

SCHALL

7.1 Anforderungen und Nachweise

Für die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen, die sich in Gebäuden aufhalten, hat der Schallschutz große Bedeutung. Hervorzuheben ist der Schallschutz im Wohnungsbau, denn Wohnungen dienen zur Entspannung und zum Ausruhen. Außerdem schirmen sie die Privatsphäre des eigenen Wohnbereiches gegenüber den Nachbarn ab. Aber auch in anderen Gebäuden, die dem zeitweisen Aufenthalt von Menschen dienen, z. B. Schulen oder Krankenhäuser, ist der Schallschutz wichtig.

Der Nachweis des Schallschutzes wird auf Grundlage der Normenreihe DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ [72] mit ihren Beiblättern geführt, in der entsprechend der Schutzziele die Anforderungen an die Schalldämmung von Bauteilen festgelegt sind. Dadurch soll der Geräuschpegel aus benachbarten Räumen oder von außen unterhalb bestimmter, durch die Nutzung vorgegebener Grenzen gehalten werden. Durch Festlegung dieser Anforderungen kann aber nicht erwartet werden, dass Geräusche, die aus benachbarten Räumen oder von außen stammen, nicht mehr wahrgenommen werden. Eine gegenseitige Rücksichtnahme von Menschen ist unverzichtbar. Jedoch kann im Zuge der schalltechnischen Planung das Maß der gewünschten Schalldämmung, die ein Bauteil aufweisen soll, unterschiedlich hoch festgelegt werden. Die bauaufsichtlichen Mindestanforderungen enthält DIN 4109 [72.1]. Ihre Einhaltung ist obligatorisch. Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz sind in DIN 4109 Beiblatt 2 [72.5] festgelegt. Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren für den schalltechnischen Nachweis sind DIN 4109 Beiblatt 1 [72.4] zu entnehmen.

Vereinbarungen zu einem vom Mindestschallschutz nach DIN 4109 abweichenden Schallschutz sind zwischen den Beteiligten immer schriftlich zu vereinbaren. Welche Bedeutung den Anforderungen nach DIN 4109 hinsichtlich des geschuldeten Schallschutzes zukommt, wird in einem Merkblatt der Deutschen Gesellschaft für

Mauerwerksbau [23] beschrieben. Auch ein Memorandum der Deutschen Gesellschaft für Akustik [22] enthält Hinweise zu schalltechnischen Anforderungen an Bauteile von Gebäuden. Einer anderen Systematik folgend werden schalltechnische Anforderungen gemäß der bauaufsichtlich nicht eingeführten VDI 4100 [133] mit einem erweiterten Anforderungskatalog in Schallschutzstufen eingeordnet. Auch die Anwendung dieses Regelwerkes setzt eine schriftliche Vereinbarung der Beteiligten voraus.

Beim Nachweis des Schallschutzes gemäß DIN 4109 sind im Wesentlichen folgende Werte zu ermitteln, mit denen die schalldämmenden Eigenschaften von Bauteilen wie Wände oder Decken festgelegt werden:

- Luftschalldämmung:
Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w [dB]
- Trittschalldämmung:
Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ [dB]

R'_w und $L'_{n,w}$ sind die wichtigsten Einflussgrößen für den Schallschutz zwischen zwei Räumen. Dennoch können bei gleichen Schalldämmwerten von Bauteilen die Unterschiede des vorhandenen Schallschutzes erheblich sein, weil R'_w und $L'_{n,w}$ nicht die akustisch relevanten Raumgrößen, die unterschiedliche Geräuschentwicklung in den Räumen und die Geräuschempfindlichkeit berücksichtigen. Daher ist vorgesehen, zukünftig nachhallzeitbezogene Schallpegel und Schallpegeldifferenzen in eine situationsbezogene und schallschutzorientierte Planung mit einzubeziehen. Diese Änderungen fließen in die zukünftige Normenreihe DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ ein, welche voraussichtlich aus folgenden Teilen bestehen wird:

- Teil 1: Anforderungen [72.2]
- Teil 2: Rechnerischer Nachweis der Erfüllung der Anforderungen
- Teil 3: Eingangsdaten für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes (Bauteilkatalog)
- Teil 4: Handhabung bauakustischer Prüfungen

Die zukünftigen Mindestanforderungen im Entwurf der Neufassung der DIN 4109-1 sind mit dem derzeitigen Anforderungsniveau vergleichbar. Eingeführt wird der Schallschutz zwischen Räumen und nicht mehr wie bisher die Schalldämmung von Bauteilen. Eine wesentliche Neuerung sind somit folgende Nachweisgrößen:

- Luftschalldämmung:
Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ [dB]
- Trittschalldämmung:
Bewerteter Standard-Norm-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ [dB]

Mit $D_{nT,w}$ und $L_{nT,w}$ wird auch die Nachhallzeit im Empfangsraum berücksichtigt. Räume werden bestimmten Raumgruppen zugeordnet und die Anforderungen an den Luft- und Trittschallschutz von der Situation der Raumgruppen zueinander abhängig gemacht.

Der rechnerische Nachweis des zu erwartenden Schallschutzes zwischen Räumen gemäß dem zukünftigen Teil 2 wird voraussichtlich dem in DIN EN 12354 [81] vorgegebenen „vereinfachten Verfahren“ entsprechen. Teil 3 soll schalltechnische Daten von Bauteilen und Konstruktionen für den rechnerischen Nachweis in Form von Einzahlangaben enthalten. Hierzu werden die Daten aus dem bisherigen Beiblatt 1 umfassend überarbeitet. Teil 4 wird unter Beachtung der derzeitigen DIN 4109-11 [72.3] die bauakustischen Prüfungen regeln.

Das Einführungsdatum der neuen Norm, die auch die veränderten Rechenverfahren aufgrund der europäischen Normung mit einschließt, ist noch nicht absehbar. Daher ist DIN 4109 vom November 1989 mit ihren Beiblättern Grundlage folgender Ausführungen. Folgende Situationen werden durch ihre schalltechnischen Anforderungen erfasst:

- Schutz gegen Geräusche aus fremden Räumen, die bei deren bestimmungsgemäßem Gebrauch entstehen, z. B. aus Nachbarwohnungen (s. Abschnitt 7.2)
- Schutz gegen Außenlärm, z. B. Verkehrslärm und Lärm aus Gewerbe- und Industriebetrieben, die nicht mit den Aufenthaltsräumen baulich verbunden sind (s. Abschnitt 7.3)
- Schutz gegen Geräusche von Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung und aus Betrieben im selben oder in baulich damit verbundenen Gebäuden (s. Abschnitt 7.4)

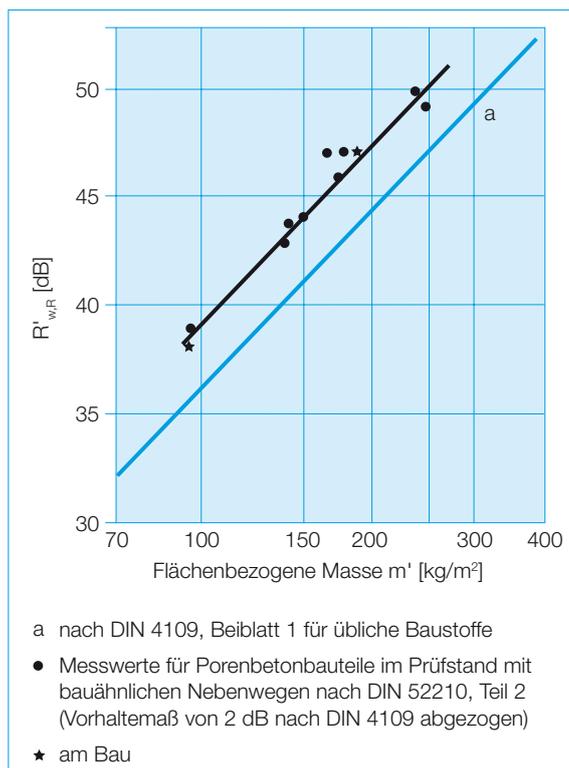
7.2 Geräusche aus fremden Räumen

7.2.1 Luftschalldämmung in horizontaler Richtung

Einschalige Innenwände

Die schalltechnische Qualität eines einschaligen, biegesteifen Bauteils, definiert als bewertetes Bau-Schalldämmmaß R'_{w} , ist abhängig von der flächenbezogenen Masse eines Bauteils und wird in DIN 4109 Beiblatt 1 tabellarisch erfasst (Tab. 7.1). Diese normative Regelung basiert auf der Frequenz- und Masseabhängigkeit von Bauteilen gemäß dem Berger'schen Massegesetz sowie dem Einfluss der Koinzidenz. In Untersuchungen, die in Prüfständen durchgeführt wurden, hat sich gezeigt, dass abweichend vom vorgenannten Zusammenhang die Schalldämmung von Porenbetonwänden etwa 2 bis 4 dB größer ist als die gleich schwerer Wände aus anderen Baumaterialien (Abb. 7.1). Die Ursache dieses günstigeren schalltechnischen Verhaltens ist darauf zurückzuführen, dass Porenbeton eine höhere innere Dämpfung hat. Dabei wird bei Porenbetonwänden im Vergleich zu anderen Wänden ein größerer Teil der Schallenergie in Wärmeenergie umgewandelt [16]. Dokumentiert ist dieses Verhalten in einer Fußnote zu DIN 4109 Beiblatt 1 Tab. 1, die besagt, dass bei verputzten Wänden aus dampfgehärtetem Porenbeton mit Steinrohddichten $\rho \leq 800 \text{ kg/m}^3$

