

Schallschutz gegen Aussenlärm bei Holzbauweisen – Planungsgrundsätze für die Praxis

Dr. Andreas Meier
Müller-BBM GmbH
Planegg bei München, Deutschland



Schallschutz gegen Außenlärm bei Holzbauweisen – Planungsgrundsätze für die Praxis

1. Vorbemerkungen

Der Nachweis zum Schallschutz gegen Außenlärm in der zentralen deutschen Bauakustiknorm DIN 4109 ist mit der aktuellen Ausgabe der Norm Anfang 2018 überarbeitet worden. Die aktualisierte Norm nimmt moderate Anpassungen der Mindestanforderungen vor. Für den Schallschutz gegen Außenlärm wurde die separate Untersuchung des Tag- und Nachtzeitraum eingeführt und die für die Planung zu grobe 5 dB-Stufung der Anforderungswerte gegen eine 1 dB-Stufung abgelöst. Der Beitrag beschreibt die Hintergründe und die neue Nachweisführung. Hieraus werden Planungsgrundsätze für die Holzbauweise abgeleitet.

2. Neufassung der DIN 4109

2.1. Allgemeines

Die zentrale Schallschutznorm für den Hochbau, die DIN 4109, wurde auf Basis der Ausgabe aus dem Jahr 1989 in einer neuen Fassung herausgegeben [1]. Die Zeit für eine Anpassung der Schallschutznorm war überreif, denn folgende Entwicklungen fanden im Laufe der Zeit statt:

- Die regelmäßige Anwendung der alten Fassung förderte Defizite zu Tage, die beseitigt werden mussten.
- Die Planung des Schallschutzes kann durch neue Erkenntnisse heute deutlich zielorientierter und sicherer erfolgen. Der Einfluss jedes Bauteils und einzelner Schallübertragungswege kann separat diagnostiziert werden.
- Anpassungen an Vereinbarungen zu Nachweisverfahren im europäischen Handelsraum wurden notwendig.
- Für den Schallschutz gegen Außenlärm sollte auch der für einen erholsamen Schlaf wichtige Nachtzeitraum einbezogen werden.
- Baustoffe und Bauweisen haben sich durch Detailentwicklungen und gute Ideen fortlaufend weiterentwickelt.

Der bauakustisch erfahrene Anwender wusste längst, dass die aufgelaufenen Defizite der alten Norm insbesondere in Bezug auf die Berechnungsverfahren mittlerweile ein erhebliches Ausmaß erreicht hatten. So wurden z.B. sehr leichte flankierende Bauteile regelmäßig unterschätzt. Für die monolithische, wärmedämmende Ziegelbauweise musste hilfsweise in Ergänzung zur Norm eine bauaufsichtliche Zulassung für die Berechnung der Luftschalldämmung geschaffen werden. Diese wurde nun in die neue Norm integriert. Die Holzbauweise hat sich weiterentwickelt und war in der alten Norm nur rudimentär behandelt. Neue Erkenntnisse z.B. zu Reihenhaustrennwänden, Vorsatzschalen, Estrichen oder Fenstern, waren nicht eingearbeitet. Was erfahrene Anwender ausgleichen können, stellte für weniger erfahrene Anwender durchaus ein Anwendungs- und Haftungsrisiko dar.



Abbildung 1: Struktur der neuen Schallschutznorm für den Hochbau DIN 4109:2018-01

Nachfolgend werden die wichtigsten Änderungen der Schallschutznorm erläutert.

2.2. Schalltechnische Anforderungen – nur geringe Änderungen

Die Norm formuliert in Teil 1 Mindestanforderungen an den baulichen Schallschutz, was nun im Titel eindeutig angegeben ist. Die schalltechnischen Schutzziele (Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise, Schutz vor unzumutbarer Belästigung) sind benannt und entsprechen der Zielsetzung nach der EU-Bauproduktverordnung Nr. 305/2011. Die daraus abgeleiteten schalltechnischen Anforderungen erscheinen unter Berücksichtigung dieser Schutzziele nach der Erfahrung der Planung und der Bauwirtschaft mit einer vergleichsweise geringen Zahl an Beschwerderückläufer von Gebäudenutzern im Wesentlichen als angemessen. Sie entsprechen also offensichtlich der allgemeinen Erfahrung und sind immer in Kombination mit üblichen, zugelassenen Bauweisen und Baumaterialien zu sehen [3].

