwand / Wohnungstrennwand	Kreuzstoß entkoppelt	20 - 25

Anhaltswerte von Stoßstellendämm-Maßen K_{eff} von leichten Innenwänden an Trennbauteilen

TABELLE 13

BEISPIEL MEHRFAMILIENHAUS

Mehrfamilienhaus mit Außenwänden aus wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk

Wie bisher erfolgt auch zukünftig die Auslegung der trennenden und flankierenden Bauteile nicht für jeden Raum eines Gebäudes. Der Nachweisführende entnimmt den Grundrissplänen und Gebäudeschnitten die akustisch ungünstigsten Raumsituationen und bemisst die Bauteile. Die geplanten Bauteilaufbauten sind in Tabelle 14 aufgeführt.



Objektbeispiel Mehrfamilienhaus aus Thermoplan-Hochlochziegelmauerwerk (Gebäudeansicht)

Bauteilaufbau	Flächenbezogene Masse m' [kg/m ²]	Schalldämm-Maße
20 cm Stahlbeton-Geschossdecke, 60 mm Zementestrich auf 30-2 mm EPS- Trittschalldämmplatten	480 -	$R_w = 60,7$ dB $\Delta R_w = 6,7$ dB
24 cm Wohnungstrennwand aus Thermoplan- Schalungsziegel mit Betonverfüllung RDK 2,0, beidseitig 15 mm Kalkgipsputz	513	$R_w = 63,6$ dB
36,5 cm Außenwand Thermoplan MZ10 beidseitig verputzt	295	$R_{w,BauRef} = 51,3$ dB
11,5 cm Innenwand Hlz RDK 1,2, beidseitig 15 mm Kalkgipsputz	156	$R_w = 45,6$ dB
17,5 cm Innenwand HLz RDK 0,9, beidseitig 15 mm Kalkgipsputz	179	$R_w = 47,4$ dB

Vorgesehene Bauteilaufbauten des Objektbeispiels

TABELLE 14



Objektbeispiel Mehrfamilienhaus aus Thermoplan-Hochlochziegelmauerwerk
(Geschossgrundriss)

BILD 12

Vertikale Übertragungssituation

Bei diesem Beispiel handelt es sich um zwei übereinander liegende Schlafräume als Eckräume mit je 15,1 m² Grundfläche (Bild 12). Die Stoßstellendämm-Maße ergeben sich gemäß Tabelle 15 und sind für die Außenwand-Deckenaufleger der Aufstellung Tabelle 11 entnommen.

Flanke	Stoßtyp	gemeinsame Kantenlänge [m]	Stoßstellendämm-Maße $K_{df} - K_{fd} - K_{fd}$ [dB]
1 Außenwand/Decke/Außenwand	T-Stoß	3,5	10,0-13,0-10,0
2 Außenwand/Decke/Außenwand	T-Stoß	4,3	10,0-13,0-10,0
3 IW 11,5/Decke/IW 11,5	K-Stoß	4,3	11,0-16,1-11,0
4 IW 17,5/Decke/IW 17,5	K-Stoß	2,6	8,5-14,3-8,5

Stoßstellendämm-Maße der vertikalen Übertragungssituation

TABELLE 15

Unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabschlags/Vorhaltemaßes von 2 dB ergibt sich ein Rechenwert des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes von $R'_{w} = 57,2$ dB. Die Anforderungen an den erhöhten Schallschutz werden erfüllt.

Flanke	Stoß	Flankendämm-Maß
1 Außenwand/Decke/Außenwand	T-Stoß	68,4 dB
2 Außenwand/Decke/Außenwand	T-Stoß	67,5 dB
3 IW 11,5/Decke/IW 11,5	K-Stoß	63,9 dB
4 IW 17,5/Decke/IW 17,5	K-Stoß	66,8 dB
5 Trenndecke inkl. Flankenanteile		65,8 dB
Bau-Schalldämm-Maß R'_{w}		59,2 dB

Flankendämm-Maße und Schalldämm-Maß (ohne Sicherheitsabschlag)

TABELLE 16

Praxistipp: Betrachtet man die Einzelergebnisse, ist zu erkennen, dass die Flankenschalldämmung $R'_{f,w}$ an der Stoßstelle 3 mit insgesamt 63,9 dB (Innenwand 11,5 – Decke – Innenwand 11,5) den geringsten Wert aller Flanken-Übertragungswege aufzeigt. Soll die Schalldämmung insgesamt erhöht werden, ist hier eine Verbesserung ratsam.