Abb. 7.1: Bewertetes Schalldämmmaß R'_{w} von einschaligen Wänden und Decken aus Porenbeton, gemessen in Prüfständen mit Schallnebenwegen bzw. am Bau



und bei einer flächenbezogenen Masse $m' \leq 250 \text{ kg/m}^2$ das bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ um 2 dB höher angesetzt werden darf.

Bei Ermittlung der rechnerisch anzusetzenden flächenbezogenen Masse sind Mörtelart und Rohdichte des verwendeten Materials zu berücksichtigen. Da Produkte aus Porenbeton eine Rohdichte aufweisen, die immer unter 1.000 kg/m^3 liegt und generell mit Dünnbettmörtel verarbeitet werden, beträgt die Abminderung bei Porenbetonbauteilen grundsätzlich 50 kg/m^3 (Tab. 7.2). Dies gilt ebenso für Montagebauteile. Für Mauerwerk aus anderen Produkten und Mörtelarten (Leichtmörtel, Normalmörtel) gelten andere Größen. Ergänzend liefert die Norm Rechenwerte der flächenbezogenen Massen für Wandputze, abhängig von der Art und der Dicke des Putzes (Tab. 7.3).

Rohdichteklasse	Rohdichte	Abminderung
> 1,0	> 1.000 kg/m^3	100 kg/m^3
$\leq 1,0$	$\leq 1.000 \text{ kg/m}^3$	50 kg/m^3

Tab. 7.2: Abminderung $\Delta\rho$ für Wände aus Leichtbeton und Porenbeton sowie bei Wänden aus in Dünnbettmörtel verlegten Plansteinen und -platten gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 [72.4]

Putzdicke mm	Flächenbezogene Masse von	
	Kalkgipsputz, Gipsputz kg/m ²	Kalkputz, Kalkzementputz, Zementputz kg/m ²
10	10	18
15	15	25
20	-	30

Tab. 7.3: Flächenbezogene Masse m' von Wandputz gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 [72.4]

Der Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ einer 24 cm dicken Wand aus Porenbeton-Plansteinen der Rohdichte 600 kg/m^3 , beidseitig mit 1 cm Gipsputz versehen, wird wie folgt berechnet:

- Rohdichte: $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$
- Abminderung: $\Delta\rho = 50 \text{ kg/m}^3$
- Rechenwert der Rohdichte:
 $\rho = 600 - 50 = 550 \text{ kg/m}^3$
- Flächenbezogene Masse:
 $m' = 550 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,24 \text{ m}$
 $= 132 \text{ kg/m}^2$
- Flächenbezogene Masse des Putzes:
 $m' = 2 \cdot 10 \text{ kg/m}^2 = 20 \text{ kg/m}^2$

Flächenbezogene Masse m' kg/m ²	Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ dB
85 ³⁾	34
90 ³⁾	35
95 ³⁾	36
105 ³⁾	37
115 ³⁾	38
125 ³⁾	39
135	40
150	41
160	42
175	43
190	44
210	45
230	46
250	47
270	48
295	49
320	50
350	51
380	52
410	53
450	54
490	55
530	56
580	57
630	58
680	59
740	60
810	61
880	62
960	63
1.040	64

Tab. 7.1: Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ ¹⁾²⁾ von einschaligen, biegesteifen Wänden und Decken (Rechenwerte) gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 [72.4]

¹⁾ Gültig für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{L,Mittel}$ von etwa 300 kg/m^2 . Weitere Bedingungen für die Gültigkeit der Tabelle 1 siehe DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 3.1

²⁾ Messergebnisse haben gezeigt, daß bei verputzten Wänden aus dampfgehärtetem Gasbeton und Leichtbeton mit Blähonzuschlag mit Steinrohichte $\leq 0,8 \text{ kg/dm}^3$ bei einer flächenbezogenen Masse bis 250 kg/m^2 das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ um 2 dB höher angesetzt werden kann. Das gilt auch für zweischaliges Mauerwerk, sofern die flächenbezogene Masse der Einzelschale $m' \leq 250 \text{ kg/m}^2$ beträgt.

³⁾ Sofern Wände aus Gips-Wandbauplatten nach DIN 4103 Teil 2 ausgeführt und am Rand ringsum mit 2 mm bis 4 mm dicken Streifen aus Bitumenfilz eingebaut werden, darf das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ um 2 dB höher angesetzt werden.

⁴⁾ Diese Werte gelten nur für die Ermittlung des Schalldämm-Maßes zweischaliger Wände aus biegesteifen Schalen nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 2.3.2.

- Rechenwert der flächenbezogenen Masse insgesamt:
 $m' = 132 + 20 = 152 \text{ kg/m}^2$
- Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes (ohne „Porenbeton-Bonus“):
 $R'_{w,R} = 41 \text{ dB}$
- Erhöhung des bewerteten Schalldämm-Maßes („Porenbeton-Bonus“):
 $\Delta R'_{w,R} = 2 \text{ dB}$
- Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes (mit „Porenbeton-Bonus“):
 $R'_{w,R} = 41 + 2 = 43 \text{ dB}$

Diese Berechnung berücksichtigt, dass die mittlere flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile etwa 300 kg/m^2 beträgt. Ist sie niedriger oder höher, muss zur Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w der oben ermittelte Rechenwert um einen Korrekturwert $K_{L,1}$ abgemindert oder erhöht werden, der in Abhängigkeit von der Art des trennenden Bauteils und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{L,mittel}$ der flankierenden Bauteile zu ermitteln ist:

$$R'_w = R'_{w,R} + K_{L,1} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (7.1)}$$

Tab. 7.4 enthält eine Übersicht mit Schalldämm-Maßen $R'_{w,R}$ (Rechenwerte) von einschaligen Wänden aus Porenbeton-Plansteinen, Porenbeton-Mauertafeln, Porenbeton-Wandtafeln und Porenbeton-Wandplatten, wobei Putzschichten oder sonstige Beläge nicht berücksichtigt werden. Beidseitig angebrachte Putzschichten erhöhen $R'_{w,R}$ je nach verwendeter Putzart und -dicke um 1 bis 2 dB. Eingerechnet wurde der „Porenbeton-Bonus“ von 2 dB. Ausgegangen wird von einer mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile von $m'_{L,mittel} = 300 \text{ kg/m}^2$. Lässt man einen davon abweichenden Einfluss flankierender Bauteile außer acht, ist der Übersicht zu entnehmen, dass im Wohnungsbau mit einschaligen Innenwänden üblicher Dicke aus Porenbeton die Anforderungen an den Schallschutz gegen Geräusche aus fremden Räumen bei horizontaler Übertragung mit $R'_w = 53 \text{ dB}$ gemäß DIN 4109 nicht erfüllt werden können. Dann wird entweder ein schwererer Baustoff gewählt oder eine mehrschalige Konstruktion ausgeführt. Das bewertete Schalldämm-Maß einer leichten Trennwand mit Vorsatzschale beträgt nach Untersuchungen im Prüfstand mit bauüblichen Nebewegen $R'_{w,P} = 53 \text{ dB}$, wenn die

Wand mit einem Prüfgewicht von 102 kg/m^2 folgendermaßen aufgebaut ist [116]:

- Innenputz, $d = 10 \text{ mm}$
- Porenbeton-Planbauplatten Ppl 0,60, $d = 100 \text{ mm}$
- Gips-Ansetzbinder als Spachtelmasse, $d = 2 \text{ mm}$
- Mineralfasermatten nach DIN 18165-1 [91.1], $d = 40 \text{ mm}$
- Spachtelmasse, $d = 2 \text{ mm}$
- Gipsbatzen, ca. 6 Stück/ m^2 , $d = 20 \text{ mm}$
- Gipskartonplatten, $d = 12,5 \text{ mm}$

Dämm-Maße aus Prüfstands-Untersuchungen werden unter Berücksichtigung eines Vorhaltemaßes von 2 dB gemäß folgender Gleichung in Rechenwerte umgerechnet:

$$R'_{w,R} = R'_{w,P} - 2 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (7.2)}$$

Mit Wänden aus mehreren Porenbetonschalen können darüber hinaus erhöhte Anforderungen an den Schallschutz gemäß DIN 4109 Beiblatt 2 erzielt werden. Ein Beispiel hierfür sind zweischalige Haustrennwände.