Im Wesentlichen ist das Anforderungsniveau gegenüber der alten Fassung der DIN 4109 aus dem Jahr 1989 gleichartig geblieben. Anpassungen wurden lediglich bei langjährig erprobten Bauweisen nach den Regeln der Technik, wie z. B. der Trittschalldämmung von Decken oder der Schalldämmung von Haustrennwänden (Doppel- und Reihenhaus) vorgenommen. Neu aufgenommen wurde eine Anforderung an die Trittschalldämmung von Balkonen und zulässigen Geräuschpegel bei Betrieb von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich, was bislang nicht geregelt war. Die Erfahrung aus der Praxis zeigt, dass diese Anforderungen mit allen wesentlichen und bauüblichen Regelkonstruktionen erfüllt werden können.

2.3. Schallschutz gegen Außenlärm

Urbane Räume werden mit neuen Bauprojekten weiter verdichtet. Auch mit Lärm belastete Grundstücke scheiden aufgrund der hohen Nachfrage von Nutzern bei der Auswahl aktuell nicht mehr grundsätzlich aus. In der Folge rücken Gebäude stärker an Verkehrswege und Gewerbeflächen heran. Daher gelangt der Außenlärm in Planungsprozessen häufiger als früher in den Fokus.

Eine wesentliche Änderung und Verbesserung der neuen Schallschutznorm für die Gebäudenutzer ist die Einbeziehung der Schallbelastung des Nachtzeitraums. Es wird nun sichergestellt, dass der Schallschutz grundsätzlich mindestens 10 dB besser als am Tag ist. Sofern sich die Außenlärmpegel gegenüber dem Tagzeitraum im Nachtzeitraum nicht um 10 dB mindern, so müssen die Schalldämm-Maße der Außenbauteile von Schlafräumen entsprechend höher dimensioniert werden. Das ist z.B. regelmäßig bei Einwirkung von Schienenverkehrslärm der Fall, da die bereitgestellten Zugzahlen nachts häufig eine gleiche Belastung wie am Tag anzeigen. Für Straßenverkehr ist bei stark frequentierten Straßen nachts von einem Rückgang der Beurteilungspegel von 5 dB gegenüber dem Tag auszugehen. Innerorts treten in der Regel für relevante Straßen eine Minderung von 8 dB auf. Durch die Einbeziehung des Nachtzeitraums ist daher für Verkehrsgereusche von einer Erhöhung der schalltechnischen Anforderungen an die Außenbauteile auszugehen. Eine Unterscheidung zwischen Tag- und Nachtzeit sowie eine 10 dB Stufung ist jedoch schon seit langem in den einschlägigen Regelwerken zu Verkehrsgereuschen obligatorisch.

Im Zuge der Einbeziehung des Nachtzeitraums wurde die grobe 5 dB Stufung der Anforderung überprüft. In der Vergangenheit führte die Erhöhung der Außenlärmpegel um 1 dB teilweise zur Erhöhung der Anforderung um 5 dB, da der nächste Lärmpegelbereich erreicht wurde. Die Heranziehung von Lärmpegelbereichen ist noch möglich, jedoch bietet sich dem Planer die Möglichkeit zur dB-genauen Auslegung der Außenbauteile, um Überdimensionierung zu vermeiden.

In der Praxis besteht regelmäßig die Frage, wann der Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN 4109 detailliert betrachtet werden muss. Als erster Indikator können hier Lärmaktionspläne der Kommunen dienen. Zeigen diese im Fall von Wohngebäuden für das betreffende Grundstück z.B. einen Wert von Nachts $L_N > 50$ dB(A) an, dann ist eine detaillierte Berechnung der Beurteilungspegel angeraten. Prinzipiell sind die Lärmaktionspläne jedoch nur als Indikator geeignet, da in Bezug auf die 16. BImSchV inkompatible Pegelgrößen und lediglich grobe Raster verwendet werden.

Es können für einfache Verkehrswege (z.B. „lange gerade Straße») auch Nomogramme verwendet werden, mit denen aus der jeweils vorhandenen Verkehrsstärke Beurteilungspegel ablesbar sind. Solche Nomogramme finden sich in Anhang A der DIN 18005-1.

Mittlerweile ist es für größere Bauvorhaben oder Planungsumgriffe üblich, dass eine Gebäudelärmkarte auf Grundlage eines digitalen 3D-Modells erstellt wird. Hieraus lassen sich fassaden- und geschossweise Beurteilungspegel angeben und maßgebliche Außenlärmpegel L_a ableiten, mit denen in Abhängigkeit der Gebäudeart, z.B. Wohn- oder Bürogebäude, die Anforderung an die Schalldämm-Maße $R'_{w,ges}$ der Außenbauteile berechnet werden können, vgl. Gleichung 1.