Horizontale Übertragungssituation

Bei diesem Beispiel wird die Schalldämmung zwischen zwei an einer Wohnungstrennwand liegenden Schlafräumen berechnet (Bild 12). Die Räume haben eine gemeinsame Trennwandfläche von $4,7 \cdot 2,5 = 11,8 \text{ m}^2$. Die Stoßstellendämm-Maße sind in Tabelle 17 aufgeführt. Für die Berechnung wurden die Stoßstellendämm-Maße des Außenwand-Wohnungstrennwandanschlusses gemäß Tabelle 12 verwendet.

Flanke	Stoßtyp	gemeinsame Kantenlänge [m]	Stoßstellendämm-Maße $K_{\text{St}} - K_{\text{St}} - K_{\text{Fd}}$ [dB]
1 Außenwand/Trennwand/Außenwand	T-Stoß	2,5	11,4-9,6-11,4
2 IW 11,5/Trennwand/IW 11,5	K-Stoß	2,5	9,8-15,3-9,8
3 Boden/Trennwand/Boden	K-Stoß	4,7	5,7-9,2-5,7
4 Decke/Trennwand/Decke	K-Stoß	4,7	5,7-9,2-5,7

Stoßstellendämm-Maße der horizontalen Übertragungssituation

TABELLE 17

Das berechnete Bau-Schalldämm-Maß beträgt $R'_{\text{w}} = 57,1 \text{ dB}$. Dabei ist ein Sicherheitsabschlag von 2 dB berücksichtigt. Die Anforderungen an den erhöhten Schallschutz werden erfüllt. Betrachtet man die Einzelergebnisse ist zu erkennen, dass die Flankenschalldämmung $R_{\text{f,w}}$ an den Stoßstellen 1 sowie 2 den geringsten Wert aller Flanken-Übertragungswege aufzeigen.

Flanke	Stoß	Flankendämm-Maß
1 Außenwand/Wohnungstrennwand/Außenwand	T-Stoß Einbindung	66,0 dB
2 IW 11,5/Wohnungstrennwand/IW 11,5	K-Stoß	66,4 dB
3 WTW 24/Boden/WTW 24	K-Stoß	77,5 dB
4 WTW 24/Decke/WTW 24	K-Stoß	69,8 dB
5 Trennbauteil inkl. Flankenanteile		62,1 dB
Bau-Schalldämm-Maß R'_{w}		59,1 dB

Flankendämm-Maße und Schalldämm-Maß (ohne Sicherheitsabschlag)

TABELLE 18

Schutz gegen Außenlärm

Der Schlafraum gemäß Bild 12 links soll hinsichtlich seiner Schalldämmung gegen Außenlärm bemessen werden. Der maßgebliche Lärmpegelbereich III erfordert ein resultierendes Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,ges}$ von 35 dB (vgl. Tabelle 7).

Die Fensterfläche beträgt $2,0 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m} = 2,8 \text{ m}^2$. Die Außenwandfläche ist $(3,5 + 4,3) \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} - 2,8 \text{ m}^2 = 16,7 \text{ m}^2$ groß. Die Grundfläche des Raumes beträgt $4,3 \text{ m} \cdot 3,5 \text{ m} = 15,05 \text{ m}^2$.

Die Außenwand weist ein bewertetes Schalldämm-Maß $R_{w,Bau,ref}$ von 51,3 dB auf. Das bewertete Bauschalldämm-Maß $R'_{w,R}$ der Außenwand kann vereinfacht gemäß DIN 4109 Beiblatt 3 zu etwa 48 dB bestimmt werden.

Zu der erforderlichen Schalldämmung der Fassade muss bei kleinen Raumgrundflächen eine Korrektur wie folgt vorgenommen werden:

$$K_{AL} = 10 \cdot \log (S_{(W+F)} / 0,8 \cdot S_G) = 10 \cdot \lg (19,5 \text{ m}^2 / 0,8 \cdot 15,05 \text{ m}^2) = 2,1 \text{ dB}$$

$$\text{erf. } R'_{w,res} = 35 + 2,1 = 37,1 \text{ dB}$$

Aus diesem Grund muss ein Fenster mit einer Schalldämmung R_w von mindestens 29 dB eingesetzt werden.