Zweischalige Haustrennwände

Zweischalige Haustrennwände sind Wände, die nach den Bauordnungen der Länder zwischen fremden Hauseinheiten wie Reihenhäusern oder Doppelhäusern, sinngemäß aber auch zwischen mehrgeschossigen Wohnhäusern zu errichten sind. An diese Wände werden besondere Schallschutzanforderungen gestellt, welche durch das günstigere Verhalten zweischaliger Wände gegenüber einschaligen Wänden leicht erfüllt werden können. Wich-

Tab. 7.4: Rechenwerte der Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ von einschaligen Wänden aus Porenbeton-Plansteinen, Porenbeton-Planelementen, Porenbeton-Mauertafeln, Porenbeton-Wandtafeln und Porenbeton-Wandplatten (ohne Putz oder sonstige Beläge, $m'_{L,mittel} = 300 \text{ kg/m}^2$, einschließlich „Porenbeton-Bonus“ von 2 dB)

Rohdichteklasse	Rechenwert der Rohdichte gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 [72.4] oder allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung	Rechenwert der Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ bei Bauteildicke d						
		m						
		150	175	200	225	250	300	365
0,40	350	-	-	-	-	36	39	41
0,50	450	-	-	37	38	39	42	44
0,60	550	-	38	39	40	41	44	46
0,70	650	38	39	41	42	43	46	48

tig ist dabei, dass die Trennfuge zwischen den Einzelschalen ausreichend breit ist und ordnungsgemäß ausgeführt wird. Die Trennfuge, beginnend von der Unterkante des Gebäudes bis unter die Dachhaut, darf nicht durch Schallbrücken wie Mörtelreste oder unsauber eingeschalteten Beton im Deckenbereich gestört werden.

Entscheidende Bedeutung kommt auch dem Dämmstoff in der Trennfuge zu: Es dürfen nur mineralische Trittschalldämmplatten Typ WTH nach DIN EN 13162 [83] oder Typ WTH-sh nach DIN V 4108-10 [71.7], früher Typ T nach DIN 18165-2 [91.2], verwendet werden.

Der mindestens geforderte Schallschutz zweischaliger Haustrennwände ist in DIN 4109 mit einem Schalldämmmaß von $R'_{w} = 57$ dB festgelegt. Da DIN 4109 durch Einföhrungserlasse in das Baurecht der Länder übernommen wurde, sind ihre Anforderungen baurechtlich geschuldet. Obwohl diese Anforderung um 4 dB deutlich über den Anforderungen von Wohnungstrennwänden im Mehrgeschossbau liegt, ist davon auszugehen, dass sie bei den heutigen Erwartungshaltungen und technischen Möglichkeiten als nicht zufriedenstellend einzustufen ist.

Zur Festlegung der zu erbringenden Schalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden, abweichend von den nicht zufriedenstellenden Anforderungen der DIN 4109, nennt die Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau im Merkblatt zum Schallschutz aus Sicht der Mauerwerksindustrie je nach Trennfugenausbildung folgende Werte:

■ Vollständige Trennung

- Sie liegt beim unterkellerten Gebäude vor, d. h. die Wandschalen weisen eine schallbrückenfreie Trennung bis zur Unterkante des Kellergeschossfundaments auf.
- Mindestens erreichbarer Schallschutz ab Erdgeschoss aufwärts: $R'_{w} \geq 62$ dB

■ Unvollständige Trennung

- Sie liegt beim nicht unterkellerten Gebäude vor, selbst dann, wenn das Fundament getrennt wird. Die Trennung des Fundaments ist bei nicht unterkellerten Gebäuden schalltechnisch ohne nennenswerten Einfluss.

- Sie liegt beim unterkellerten Gebäude vor, wenn das Kellergeschoss über mehrere Häuser z. B. aus einer durchlaufenden Weißen Wanne besteht.
- Mindestens erreichbarer Schallschutz im Erdgeschoss: $R'_{w} \geq 59$ dB

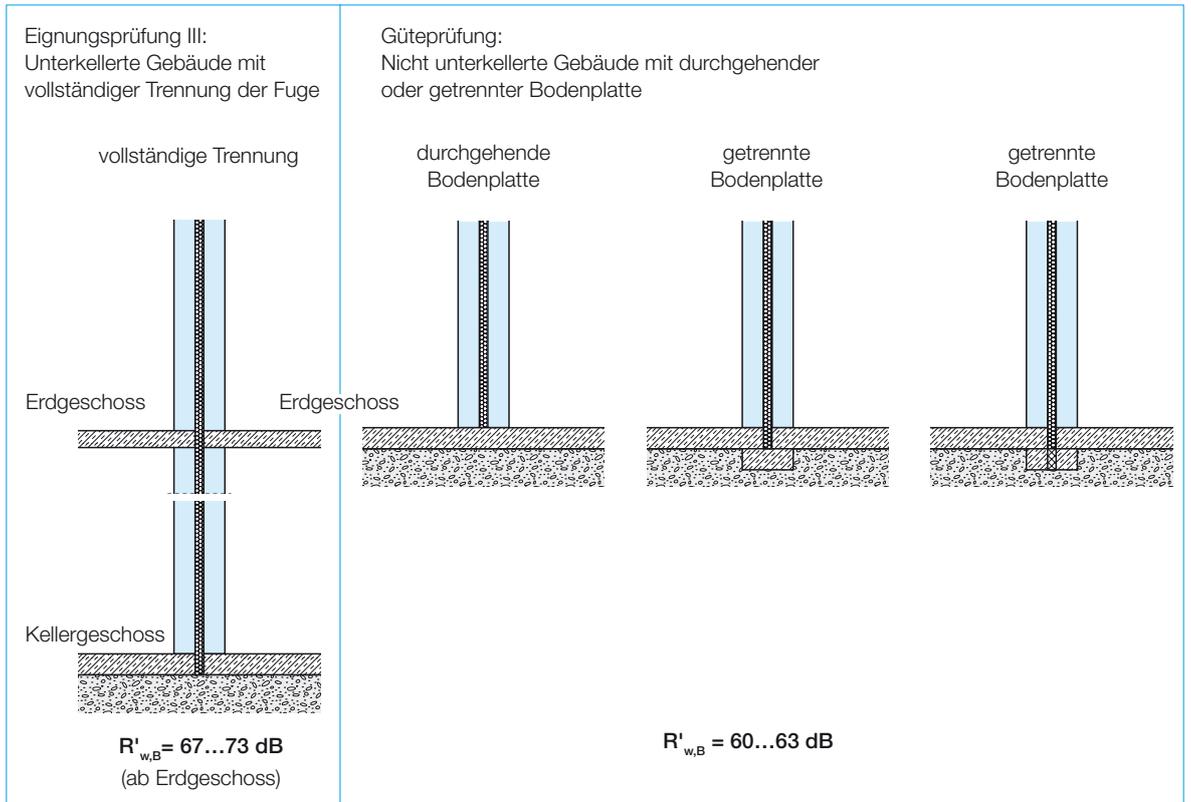
Unabhängig vom baurechtlich geschuldeten Schallschutz können privatrechtlich vertragliche Vereinbarungen getroffen werden, die über den Mindestschallschutz hinausgehen (s. Abschnitt 7.1 „Anforderungen und Nachweise“).

Gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 wird das bewertete Schalldämmmaß R'_{w} für zweischalige Haustrennwände aus dem Rechenwert des bewerteten Schalldämmmaßes $R'_{w,R}$ in Abhängigkeit von der Summe der abgeminderten flächenbezogenen Massen m'_{1} und m'_{2} der Einzelschalen und des „Porenbeton-Bonus“ von 2 dB berechnet sowie durch Addition eines Zuschlages von 12 dB zur Berücksichtigung der Wirkung der Trennfuge. Zu beachten ist dabei, dass die Trennfuge bei zweischaligen Wänden aus Porenbeton, deren Einzelschalen mindestens 100 kg/m² und höchstens 150 kg/m² schwer sind, mindestens 50 mm dick ist. Dann gilt folgender Zusammenhang:

$$R'_{w} = R'_{w,R,m'1 + m'2} + 12 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (7.3)}$$

Neben dem rechnerischen Nachweis gemäß Gl. (7.1) lässt DIN 4109 auch den Eignungsnachweis der Bauteileignung mit bauakustischen Prüfungen im Prüfstand (Eignungsprüfung I) oder in Bauten (Eignungsprüfung III) zu. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Güte der Ausführung durch eine Güteprüfung nachzuweisen. Die Ergebnisse aus bauakustischen Prüfungen von Bauteilen aus Porenbeton sind immer besser als der rechnerische Nachweis, weil der Zuschlag von 12 dB zur Berücksichtigung der Zweischaligkeit deutlich zu gering gewählt ist [33]. Dies bestätigen Ergebnisse aus Eignungs- und Güteprüfungen.

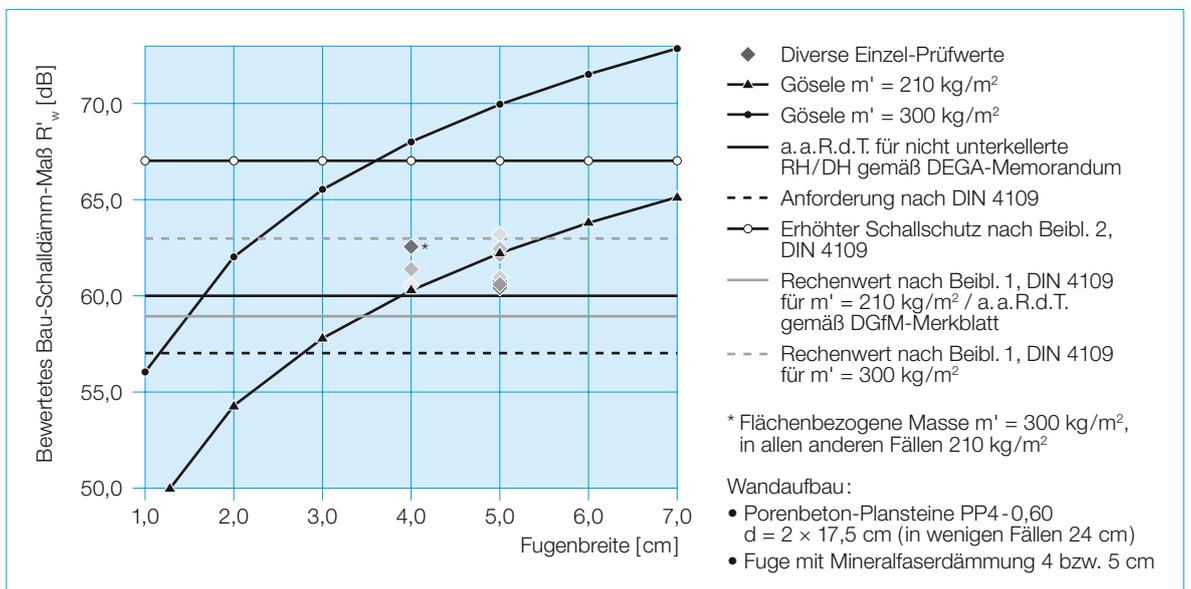
Abb. 7.2: Konstruktionen und Schalldämm-Maße $R'_{w,B}$ zweischaliger Haustrennwände, an denen Eignungs- und Güteprüfungen durchgeführt wurden



Eignungsprüfungen III, die an zweischaligen Haustrennwänden unterkellerten Gebäude aus Porenbeton mit vollständiger Trennung durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass der geforderte Mindestschallschutz gemäß DIN 4109 und auch die Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz gemäß DIN 4109 Beiblatt 2 mit $R'_{w,B} \geq 67 \text{ dB}$ erfüllt werden können. Messungen in drei Objekten mit folgenden Wandkonstruktionen lieferten Schalldämm-Maße $R'_{w,B}$ im Bereich von 67 bis 73 dB [117, 119] (Abb. 7.2 links):

- Innenputz, $d = 10 \text{ mm}$
- Porenbeton-Plansteine PP4-0,60, $d = 175 \text{ mm}$
- Trennfuge, $d = 50 \text{ mm}$, mineralische Faserdämmplatten Typ WTH nach DIN EN 13162, $d = 40 \text{ mm}$
- Porenbeton-Plansteine PP4-0,60, $d = 175 \text{ mm}$
- Innenputz, $d = 10 \text{ mm}$

Abb. 7.3: Schalldämm-Maße $R'_{w,B}$ von zweischaligen Haustrennwänden nicht unterkellerten Gebäude, gemessen in Bauten (Güteprüfung) [26]



Bei Eignungsprüfungen in ausgeführten Bauten und bei Güteprüfungen gilt:

$$R'_{w,B} = R'_{w,R} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (7.4)}$$

Güteprüfungen an zweischaligen Haustrennwänden aus Porenbeton nicht unterkellerten Gebäude (unvollständige Trennung), bei denen die Schalldämmung im untersten Geschoss gegenüberliegender Wohnungen gemessen wurde, lieferten Werte zwischen $R'_{w,B} = 60$ und $R'_{w,B} = 63$ dB [19] (Abb. 7.3). Damit werden Anforderungen an den geschuldeten Schallschutz nach verschiedenen Regelwerken (DIN 4109, DGfM-Merkblatt, DEGA-Memorandum) erfüllt. Folgende Wandkonstruktionen lagen den Prüfungen zugrunde (Abb. 7.2 rechts):

- Porenbeton-Plansteine PP4-0,60, $d = 175$ mm, in wenigen Fällen $d = 240$ mm
- Trennfuge, $d = 40$ oder 50 mm, darin Mineralfaser-Trittschalldämmplatten, $d = 40$ mm
- Porenbeton-Plansteine PP4-0,60, $d = 175$ mm, in wenigen Fällen $d = 240$ mm

7.2.2 Luftschalldämmung in vertikaler Richtung und Trittschalldämmung

Luftschalldämmung

Bei der Luftschalldämmung in vertikaler Richtung sind Wände aus Porenbeton nicht als trennende, sondern als flankierende Bauteile zu betrachten. Ihre schalltechnischen Eigenschaften fließen über die flächenbezogene Masse m' in die Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile $m'_{L,mittel}$ und die anschließende Ermittlung des Korrekturwertes $K_{L,1}$ ein. Zur Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w ist $R'_{w,R}$ des trennenden Bauteils, z. B. einer Stahlbetondecke oder einer Decke aus Porenbeton-Deckenplatten, je nach Situation nicht nur um $K_{L,1}$ zu mindern oder zu erhöhen. Soll die Schalldämmung in vertikaler Richtung durch Hinzufügen von Vorsatzschalen vor die flankierenden Wände verbessert werden, ist Gl. (7.1) um den Korrekturwert $K_{L,2}$ zu ergänzen, der von der Anzahl der biegeweichen Vorsatzschalen abhängig ist:

$$R'_w = R'_{w,R} + K_{L,1} + K_{L,2} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (7.5)}$$

Folgende Beispiele zeigen den Nachweis des erforderlichen Luftschallschutzes:

Beispiel A: Wohnungstrenndecke aus Stahlbeton, flankierende Wände ohne Vorsatzschale

■ Bauteile:

- Trennendes Bauteil Stahlbetondecke
 - Stahlbeton, $d = 200$ mm, $\rho = 2.300$ kg/m³
 - Schwimmender Estrich, $s' = 20$ MN/m³
- Flankierende Porenbetonaußenwand
 - Porenbeton-Plansteine PP2-0,40, $d = 300$ mm
 - Leichtputz außen, $d = 15$ mm
 - Gipsputz innen, $d = 10$ mm
- Drei flankierende Porenbetoninnenwände
 - Porenbeton-Plansteine PP4-0,60, $d = 175$ mm
 - Gipsputz beidseitig, jeweils $d = 10$ mm