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart}$$

mit $K_{Raumart} =$

- 25 dB für Krankenhäuser und Sanatorien
- 30 dB für Wohngebäude, Übernachtungsräume in Hotel, Schulräumen
- 35 dB für Bürogebäude

Gleichung 1: Berechnung der Anforderung an das Gesamt-Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,ges}$ in Abhängigkeit des maßgeblichen Außenlärmpegels L_a und der Raumart.

2.4. Schienenbonus? – Kein Schienenbonus, aber Untersuchungsbedarf!

Mit Einführung der Anforderung für den Nachtzeitraum ergab sich für die neue DIN 4109 ein besonderes Dilemma: In der alten DIN 4109 wurde keine Unterscheidung für Schienen- und Straßenverkehrslärm vorgenommen. Im Fall von Schienenverkehr war seinerzeit jedoch bekannt, dass aufgrund hochfrequenter Schallanteile des Schienenverkehrs physikalisch bedingt eine bessere Dämmwirkung der Außenbauteile vorhanden ist [9]. Für Straßenverkehr mit Verbrennungsmotoren traten hingegen verstärkt tieffrequente Anteile auf, die durch übliche Bauteile weniger gut gedämmt werden.

Um weiterhin mit Einzahlangaben (A-Bewerteter Schalldruckpegel, bewertetes Schalldämm-Maß) zu arbeiten, wendete man Korrektursummanden an, um aus der gewünschten A-Schallpegeldifferenz von maßgeblichen Außenlärm und Innenpegel die Anforderung an das bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ des Außenbauteils abzuleiten [8].

Entsprechende Unterscheidungen bzw. Differenzierungen für einzelne Lärmarten wurden z.B. mit Herausgabe der VDI 2719 [6] im Jahr 1987 eingeführt und sind auch in der vom Gesetzgeber erlassenen 24.BImSchV [7] etabliert. Da in der alten Norm DIN 4109 im Jahr 1989 jedoch nur die Tagbelastung herangezogen wurde, hatte man sich Ende der 80er Jahren offensichtlich entschieden, keine Unterscheidung zwischen den Lärmarten vorzunehmen. Man nahm offensichtlich bei Schienenverkehr eine Überdimensionierung der Bauteile auf Basis des Tagwertes in Kauf, um aufgrund der geringen Nachtreduzierung des Schienenverkehrslärms auch nachts den Schallschutz sicherzustellen.

Leider sind die genauen Hintergründe in den verfügbaren Unterlagen nicht dokumentiert. Lediglich aus einem handschriftlichen Dokument ist nachzuvollziehen, dass als historischer «Spektrumsanpassungswert» in den Anforderungen an die Schalldämm-Maße einheitlich ein Zuschlag von 5 dB angewendet wurde, um einen mittleren Innenpegel von 35 dB(A) am Tag sicherzustellen. Da dieser Wert jedoch mit vom Verbrennungsmotor geprägtem Straßenverkehr korreliert wurde und bei Schienenverkehr nicht anzuwenden war, ist in der neuen DIN 4109 mit Einführung der separaten Tag-/Nachtbetrachtung vom Beurteilungspegel von Schienenverkehr ein Abschlag von 5 dB anzuwenden, um den in den Anforderungen enthaltenen Zuschlag zu neutralisieren. Eine Bonus / Malus-Regelung für unterschiedliche Lärmträger ist in DIN 4109 nicht beabsichtigt und auch sicherlich fehl am Platz. Es geht um den Schallschutz von Nutzern im Hochbau und für diese ist in erster Linie unabhängig vom Lärmträger sicherzustellen, dass entsprechend der Zielsetzung der Norm eine ausreichende Schalldämmung der Gebäudehülle für entsprechende Innenpegel vorgesehen wird.

Aus den Erläuterungen ist ersichtlich, dass die zugrundeliegenden Erkenntnisse vor mehr als 30 Jahre ermittelt wurden. Ungeklärt ist, ob die Unterscheidung Straße/Schiene im Hinblick auf den Schallschutz gegen Außenlärm uneingeschränkt gültig ist. Die im Laufe der Zeit verschärften Anforderungen an Vorbeifahrtgeräusche von Kraftfahrzeugen als auch die Verschärfungen der Anforderungen an Schienenfahrzeuge lassen vermuten, dass die spektrale Verteilung des Außenlärms Veränderungen unterworfen ist.