Nach Gleichung 3 kann das resultierende Schalldämm-Maß der Fassade exakt berechnet werden:

$$R'_{w,res} = 48 - 10 \cdot \lg (1 + 2,8 \text{ m}^2 / (2,8 \text{ m}^2 + 16,7 \text{ m}^2)) \cdot (10^{(48\text{dB}-29\text{dB})/10} - 1) = 37,1 \text{ dB}$$

Die Schalldämmung der Fassade erfüllt somit unter Berücksichtigung der Raumkorrektur die Anforderungen des Lärmpegelbereichs III.

Schalldämmung einer zweischaligen Haustrennwand

Die Luftschalldämmung zweischaliger Haustrennwände kann im Gegensatz zur bisherigen Vorgehensweise nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 nun auch für Bausituationen im Erdgeschoss ohne Unterkellerung bzw. bei Ausführungen mit unvollständiger Trennung der Wandscheiben bestimmt werden.

Die zu bewertende Haustrennwand ist wie folgt aufgebaut: $2 \cdot 17,5 \text{ cm}$ Hlz RDK 1,4, raumseitig je 15 mm Kalkgipsputz, Schalensabstand 30 mm mit Mineralwollplatte WTH gefüllt. Die flächenbezogene Masse m' ergibt sich zu:

$$2 \cdot 0,175 \text{ m} \cdot (1400 - 100) \text{ kg/m}^3 + 2 \cdot 0,018 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 = 491 \text{ kg/m}^2.$$

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ der zweischaligen Haustrennwand in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse m' wird nach Gleichung (5) bestimmt:

$$R'_{w,1} = 28 \cdot \lg 491 - 20 = 55,4 \text{ dB}.$$

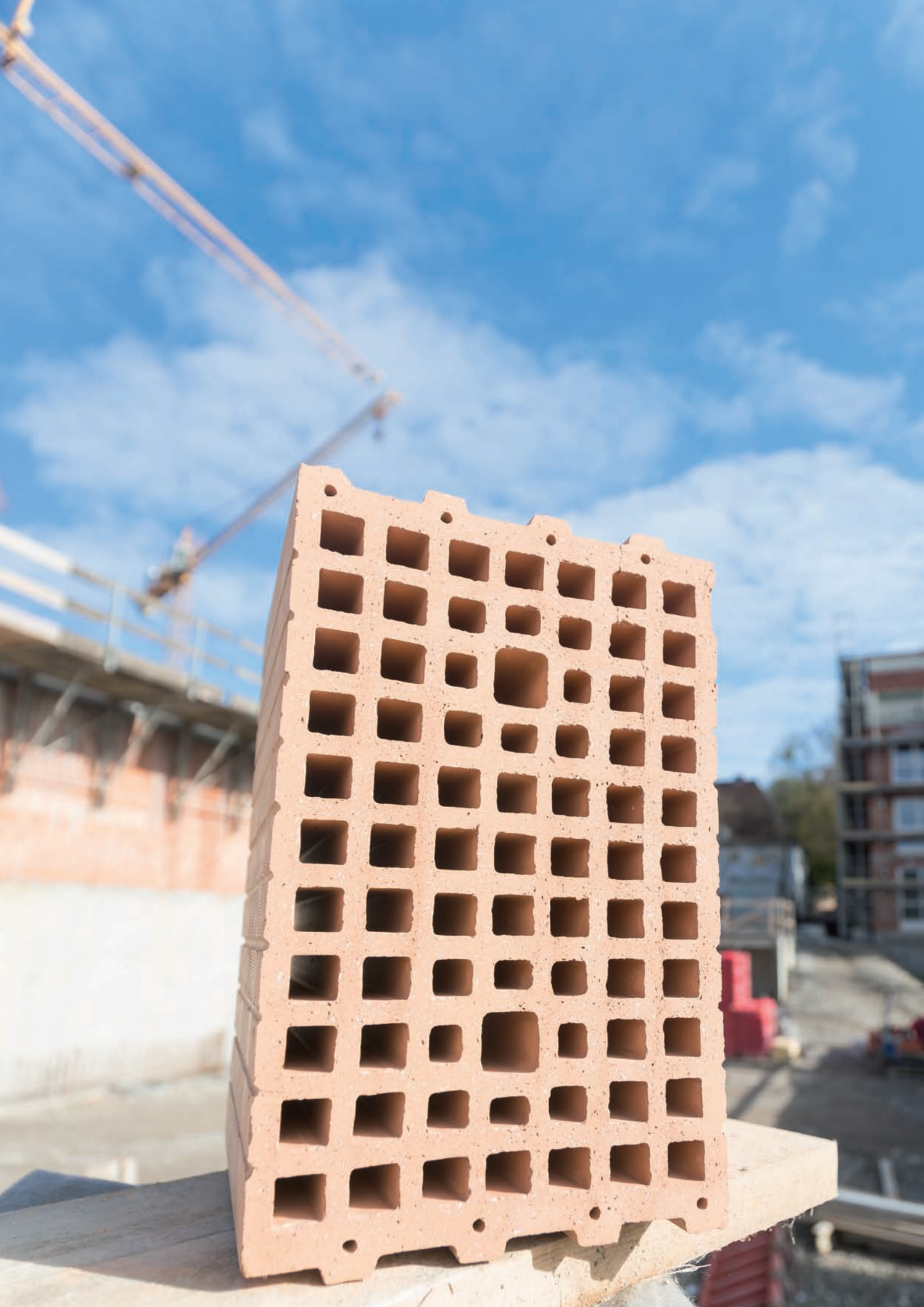
In diesem Wert ist bereits ein Sicherheitsabschlag von 2 dB enthalten.