- Berechnung der flächenbezogenen Masse m' und Ermittlung des Rechenwertes des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ von Massivdecken gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 Tab. 12:

$$m' = \rho \cdot d = 2.300 \cdot 0,2 = 460 \text{ kg/m}^2$$

$$R'_{w,R} = 58 \text{ dB}$$

- Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{L,mittel}$ und Ermittlung des Korrekturwertes $K_{L,1}$ der flankierenden Bauteile gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 Tab. 13:

$$m'_{L,1} = (400 - 50) \cdot 0,3 + 2 \cdot 10 = 125 \text{ kg/m}^2$$

(Flankierendes Bauteil Außenwand)

$$m'_{L,2,3,4} = (600 - 50) \cdot 0,175 + 2 \cdot 10 = 116 \text{ kg/m}^2$$

(Flankierendes Bauteil Innenwand)

$$m'_{L,mittel} = \frac{(m'_{L,1} + m'_{L,2} + m'_{L,3} + m'_{L,4})}{4}$$

$$= \frac{(125 + 3 \cdot 116)}{4} = 118 \text{ kg/m}^2$$

$$K_{L,1} = -4 \text{ dB}$$

- Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w unter Berücksichtigung der flankierenden Bauteile:

$$R'_w = R'_{w,R} + K_{L,1} = 58 + (-4) = 54 \text{ dB}$$

Mit einem vorhandenen Schalldämm-Maß von $R'_{w,vorh} = 54$ dB wird die Anforderung an Wohnungstrenndecken in Geschosshäusern mit Wohnungen gemäß DIN 4109 mit $R'_{w,erf} = 54$ dB erfüllt. Wird die Stahlbetondecke statt 200 mm nur 160 mm dick ausgeführt und bleiben die flankierenden Bauteile unverändert, würde mit einem dann vorhandenen Schalldämm-Maß

von $R'_{w, \text{vorh}} = 52$ dB noch den Anforderungen an Wohnungstrenndecken in Gebäuden mit nicht mehr als zwei Wohnungen gemäß DIN 4109 mit $R'_{w, \text{erf}} = 52$ dB entsprechen.

Beispiel B: Wohnungstrenndecke aus Stahlbeton, flankierende Wände mit Vorsatzschalen

■ Bauteile:

- Trennendes Bauteil Stahlbetondecke
 - Stahlbeton, $d = 200$ mm, $\rho = 2.300$ kg/m³
 - Schwimmender Estrich, $s' = 20$ MN/m³
- Flankierende Porenbetonaußenwand
 - Porenbeton-Plansteine PP2-0,40, $d = 300$ mm
 - Leichtputz außen, $d = 15$ mm
 - Gipsputz innen, $d = 10$ mm
- Drei flankierende Porenbetoninnenwände, davon zwei mit biegeweicher Vorsatzschale
 - Porenbeton-Plansteine PP4-0,60, $d = 175$ mm
 - Gipsputz beidseitig, jeweils $d = 10$ mm
- Berechnung der flächenbezogenen Masse m' und Ermittlung des Rechenwertes des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ von Massivdecken gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 Tab. 12:

$$m' = \rho \cdot d = 2.300 \cdot 0,16 = 368 \text{ kg/m}^2$$

$$R'_{w,R} = 56 \text{ dB}$$

- Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{L, \text{mittel}}$ und Ermittlung des Korrekturwertes $K_{L,1}$ der flankierenden Bauteile gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 Tab. 13:

$$m'_{L,1} = (400 - 50) \cdot 0,3 + 2 \cdot 10 = 125 \text{ kg/m}^2$$

(Flankierendes Bauteil Außenwand)

$$m'_{L,2,3,4} = (600 - 50) \cdot 0,175 + 2 \cdot 10 = 116 \text{ kg/m}^2$$

(Flankierendes Bauteil Innenwand)

$$m'_{L, \text{mittel}} = \frac{(m'_{L,1} + m'_{L,2} + m'_{L,3} + m'_{L,4})}{4}$$

$$= \frac{(125 + 3 \cdot 116)}{4} = 118 \text{ kg/m}^2$$

$$K_{L,1} = -4 \text{ dB}$$

- Ermittlung des Korrekturwertes zur Berücksichtigung biegeweicher Vorsatzschalen vor flankierenden Bauteilen $K_{L,2}$ gemäß DIN 4109 Beiblatt 1 Tab. 15:

$$K_{L,2} = +3 \text{ dB}$$

- Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w unter Berücksichtigung der flankierenden Bauteile und der biegeweichen Vorsatzschalen:

$$R'_w = R'_{w,R} + K_{L,1} + K_{L,2} = 56 + (-4) + 3 = 55 \text{ dB}$$

Nach DIN 4109 Beiblatt 1 kann durch Anbringen einer Unterdecke der Schallschutz rechnerisch verbessert werden. Jedoch hat die Praxis gezeigt, dass Unterdecken bei leichten Bauweisen praktisch keine schalltechnische Verbesserungen zur Folge haben. Aus Tab. 7.5 können weitere Schalldämm-Maße von Porenbeton-Decken entnommen werden.

Trittschalldämmung

Kennzeichnende Größe für die Trittschalldämmung ist der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$. Die Trittschalldämmung von Decken setzt sich aus der Dämmwirkung der Rohdecke, ausgedrückt durch den Rechenwert des äquivalenten, bewerteten Norm-Trittschallpegels

Tab. 7.5: Schalldämm-Maße $R'_{w,P}$ und Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w,P}$ von Porenbeton-Decken, gemessen im Prüfstand mit Nebenebenen

Konstruktion	Prüfgewicht m' kg/m ²	Bewertes Schalldämm-Maß $R'_{w,P}$ dB	Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w,P}$ dB	Nachweis
Porenbeton-Deckenplatten, Rohdichteklasse 0,70, $d = 200$ mm	145	46	80	Prüfzeugnis [121]
Zementstrich, $d = 40$ mm Abdeckpapier Mineralfaser-Trittschalldämmplatten, $d = 35/30$ mm Porenbeton-Deckenplatten, Rohdichteklasse 0,70, $d = 200$ mm	235	53	47	Prüfzeugnis [122]
Zementstrich, $d = 40$ mm Abdeckpapier Mineralfaser-Trittschalldämmplatten, $d = 35/30$ mm Porenbeton-Deckenplatten, Rohdichteklasse 0,70, $d = 200$ mm Lattung 30×50 mm Stahlblech-Federbügel und Mineralfasermatten, $d = 40$ mm Gipsfaserplatten, $d = 10$ mm	251	56	42	Prüfzeugnis [123]

$L'_{n,w,eq,R'}$ und aus der Eigenschaft des Fußbodenaufbaus, gekennzeichnet durch den Rechenwert des bewerteten Trittschallverbesserungsmaßes $\Delta L_{w,R}$ zusammen. Außerdem geht das sogenannte Vorhaltemaß von 2 dB in die Berechnung mit ein:

$$L'_{n,w} = L'_{n,w,eq,R} + \Delta L_{w,R} - 2 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (7.6)}$$

Angaben zu bewerteten Norm-Trittschallpegeln von Porenbeton-Decken enthält Tab. 7.5. Die dort genannten Ergebnisse beruhen auf Untersuchungen, die in Prüfständen durchgeführt wurden. Trittschallpegel aus Prüfstands-Untersuchungen werden unter Berücksichtigung eines Vorhaltemaßes von 2 dB gemäß folgender Gleichung in Rechenwerte umgerechnet:

$$L'_{n,w,R} = L'_{n,w,P} + 2 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (7.7)}$$

7.3 Außenlärm

Bei einschaligen, homogenen Bauteilen wie Wohnungstrennwänden ist das Schalldämm-Maß von der flächenbezogenen Masse abhängig. Diese Regel hat bei Außenwänden geringere Bedeutung als bei Innenwänden, in denen keine Öffnungen enthalten sind. Für Außenbauteile, die Fenster oder Türen enthalten, ist der Rechenwert des resultierenden Schalldämm-Maßes $R'_{w,R, \text{res}}$ entscheidend für die schalltechnische Beurteilung. Es errechnet sich gemäß Gl. (7.8) aus den Re-

chenwerten der bewerteten Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ der jeweiligen Bauteile und deren Flächenanteilen S :

$$R'_{w,R, \text{res}} = -10 \log \left(\frac{1}{S_{\text{ges}}} \cdot \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{\frac{-R_{w,R,i}}{10}} \right) \quad \text{Gl. (7.8)}$$

Die schematische Darstellung (Abb. 7.4) zeigt, dass bei einem Außenbauteil die flächenbezogene Masse des Wandbaustoffs, wenn ein Fenster mit einem Schalldämm-Maß von $R'_{w,R} = 30$ dB (Rechenwert) und einem Fensterflächenanteil von $f = 0,2$ bzw. 20 % eingebaut ist, bei Beurteilung des Schallschutzes gegen Außenlärm von geringem Einfluss ist. Die entsprechende Kurve in der Grafik ist weitgehend eine Parallele zur Abszisse. Diese Ausprägung nimmt mit größeren Fensterflächenanteilen zu. Sind in einem Außenbauteil Fenster mit niedrigen Schalldämm-Maßen enthalten, kann dies nur sehr begrenzt durch massive Wandbaustoffe mit höheren flächenbezogenen Massen ausgeglichen werden. Insofern wird das schalltechnische Verhalten von Außenwänden aus Porenbeton durch die vergleichsweise geringe flächenbezogene Masse nur wenig eingeschränkt, andererseits kann die wärmetechnische Qualität des Baustoffs ausgenutzt werden.