2.5. Überarbeitetes Berechnungsverfahren und erweiterter Bauteilkatalog

Wesentliche Änderungen der neuen Norm betreffen das Nachweisverfahren sowie den deutlich erweiterten Bauteilkatalog. Das tabellarische Nachweisverfahren wurde ersetzt durch ein Rechenverfahren. Dieses Verfahren berücksichtigt alle relevanten Schallübertragungswege zwischen Räumen nach den abgestimmten europäisch vereinheitlichten Methoden [4] [5].

Das Verfahren ist anwendbar für alle gängigen Bauarten, ausreichend validiert und praxiserprobt. Es ist festzustellen, dass mit großer Sorgfalt seit 20 Jahren im Zusammenwirken aller relevanten Baustoffhersteller und Interessensgruppen, die in DIN 4109 [1] angewendeten Rechenmethoden in transparenter Weise von allen Seiten beleuchtet und überprüft wurden. Das Verfahren wird bereits seit 2010 im Bereich von Baustoffzulassungen angewendet. Die Praxis zeigt, dass für die Anwendung von der Industrie bereitgestellte Softwareprodukte bereits verfügbar und erprobt sind.

In angrenzenden Ingenieurdisziplinen wie z.B. der Tragwerksplanung ist die bewusste Steuerung der gewünschten Sicherheit zwischenzeitlich obligatorisch. Auch in DIN 4109 wurde ein Sicherheitskonzept implementiert und dieses klar gekennzeichnet. Diese neue Klarheit schneidet bewusst die alten Zöpfe ab, nach denen im alten Verfahren die Sicherheiten teils versteckt und immer pauschal integriert waren. Hier besteht zukünftig Potenzial, um bewusst mit den anzuwendenden Sicherheiten umzugehen.

Die Bauteilangaben in Form eines Bauteilkatalogs wurden stark erweitert. Die angegebenen Kennwerte sind durch schalltechnische Messungen abgesichert. Durch den neuen Bauteilkatalog ist die Wahrscheinlichkeit gestiegen, dass der Anwender schalltechnische Angaben zur benötigten Konstruktion findet.

Aktuell werden neueste Erkenntnisse aus der anwendungsbezogenen Forschung zu Vorhangfassaden und WDV-System eingearbeitet. Verbänden, die z.B. einzelne Bauweisen oder Produktgruppen vertreten, steht es offen, abgesicherte schalltechnische Auslegungen in die Berechnungsverfahren zu implementieren, um den Planer herstellerneutral bei der Auslegung und Bewertung zu unterstützen. Durch die klare Gliederung soll eine ggf. dynamische Ergänzung der Normenteile unterstützt werden.

Das neue Berechnungsverfahren in Verbindung mit dem neuen Bauteilkatalog erlaubt eine detaillierte Auslegung. Durch die Vermeidung von Überdimensionierungen sind Baukosteneinsparungen möglich.

Die Anwendung der überarbeiteten Berechnungsverfahren schärft den Blick auf die Mechanismen der Schallübertragung und führt zu vorteilhaften Produktentwicklungen. Beispiele finden sich auch im Holzbau, z.B. durch schalltechnisch optimierte Stoßstellen.

3. Vergleichsrechnungen

In der Diskussion zu den Folgen der Überarbeitung des Schallschutzes gegen Außenlärm tritt die Frage auf, inwieweit sich das bislang bekannte Anforderungsniveau geändert hat. Hierzu sind nachfolgend Vergleichsberechnungen dargestellt.

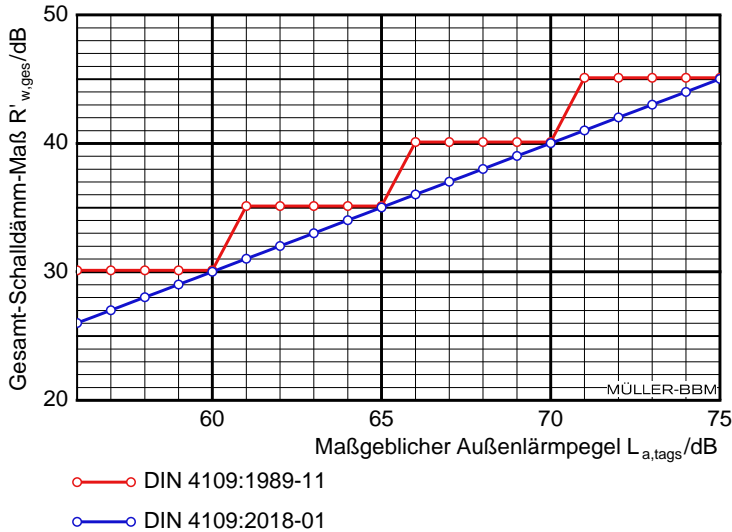


Abbildung 2: Straßenverkehrslärm an einer innerstädtischen Straße, $\Delta L_{Tag/Nacht} = 10$ dB (Verkehrsbelastung in der Nacht 10% vom Tagwert)