In Abhängigkeit der Geschosslage und der Art der Fundamentausbildung gemäß Bild 9 werden die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ aus Tabelle 9 angewandt. Weiterhin ist die Korrektur K zum Einfluss der Flankenübertragung zu ermitteln. Dazu müssen die flächenbezogenen Massen der flankierenden Bauteile in den einzelnen Geschossen berechnet werden. Die mittlere flächenbezogene Masse der Flankenbauteile in den Wohngeschossen beträgt ca. 310 kg/m^2 daraus ergibt sich gemäß Tabelle 8 eine Korrektur K von 1 dB.

Das bewertete Schalldämm-Maß der zweischaligen Haustrennwand beträgt in Erd- und Obergeschoss bei vollständiger Trennung demnach:

$$R_{w,2} = 55,4 \text{ dB} + 12 \text{ dB} - 1 \text{ dB} = 66,4 \text{ dB}.$$





Literatur

- [1] Gösele, Schüle, Künzel: Schall, Wärme, Feuchte, 10. Auflage, Bauverlag, Wiesbaden 1997.
- [2] E DIN 4109: Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise. November 2013, Beuth Verlag, Berlin.
- [3] VDI 4100 Richtlinie: Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung, Ausgabe August 2007, Beuth Verlag, Berlin.
- [4] Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA): Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis, DEGA – Empfehlung 103, März 2009, Berlin.
- [5] Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA): Die allgemein anerkannten Regeln der Technik in der Bauakustik – Memorandum; DEGA BR 0101, März 2011, Berlin.
- [6] Deutsches Institut für Bautechnik: Musterliste der Technischen Baubestimmungen, Anlage 4.2/1, Berlin 2012.
- [7] Maack, J.: Schallschutz zwischen Reihenhäusern mit unvollständiger Trennung, ITA Ingenieurgesellschaft, Abschlussbericht F 2474, Fraunhofer IRB Verlag, 1995, Stuttgart.
- [8] DIN EN 12354-1: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, Dezember 2000, Beuth Verlag, Berlin.
- [9] Allgemein bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787: Mauerwerk aus Hochlochziegeln – Regelungen zur Anwendbarkeit hinsichtlich des Schallschutzes. Deutsches Institut für Bautechnik Berlin, 2010.
- [10] Schneider, M., Fischer, H.-M.: Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes für die Ziegelindustrie. Abschlussbericht Nr. 1373 der Hochschule für Technik, Stuttgart, 2005.
- [11] Schneider, M., Fischer, H.-M.: Ermittlung des Stoßstellendämmmaßes an Mauerwerk aus Hochlochziegel. Bericht Nr. FEB/FS 41/07 der Hochschule für Technik, Stuttgart, 2007.
- [12] Kurz und Fischer GmbH: Messtechnische Überprüfung der Luftschalldämmung und Messung der Stoßstellendämmung im Mehrfamilienhaus Landsberg am Lech, Prüfbericht 50212, März 2012.
- [13] Kurz und Fischer GmbH: Messtechnische Überprüfung der Luftschalldämmung und Messung der Stoßstellendämmung im Mehrfamilienhaus Crailsheim, Prüfbericht 50359, Mai 2014.
- [14] Kurz und Fischer GmbH: Messtechnische Ermittlung der Stoßstellendämmmaße an Bauteilanschlüssen aus Hochlochziegel-Mauerwerk, Prüfbericht 50320, November 2014.