Tab. 7.6 enthält Vorschläge für einschalige Wandkonstruktionen aus Porenbeton, die die Anforderungen an die Lärmpegelbereiche I bis IV gemäß DIN 4109 erfüllen. Für höhere Lärmpegelbereiche sind einschalige Wandkonstruktionen nicht geeignet. Anforderungen der Lärmpegelbereiche V und VI können durch Umwandlung in zweischalige Konstruktionen erreicht werden.

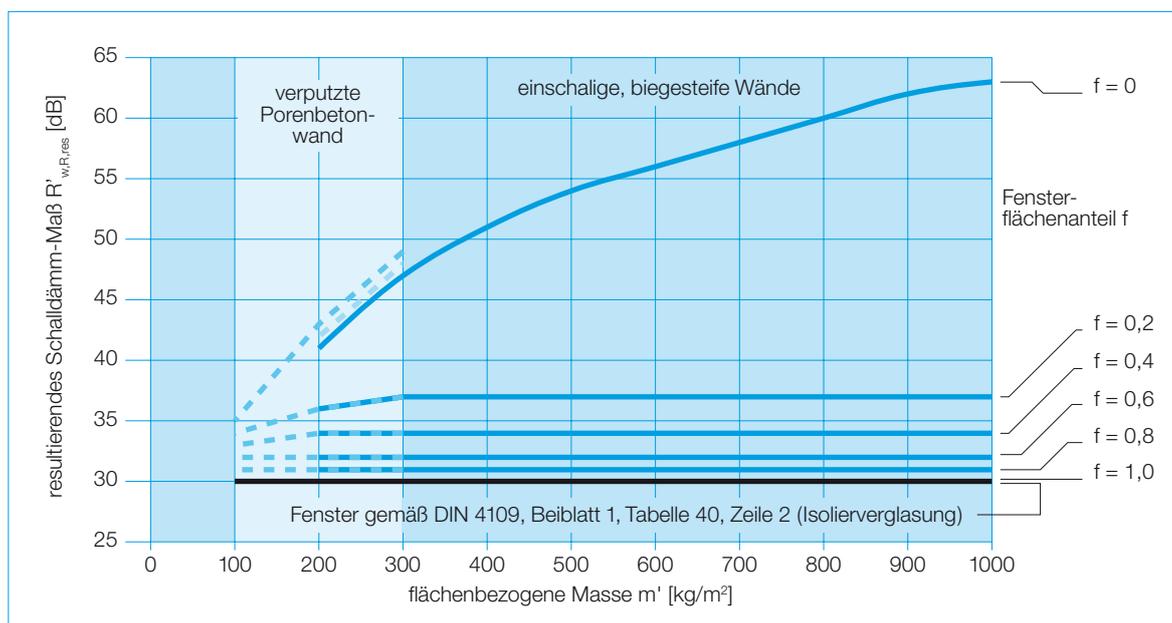


Abb. 7.4: Schallschutz homogener und zusammengesetzter Bauteile

Tab. 7.6: Anforderungen an den Schallschutz von Außenbauteilen und Konstruktionsvorschläge für Außenwände

Anforderungen gemäß DIN 4109							Konstruktionsvorschläge	
Lärmpegelbereich	„Maßgeblicher Außenlärmpegel“ dB	Erforderliches Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ des Außenbauteils ¹⁾ dB	Erforderliches Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ ²⁾ für Wand/Fenster bei folgenden Fensterflächenanteilen				Rechenwerte des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ für Wände aus Porenbetonmauerwerk (innen und außen verputzt ³⁾)	
			10 % dB/dB	20 % dB/dB	30 % dB/dB	40 % dB/dB	Wandaufbau	$R'_{w,R}$ dB
I	bis 55	30	30/25	30/25	35/25	35/25	240 mm PP2-0,40	39
II	56 bis 60	30						
III	61 bis 65	35	35/30 40/25	35/30	35/32 40/30	40/30	300 mm PP2-0,40	41
IV	66 bis 70	40	40/32 45/30	40/35	45/35	45/35	365 mm PP2-0,50	46
V	71 bis 75	45	45/37 50/35	45/40 50/37	50/40	50/40	175 mm PP2-0,40 + Luft- bzw. Dämmschicht + 115 mm VMz 1,4	53
VI	76 bis 80	50	55/40	55/42	55/45	55/45	200 mm PP4-0,70 + Luft- bzw. Dämmschicht + 115 mm VMz 1,4	56

¹⁾ Anforderungen im Wohnungsbau

²⁾ für Wohngebäude mit üblicher Raumhöhe von etwa 2,50 m und Raumtiefe von etwa 4,50 m oder mehr

³⁾ Außenputz: $m' = 15 \text{ kg/m}^2$, Innenputz: $m' = 10 \text{ kg/m}^2$

Dabei ist es möglich, durch Einbau einer zusätzlichen Schale, z. B. einer Vormauerschale, das tragende Porenbeton-Innenmauerwerk dünner auszubilden. Im Einzelfall hängt die Ausführung von der Außenlärm-Situation, vom Fensterflächenanteil und der schalltechnischen Qualität der Fenster ab.

Für Dächer, die den oberen Abschluss schutzbedürftiger Aufenthaltsräume bilden, gelten ebenfalls die zuvor genannten Anforderungen an die Luftschalldämmung für Außenbauteile. Die in Tab. 7.7 genannten Dachkonstruktionen, deren Schalldämm-Maße $R'_{w,P}$ im

Prüfstand gemessen wurden, erfüllen die Anforderungen der Lärmpegelbereiche I bis VI.

Massive Dächer aus Porenbeton haben gegenüber konventionellen Dächern den Vorteil, dass sie eine höhere flächenbezogene Masse haben und daher einen besseren Schallschutz bieten. Darüber hinaus sind die brandschutztechnischen Merkmale und ihr positiver Einfluss auf das sommerliche Raumklima von Vorteil. Als baufertige Montagebauteile haben Porenbeton-Dachplatten bereits bei der Anlieferung die volle Tragfähigkeit und sind nach der Montage sofort begehbar.

Tab. 7.7: Schalldämm-Maße $R'_{w,P}$ von Porenbeton-Dächern, gemessen im Prüfstand mit Nebenwegen

Konstruktion	Prüfgewicht m' kg/m^2	Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,P}$ dB	Nachweis
2 Lagen Bitumen-Schweißbahn Porenbeton-Dachplatten, Rohdichteklasse 0,70, d = 125 mm	108	40	Prüfzeugnis [124]
2 Lagen Bitumen-Schweißbahn Porenbeton-Dachplatten, Rohdichteklasse 0,70, d = 200 mm	158	46	Prüfzeugnis [125]
Kiesschüttung 16/32 mm, d = 50 mm 2 Lagen Bitumen-Schweißbahn Porenbeton-Dachplatten, Rohdichteklasse 0,70, d = 125 mm	198	48	Prüfzeugnis [126]
Kiesschüttung 16/32 mm, d = 50 mm 2 Lagen Bitumen-Schweißbahn Porenbeton-Dachplatten, Rohdichteklasse 0,70, d = 200 mm	248	53	Prüfzeugnis [127]
Kiesschüttung 16/32 mm, d = 50 mm 2 Lagen Bitumen-Schweißbahn Porenbeton-Dachplatten, Rohdichteklasse 0,70, d = 200 mm Grundlattung 30 mm x 50 mm, d = 30 mm Konterlattung 30 mm x 50 mm mit 40 mm hohen Stahlblech-Federbügeln, d = 30 mm Gipsfaserplatten, d = 10 mm	262	57	Prüfzeugnis [128]

7.4 Geräusche von Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung

Der durch haustechnische Anlagen, insbesondere durch Wasserinstallationen verursachte Schalldruckpegel darf in Wohn- und Schlafräumen gemäß DIN 4109 höchstens 35 dB betragen, wobei dieser Wert in kurzzeitigen Spitzen um bis zu 10 dB überschritten werden kann.