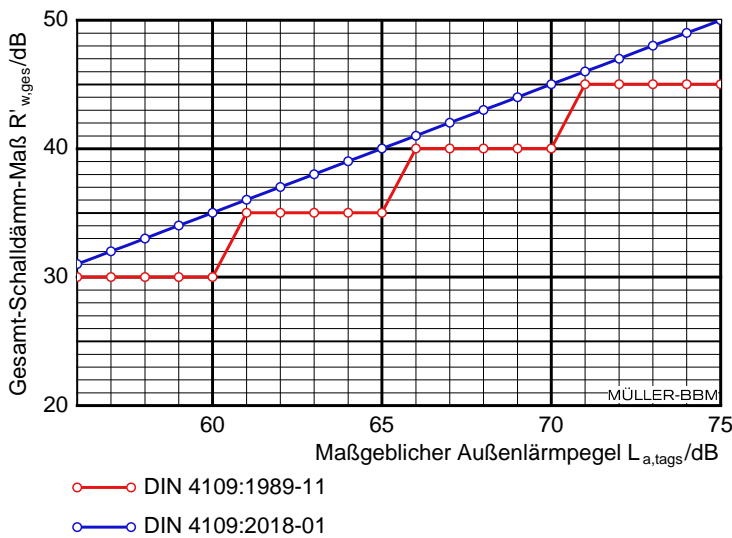


Abbildung 3: Straßenverkehrslärm an einer Autobahn, $\Delta L_{Tag/Nacht} = 5$ dB (Verkehrsbelastung in der Nacht 32% vom Tagwert)

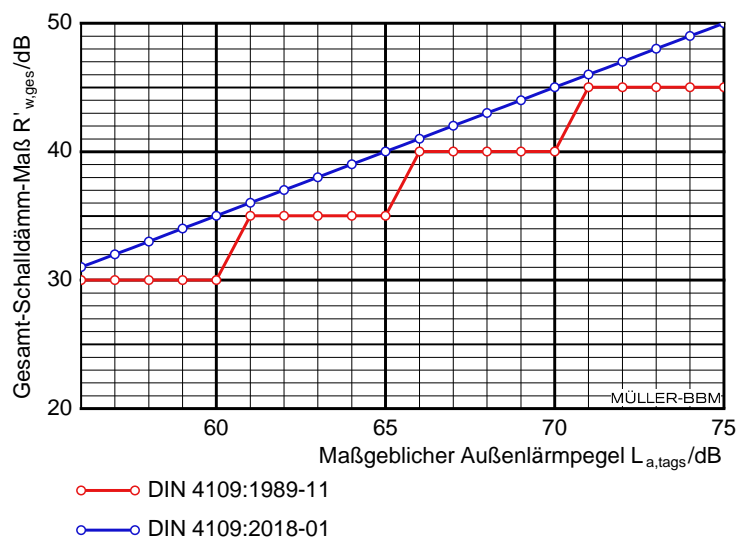


Abbildung 4: Schienenverkehrslärm, $\Delta L_{Tag/Nacht} = 0$ dB, d.h. gleicher Pegel am Tag und in der Nacht

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass durch die neue DIN 4109 im Bereich von Straßen, die nachts deutlich weniger befahren sind als am Tag, eine berechtigte Reduzierung der Anforderungen an die Außenbauteile von bis zu 4 dB auftritt (vgl. Abb. 2). Für Straßen und Schienen, die Nachts nur einen leichten bis keinen Rückgang der Lärmbelastung aufweisen, tritt hingegen eine Verschärfung um bis zu 5 dB auf (siehe Abb. 3 und 4).

Die Änderungen der Anforderungen berücksichtigen jeweils einzuhaltende Innenpegel, die unter anderem mit dem Umweltbundesamt abgestimmt wurden. Insofern kann erwartet werden, dass die in den jeweiligen länderspezifischen Bauordnungen definierten Schutzziele (siehe z.B. §3 der Musterbauordnung MBO) eingehalten werden.

4. Holzbauteile zum Schallschutz gegen Außenlärm

Das Gesamt-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ einer Fassade setzt sich in Abhängigkeit der jeweiligen Fläche aus dem Schalldämm-Maßen der einzelnen Bauteile und Elemente in der Fassade, bezogen auf die Fassadenfläche, zusammen. Das bedeutet, das Gesamt-Schalldämm-Maß wird vor allem durch schwache Bauteile oder Elemente beeinflusst.