TECHNISCHE WERTE									
Produkt	Wanddicke (mm)	Wärmeleitfähigkeit λ_R (W/(mK))	U-Wert (W/m ² K)	Schallschutz $R_{w,Bau,ref}$ (dB)	Brandschutz DIN 4102-2 (EN 13501-2)	Festigkeitsklasse	Druckspannung σ_0 (MN/m ²)	Gebäudetyp	Energieeffizienzklasse
MZ70	300	0,07	0,22	Keine Anforderungen bei EFH, RH, DH	F30-A (REI 30)	8	0,55	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">RH</div> <div style="background-color: blue; color: white; padding: 2px;">DH</div> <div style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">EFH</div> </div>	EnEV Eff 70 Eff 55 PH Eff 40
	365		0,18						
	425		0,16						
	490		0,14						
MZ8	300	0,08	0,25	Keine Anforderungen bei EFH, RH, DH	F 90-A (REI 90)	8	0,65	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">RH</div> <div style="background-color: blue; color: white; padding: 2px;">DH</div> <div style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">EFH</div> </div>	EnEV Eff 70 Eff 55
	365		0,21						
	425		0,18						
MZ90-G	300	0,09	0,28	48,2	F 90-A (REI-M 90)	12	1,15	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">RH</div> <div style="background-color: blue; color: white; padding: 2px;">DH</div> <div style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">EFH</div> <div style="background-color: gray; color: white; padding: 2px;">MFH</div> </div>	EnEV Eff 70 Eff 55
	365		0,23						
	425		0,20						
MZ10	300	0,10	0,30	49,4	F 120-A (REI-M 120)	12	1,15	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: purple; color: white; padding: 2px;">RH</div> <div style="background-color: blue; color: white; padding: 2px;">DH</div> <div style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">EFH</div> <div style="background-color: gray; color: white; padding: 2px;">MFH</div> </div>	EnEV Eff 70
	365		0,25						
	425		0,22						

LEGENDE

Gebäudetypen	RH Reihenhaushaus	DH Doppelhaus	EFH Einfamilienhaus	MFH Mehrfamilienhaus	
Energieeffizienzklassen	EnEV Standard	Eff 70 KfW Effizienzhaus 70	Eff 55 KfW Effizienzhaus 55	Eff 40 KfW Effizienzhaus 40	PH Passivhaus Standard

¹⁾ Prüfstandsmessung liegt noch nicht vor

Mein Ziegelhaus. Denn Ziegel ist Zukunft.

Ziegelwerk Bellenberg, 89287 Bellenberg	☎ 0 73 06 - 96 50 - 0	info@ziegelwerk-bellenberg.de	www.ziegelwerk-bellenberg.de
JUWÖ Poroton Werke, 55597 Wöllstein	☎ 0 67 03 - 910 - 0	info@juwoe.de	www.juwoe.de
Ziegelwerk Klosterbeuren, 87727 Babenhausen	☎ 0 83 33 - 92 22 - 0	info@zwk.de	www.zwk.de
Ziegelwerk August Lücking, 33102 Paderborn	☎ 0 52 51 - 13 40 - 0	info@luecking.de	www.luecking.de
Stengel Ziegel, 86609 Donauwörth	☎ 09 06 - 706 18 - 0	info@stengel-ziegel.de	www.stengel-ziegel.de
Zeller-Poroton, 63755 Alzenau	☎ 0 60 23 - 97 76 - 0	info@zellerporoton.de	www.zellerporoton.de
Südwest Ziegel GmbH, 87700 Memmingen	☎ 0 83 31 - 96 40 - 0	info@sw-ziegel.de	www.sw-ziegel.de