Zur Vermeidung einer Lärmbelästigung durch Installationen ist eine sinnvolle Grundrissgestaltung das wichtigste Kriterium. Danach folgen die konstruktive Beschaffenheit der Armaturen und Geräte sowie die Bauart der Wände, an denen die Armaturen oder Geräte befestigt sind. DIN 4109 setzt voraus, dass solche Wände (einschalig) eine flächenbezogene Masse von 220 kg/m² aufweisen. Wände mit geringeren flächenbezogenen Massen dürfen verwendet werden, falls durch Eignungsprüfung nachgewiesen ist, dass sie sich in Bezug auf die Übertragung von Installationsgeräuschen nicht ungünstiger verhalten.

Eine Eignungsprüfung gemäß DIN 52219 [100] in einem Musterbau an einer 11,5 cm dicken, beidseitig verputzten Porenbetonwand mit einer flächenbezogenen Masse von $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ und einer bestimmten Vorwandinstallation hat den erforderlichen Nachweis erbracht [103, 104]. Die geprüfte Vorwandinstallation bestand aus folgenden Elementen: WC und Wandeinbau-Spülkasten, Waschtischelement mit Mischarmatur und Rohrschacht mit Zubehör für Unterputzduscharmatur und Handbrause sowie die zugehörigen Trinkwasser- und Abwasserleitungen.

7.5 Lärm am Arbeitsplatz

Lärm kann je nach Belastung und Beanspruchung des arbeitenden Menschen die Gesundheit, die Leistungsfähigkeit und die Arbeitssicherheit beeinträchtigen. Durch angemessenen Schallschutz soll persönlichen Schäden und Gefahren, die durch ständige Lärmeinwirkung am Arbeitsplatz hervorgerufen werden, begegnet werden. Unter dem Begriff Arbeitsplatz werden Innenräume verstanden, in denen die Arbeitsaufgabe verrichtet wird und eine arbeitende Person ständig oder überwiegend tätig ist.

Die Lärmbelastung des Menschen hängt nicht nur von der Höhe des Schallpegels ab, sondern auch von der Dauer der Lärmeinwirkung. Aus diesen Einflussgrößen wird ein mittlerer Schallpegel für einen achtstündigen Arbeitstag bestimmt. Die dementsprechende Beurteilungsgröße, die durch Berechnungen oder Messungen ermittelt werden kann, ist der Beurteilungspegel L_r in dB(A). Er dient zur Abschätzung der Lärmgefährdung und der Lärmwirkung auf das menschliche Ohr. Eine Gefährdung, Schaden zu erleiden, besteht dann, wenn ein Beurteilungspegel von 85 dB(A) überschritten wird und über längere Dauer auf das menschliche Gehör einwirkt. Je höher der Lärmpegel ist, umso schneller wird der Beurteilungspegel von 85 dB(A) erreicht. Wirkt ein Lärmpegel von 115 dB(A) über eine halbe Minute auf das menschliche Gehör ein, hat dies die gleiche Wirkung, als ob über einen achtstündigen Arbeitstag der Beurteilungspegel von 85 dB(A) vorhanden wäre (Tab. 7.8).

Lärmpegel dB(A)	Dauer der täglichen Lärmeinwirkung
85	8 h
88	4 h
91	2 h
94	1 h
97	30 min.
100	15 min.
103	7,5 min.
115	0,5 min.

Tab. 7.8: Lärmpegel in Abhängigkeit von der täglichen Lärmeinwirkung, die einem Beurteilungspegel von 85 dB(A) gleichbedeutend sind

Tab. 7.9: Höchstwerte des Beurteilungspegels L_r für den Schallschutz am Arbeitsplatz

Tätigkeit	Beurteilungspegel L_r dB(A)	Regelwerk
Überwiegend geistige Tätigkeiten, z. B.: - Teilnahme an Besprechungen - Wissenschaftliches Arbeiten - Kalkulations- und Dispositionsarbeiten mit entsprechendem Schwierigkeitsgrad	≤ 55	VDI 2058 Blatt 3 [129]
Einfache oder überwiegend mechanisierte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten, z. B.: - Disponieren, Datenerfassen, Textverarbeitung/Datenverarbeitung - Arbeiten in Betriebsbüros und Laboratorien - Verkaufen, Bedienen von Kunden, Tätigkeiten im Publikumsverkehr	≤ 70	
Sonstige Tätigkeiten, z. B.: - Arbeiten an Bearbeitungsmaschinen für Metall, Holz usw.	≤ 85	
Allgemein	≤ 85	Arbeitsstättenverordnung [134]
Weitere Tätigkeiten, die eine Kennzeichnung von Lärmpegelbereichen durch den Unternehmer erfordern und für die Gehörschutzmittel zur Verfügung gestellt werden müssen	> 85	UW Lärm [108]
Weitere Tätigkeiten, die eine Kennzeichnung von Lärmpegelbereichen durch den Unternehmer erfordern und bei denen Gehörschutzmittel benutzt werden müssen	> 95	

Grundsätzlich besagt die Arbeitsstättenverordnung [134], dass in Arbeitsstätten der Lärmpegel so niedrig zu halten ist, wie es nach der Art des Betriebes möglich ist. Soweit ein Beurteilungspegel von

85 dB(A) nach der betrieblich möglichen Lärminderung zumutbarerweise nicht eingehalten wird, darf er bis zu 5 dB(A) überschritten werden. Weitere Höchstwerte des Beurteilungspegels für den Schall-

schutz am Arbeitsplatz (Tab. 7.9), die auf unterschiedliche Tätigkeiten bezogen sind, finden sich in folgenden Regelwerken:

- UW Lärm [108]
- UW Arbeitsmedizinische Vorsorge [107]
- VDI 2058 Blatt 3 [129]

Innerhalb eines Raumes wird der Schallpegel durch direkten Schall und durch reflektierten Schall bestimmt (Abb. 7.5). In der Nähe der Schallquelle wird der Schallpegel nahezu allein durch den Direktschall bestimmt. Mit zunehmender Entfernung von der Schallquelle nimmt die Direktschalleinwirkung ab und der Schallpegel wird maßgeblich durch den reflektierten Schall bestimmt. Durch den Einfluss des reflektierten Schalls wird ein bestimmter Schallpegel im Raum nicht unterschritten. Die Entfernung von der Schallquelle, bei welcher der Direktschallpegel L_{dir} gleich dem Wert des Schallpegels L_{diff} im Nachhallfeld entspricht, wird als Hallradius r_H bezeichnet (Abb. 7.6).

Abb. 7.5: Schallausbreitung im Raum

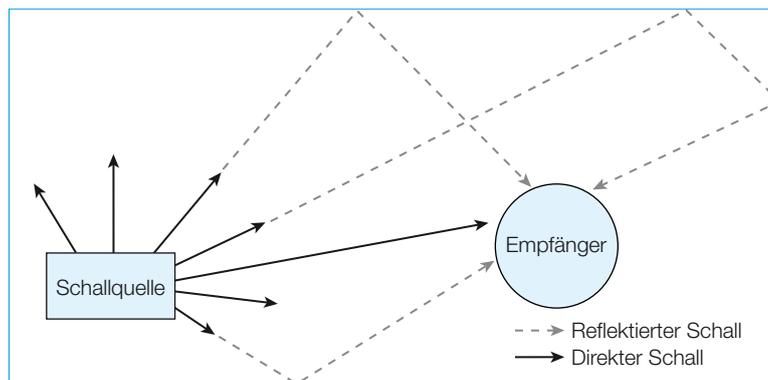
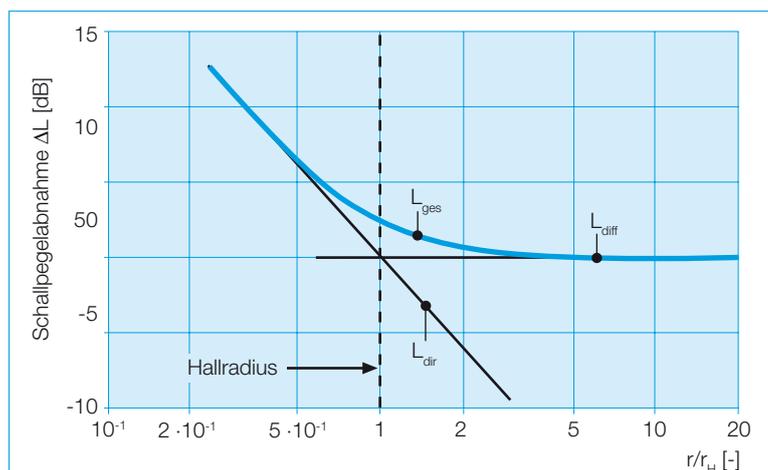


Abb. 7.6: Schallpegelverlauf im Raum



Außerhalb des Hallradius ergibt sich der Anteil des reflektierten Schalls am Schallpegel aus den Reflexionseigenschaften der Flächen im Raum (Wände, Böden, Decken, Einrichtungsgegenstände und Personen). In diesem Bereich kann der Schallpegel durch die Schallabsorptionseigenschaften der Oberflächen im Raum und durch zusätzliche Schallabsorptionsmaßnahmen beeinflusst werden. Rechenverfahren, nach denen eine raumakustische Projektierung vorgenommen wird, gehen von einem diffusen Schallfeld, d. h. von einer Gleichverteilung des Schalls aus [87]. Falls diese Voraussetzung nicht erfüllt ist, kann eine Minderung des Schallpegels durch Schallabsorptionsmaßnahmen geringer sein als berechnet wurde.