In der Regel sind die Fenster die schalltechnisch schwächsten Außenbauteile. Die neue DIN 4109 [1] führt in den Bauteilkatalogen herstellerunabhängig Fensterkonstruktionen auf, die als Einfach-, Verbund- oder Kastenfensterkonstruktionen ein bewertetes Schalldämm-Maß von $R_w = 25$ dB bis 45 dB abdecken. Produktspezifisch sind schalltechnisch höchstwertige Sonderkonstruktionen bis zu $R_w = 55$ dB bekannt. Die Praxiserfahrung zeigt, dass unter Berücksichtigung aktueller Anforderungen an den Wärmeschutz Einfachfenster von $R_w = 35$ dB bis 45 dB gebräuchlich sind.

Die Außenwand oder die Dachkonstruktion als opake Außenbauteile sollten gegenüber den Fenstern ein deutlich höheres Schalldämm-Maß aufweisen. Folgende Angaben können im Sinne einer ersten Orientierung genannt werden: Ein Wert von ca. $R_w = 40$ dB bis 45 dB stellt auch ohne Außenlärmbelastung die unterste Grenze dar, die nicht unterschritten werden sollte, da das Gebäude ansonsten von den Nutzern als hellhörig gegenüber Außenlärm beschrieben wird. Bei moderater Außenlärmbelastung ist sicherlich ein Wert von $R_w = 45$ dB bis 50 dB einzuhalten. Bei höherer Außenlärmbelastung sind opake Außenbauteile mit bewerteten Schalldämm-Maßen von $R_w \geq 50$ dB erforderlich.

Um Konstruktionen in Holzbauweise schalltechnisch zu beurteilen eignet sich der Bauteilkatalog in DIN 4109-33 [1].

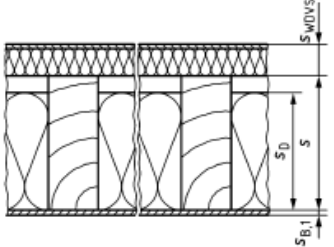
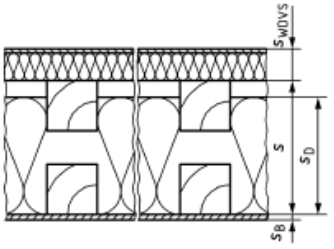
Zeile	Schnitt, horizontal	Konstruktionsdetails				R_w ($C; C_{tr}$) dB
		Mindestdämmschichtdicke ^a	Holzständer ^b	Mindestschalenabstand	Bekleidung ^c	
		s_D mm	b/h mm	s mm	$s_{B,n}$ mm	
7		140	60/160	160	s_{WDVS} Putz ^e + WF 60 $s_{B,1}$ HW 15	46 (-1; -6)
8		140	Stiel 2 x 60/60 Rähm 60/160 durchgehend	160	s_{WDVS} Putz ^e + WF 60 s_B HW 15	49 (-1; -4)

Abbildung 5: Auszug aus dem Bauteilkatalog zu Außenwänden in Holzbauweise in DIN 4109-33 [1]

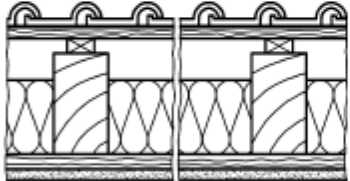
Spalte	1	2	3		
Zeile	Schnitt, vertikal	Konstruktionsdetails		R_w ($C; C_{tr}$) dB	
		mm	Bauteilbeschreibung		
1			Dachdeckung	50 ^b (-3; -9)	
			Lattung, Konterlattung,		
		120 bis 180	Zwischensparrendämmung ^a		
			Lattung		
2			12,5	Gipsplatten GK	52 (-3; -10)
				Dachdeckung,	
			Lattung, Konterlattung,		
		≥ 180	Zwischensparrendämmung ^c		
3			12,5	Gipsplatten GK	52 (-4; -11)
				Dachdeckung,	
			Lattung, Konterlattung,		
		≥ 200	Zwischensparrendämmung ^d		
		10	Gipsfaserplatten GF		

Abbildung 6: Auszug aus dem Bauteilkatalog zu Dächern in Holzbauweise in DIN 4109-33 [1]

Alternativ können auch bauphysikalische Datenbanken zu Holzbauteilen mit qualitätsgesicherten Angaben zu den Schalldämmungen herangezogen werden. Exemplarisch sei die Datenbank Dataholz.eu genannt [10]. In den beiden folgenden Abbildungen sind vergleichende Auswertungen dargestellt.

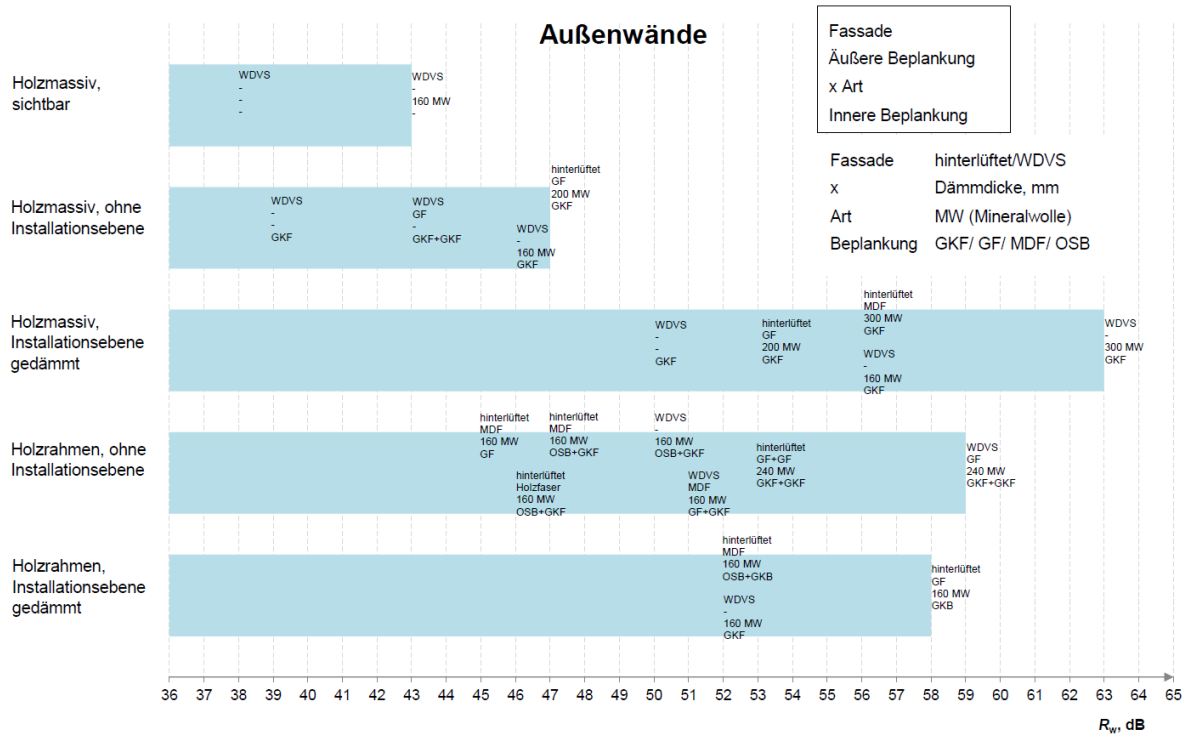


Abbildung 7: Zusammenstellung von Außenwänden aus der Datenbank Dataholz.eu [10]