Eine Begrenzung der Lärmeinwirkung in Innenräumen kann grundsätzlich durch zwei Maßnahmen erreicht werden:

- Verminderung des Direktschalls an der Lärmquelle selbst
- Bauliche Maßnahmen zur Erhöhung der Schallabsorption zur Verminderung des reflektierten Schallanteils

Hinsichtlich der baulichen Maßnahmen ist für die schallabsorbierende Wirkung von Porenbeton die Porosität der Oberflächen und die Tiefe der offenporigen Schicht bestimmend. Rohdichte, Festigkeit und Dicke der Baustoffschicht sind ohne Bedeutung. Jede Veränderung der Oberfläche, z. B. durch schichtbildende Anstriche, wirkt sich unmittelbar auf die Schallabsorptionseigenschaften aus. Im Allgemeinen haben glatte Oberflächen geringere Schallabsorptionsgrade als poröse Oberflächen. Porenbetonoberflächen mit nicht filmbildenden Anstrichen weisen etwa fünf- bis zehnmal höhere Schallabsorptionsgrade auf als absolut glatte und schallharte Oberflächen (Tab. 7.10).

7.6 Lärm in der Nachbarschaft

Beim Schallschutz in der Nachbarschaft geht es darum, die umgebenden Bereiche vor dem Lärm aus gewerblichen und industriellen Produktionsprozessen zu schützen. Über die Außenflächen eines Gebäudes (Wände, Fenster, Türen, Dächer) wird der im Gebäudeinneren erzeugte Lärm nach außen übertragen. Neben den schalldämmenden Eigenschaften der Außenbauteile (s. Abschnitt 7.3 „Außenlärm“) und den Schallpegeln im Inneren sind für die Immission an einem bestimmten Ort gemäß DIN ISO 9613-2 [79] noch folgende Einflussfaktoren mehr oder weniger von Bedeutung:

- Größe und Orientierung der abstrahlenden Fläche
- Geometrie der Ausbreitung (kugelförmige Schallausbreitung von einer Punktschallquelle im Freifeld)
- Luftabsorption (abhängig von der Schallfrequenz, der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchte)
- Bodendämpfung (Oberflächenbeschaffenheit des Bodens)
- Abschirmung (z. B. Lärmschutzwall, u. a. geregelt in der Richtlinienreihe VDI 2720 „Schallschutz durch Abschirmung“ [132])
- Reflexionen (z. B. an Decken und Dächern im Freien und an Gebäudefassaden)
- Witterungsbedingungen
- Bewuchs (im Allgemeinen von geringem Einfluss)
- Industriegelände (Dämpfung durch Streuung an Installationen)
- Bebauung (z. B. Abschirmung durch Häuser)

Raumbegrenzungsfläche	Oktavband-Mittelfrequenz f_m [Hz]						Grundlage
	125	250	500	1000	2000	4000	
Porenbeton	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,22	Prüfzeugnis (105)
Beton	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	Literatur (24)
Mauerwerk verputzt	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	Literatur (25)
Fliesen	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	Literatur (24)

Tab. 7.10: Schallabsorptionsgrade α verschiedener Raumbegrenzungsflächen

Tab. 7.11: Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel L_r [112]

Immissionsort	Immissionsrichtwert für den Beurteilungspegel L_r dB(A)	
	tags	nachts
Außerhalb von Gebäuden¹⁾		
In Industriegebieten	70	70
In Gewerbegebieten	65	50
In Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	60	45
In allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten	55	40
In reinen Wohngebieten	50	35
In Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35
Innerhalb von Gebäuden²⁾		
Betriebsfremde schutzbedürftige Räume nach DIN 4109	35	25

¹⁾ Kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen nicht überschritten werden. Tags: $\Delta L_r \leq 30$ dB, nachts: $\Delta L_r \leq 20$ dB

²⁾ Kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen nicht überschritten werden. $\Delta L_r \leq 10$ dB

Ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Gesamtimmissionsschallpegels ist in VDI 2571 [130] eingehend beschrieben. Die nach dieser Richtlinie ermittelten Werte dürfen die zulässigen Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel gemäß TA Lärm [112] nicht überschreiten (Tab. 7.11).

Die Schallabstrahlung von großen Flächen, z. B. Außenwänden oder Dächern eines Gebäudes, ist gekennzeichnet durch das sogenannte Nahfeld und das daran anschließende Fernfeld. Innerhalb des Nahfeldes vor der schallabstrahlenden Wand nimmt der Schallpegel mit dem Abstand vom Bauteil nicht oder nur sehr schwach ab. Erst mit Beginn des Fernfeldes folgt das Schallfeld den Schallausbreitungsgesetzen für Punktschallquellen. Der Schallpegel L_2 am entfernteren Ort, den eine einzelne Schallquelle L_1 erzeugt, kann folgendermaßen berechnet werden [131]:

$$L_2 = L_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (7.9)}$$

Nach diesem Zusammenhang nimmt der Schallpegel einer sich verlustfrei und ungehindert nach allen Seiten (kugelförmig) von einer punktförmig angenommenen Schallquelle ausbreitenden Schallwelle bei Abstandsverdoppelung um 6 dB ab.

Für die Bauweise aus Porenbeton nennt Tab. 7.12 Vergleichswerte für den Gesamtschallpegel in einer Entfernung von 50 m bei einem vorgegebenen Halleninnenpegel. U. a. ist zu erkennen, dass die Minderung des Schallpegels im Innenraum bereits eine wesentliche Entlastung bedeutet, sowohl für die Lärmbelastung am Arbeitsplatz als auch für den Ausgangswert der Schallemissionen. Im Beispiel wurde angenommen, dass die Minderung des Schallpegels, die auf die Schallabsorption der Porenbetonoberflächen zurückzuführen ist, 8 dB(A) beträgt. Zu berücksichtigen ist, dass leichte und häufig nicht verschlossene Türen und Tore die Schalldämmung von Außenbauteilen verschlechtern.

Innenraum			Außenbauteile				Gesamt-schall-pegel	Eignung gemäß TA Lärm [112], tags	
Halleninnenpegel (Mittelwert gemäß VDI 2571 Anhang C [130])	Schallpegel-minderung durch Porenbetonabsorption [101]	Vorhandener Halleninnenpegel (Mittelwert)	Wand		Dach			Gebiete	Immissionsrichtwerte
L_i dB(A)	ΔL dB(A)	$L_i - \Delta L$ dB(A)	Konstruktion	Bewertetes Schalldämm-Maß gemäß VDI 2571 [130] oder DIN 4109 [72.1]	Konstruktion	Bewertetes Schalldämm-Maß gemäß VDI 2571 [130] oder DIN 4109 [72.1]	L_{Σ} dB(A)	L_i dB(A)	
95 (Schreinerei, Druckerei, Blechbearbeitung)	-	95	Porenbeton-Wandelemente mit Anstrich, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$, $d = 200 \text{ mm}$	38	Porenbeton-Dachplatten mit Anstrich innenseitig und Dachhaut, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$, $d = 175 \text{ mm}$	37	46	Reine Wohngebiete	50
	8 (Wand und Dach)	87					38	Kur- und Krankenhausbereiche	45
	5 (nur Dach)	90	Schweres Mauerwerk, verputzt, $\rho = 2.000 \text{ kg/m}^3$, $d = 115 \text{ mm}$	49	Porenbeton-Dachplatten mit Anstrich innenseitig und Dachhaut, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$, $d = 175 \text{ mm}$	37	40	Kur- und Krankenhausbereiche	45
	-	95	Sichtbeton, $\rho = 2.300 \text{ kg/m}^3$, $d = 150 \text{ mm}$	54	Stahlbeton, $\rho = 2.300 \text{ kg/m}^3$, $d = 150 \text{ mm}$	54	45	Reine Wohngebiete	50

Tab. 7.12: Gesamt-immissionsschallpegel L_{Σ} in 50 m von der Schallquelle für unterschiedliche Bauausführungen [101]