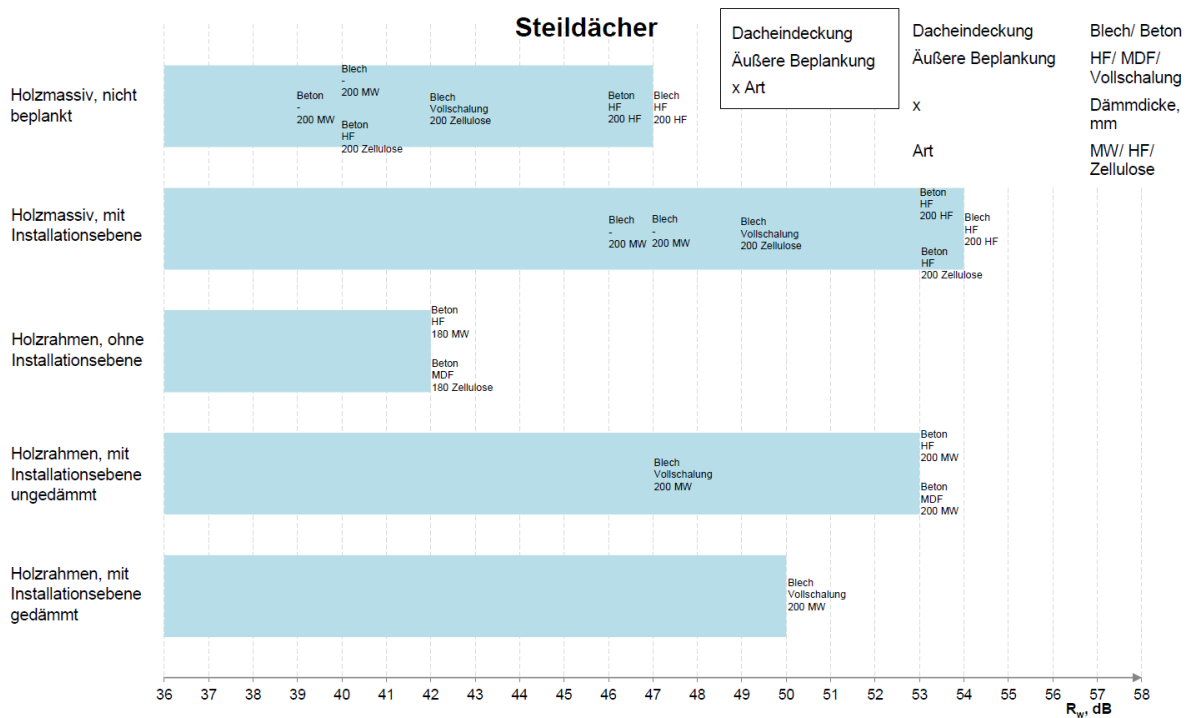


Abbildung 8: Zusammenstellung von Steildächern aus der Datenbank Dataholz.eu [10]

Für die Praxis können auf Grundlage solcher Zusammenstellungen vereinfachte und exemplarische Zusammenhänge angegeben werden:

- Bei Außenlärmbelastung sind Außenbauteile sowohl in Holzrahmen- als auch Holzmassivbauweise prinzipiell geeignet.
- Eine raumseitige Installationsebene ist bei Außenlärmbelastung sinnvoll, um ausreichend hohe Schalldämm-Maße sicherzustellen.
- Außenwände in Holzrahmenbauweise und einem WDV-System z.B. mit Holzfaserdämmstoffen erreichen vergleichsweise hohe Schalldämm-Maße.

- Durch eine Erhöhung der Konstruktionstiefe von Außenbauteilen können höhere Schalldämm-Maße erreicht werden. Der Schallschutz erfordert Platz.
- Dachkonstruktionen mit Sichtsparren oder sichtbaren Holzmassivbauteilen sind bei Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm nur bedingt geeignet.
- Für Dachkonstruktionen ist neben der Zwischensparrendämmung aus Faserdämmstoff eine Aufsparrendämmung ebenfalls aus Faserdämmstoff günstig.

5. Literatur

- [1] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau, Ausgabe 2018-01 bzw. 2016-07
- Teil 1: Mindestanforderungen
 Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
 Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes
 Teil 31: Rahmendokument
 Teil 32: Massivbau
 Teil 33: Holz-, Leicht- und Trockenbau
 Teil 34: Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen
 Teil 35: Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden
 Teil 36: Gebäudetechnische Anlagen
 Teil 4: Bauakustische Prüfungen
- [2] VDI 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen
 Ausgabe 1987-08
- [3] Gerhard Hilz: Die neue DIN 4109 im Ländervergleich.
 Forum-Holzbau 8. HolzBauSpezial – Bauphysik, März 2017
- [4] Heinz-Martin Fischer: Neufassung der DIN 4109 auf Basis europäischer Regelwerke des baulichen Schallschutzes. In: Bauphysik-Kalender 2014, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn
- [5] Oliver Kornadt, Maximilian Redeker: Normative Neuerungen zum Schallschutz im Hochbau. In: Deutsches Ingenieurblatt 10-2018.
- [6] VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen. Ausgabe 1987-08
- [7] 24. BImSchV «Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung» zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 1997-02
- [8] Wolfgang Moll, Renate Szabunia: Beurteilung des Schallschutzes durch Außenbauteile; Messtechnische Untersuchung der Relation zwischen bewertetem Bau-Schalldämm-Maß und A-Schallpegeldifferenz. Forschungsbericht 105 04 511 im Auftrag des Umweltbundesamtes, November 1985
- [9] S. Jovicic, R. Wettchureck: Bewertetes Schalldämm-Maß und A-Schallpegel-Differenz bei Fenstern – Statistische Auswertung der an fertigen Bauten gemessenen Schalldämmkurven, Bericht Nr. 7217-35/1, Oktober 1983
- [10] Datenbank für Gebäudebauteile in Holzbauweise: www.Dataholz.eu, Holzforschung Austria