



## **Bauphysik**

5.1 Wärmeschutz

5.2 Energieeinsparverordnung

5.3 Raumklima

5.4 Klimabedingter Feuchteschutz

5.5 Brandschutz

5.6 Schallschutz

# 5.6 Schallschutz

## 5.6.1 Allgemeines zur DIN 4109

Wie die Grafik auf Seite 154 zeigt, ist der Mensch heute vielfältigen Lärmbelastungen aus der Umgebung ausgesetzt. Dem daraus entstehenden Schutzbedürfnis trägt die DIN 4109 Rechnung, die aus folgenden Teilen besteht:

- DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“
  - Anforderungen und Nachweise
- Beiblatt 1 zu DIN 4109
  - Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
- Beiblatt 2 zu DIN 4109
  - Hinweise für Planung und Ausführung
  - Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz
  - Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich

Die Beiblätter enthalten Informationen zur DIN 4109, jedoch keine zusätzlichen genormten Festlegungen.

In der Norm sind Anforderungen an den Schallschutz mit dem Ziel festgelegt, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen.

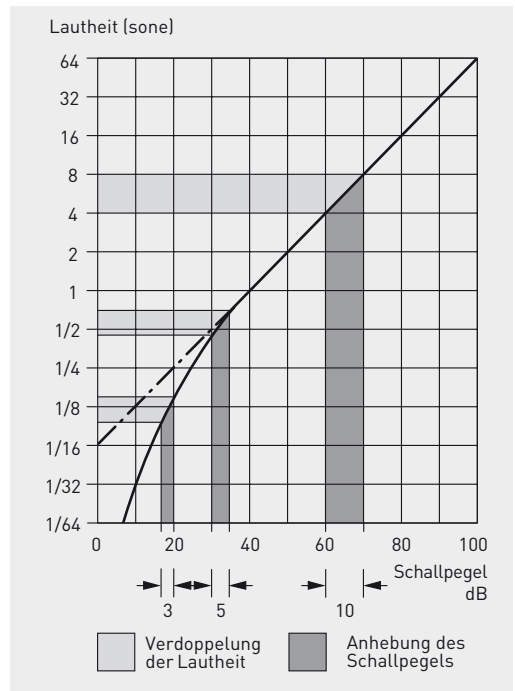
Aufgrund der festgelegten Anforderungen kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus Nachbarräumen nicht mehr wahrgenommen werden.

### Menschliches Hören\*

Das menschliche Gehör ist ein eigenwilliges „Messinstrument“. Es empfindet Lautstärken anders, als ein Schallpegelmesser sie anzeigt. Um Verwechslungen mit objektiv messbaren Kriterien zu vermeiden, haben die Hörphysiologen für die subjektiv empfundene Lautstärke den Begriff „Lautheit“ geprägt. Die Maßeinheit dafür lautet „sone“. Der Bezugswert 1 sone

wurde willkürlich auf einen Schallpegel von 40 dB festgelegt. Bei jeder Verdopplung der subjektiv empfundenen Lautstärke (Lautheit) verdoppelt sich auch der Zahlenwert in sone.

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass im Pegelbereich oberhalb von 40 dB jede Pegelsteigerung um 10 dB zu einer Verdopplung der Lautheit führt. Bei niedrigen Schallpegeln ist das Gehör empfindlicher. Hier reichen bereits Pegelsteigerungen zwischen 5 dB und 3 dB aus, um eine Verdopplung der Lautheit hervorzurufen.



Zusammenhang zwischen Schallpegel und empfundener Lautheit.

\* Mit freundlicher Genehmigung aus dem Mitteilungsblatt der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. Kiel (Heft 3/88)

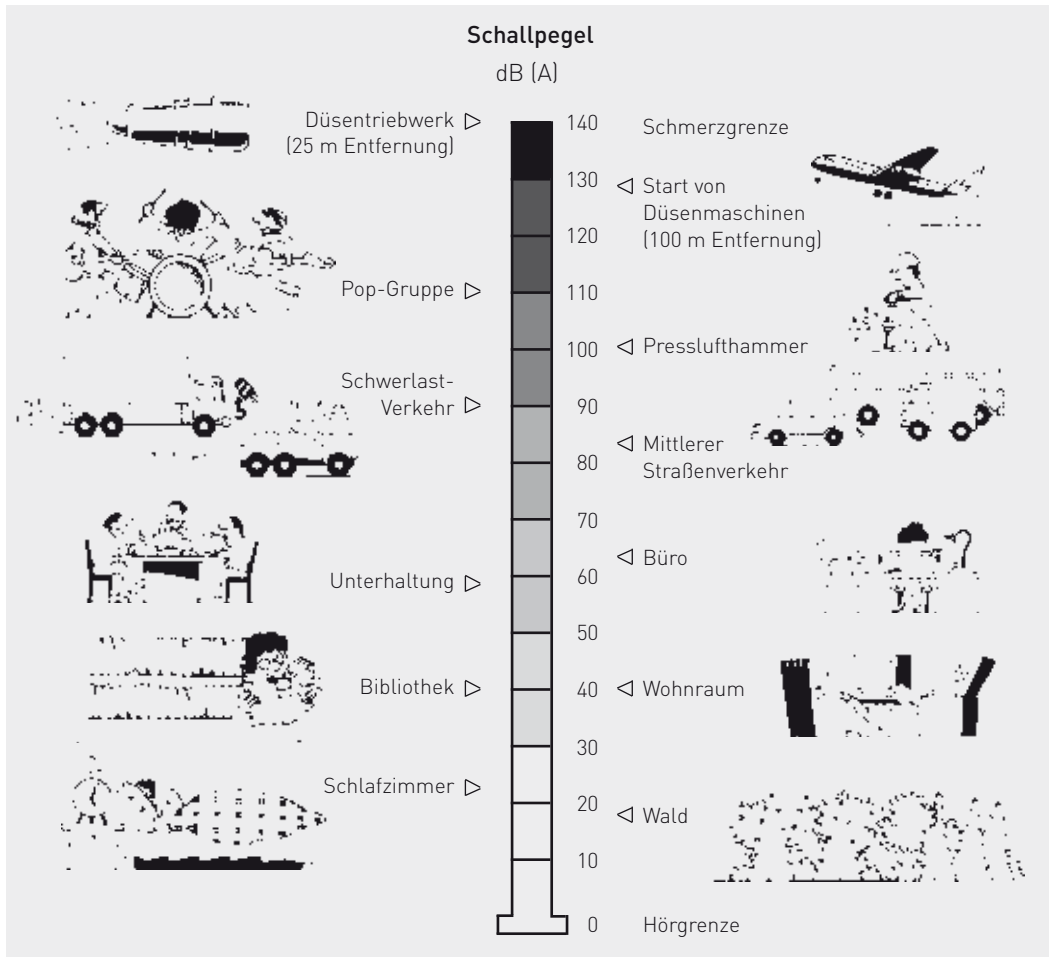
## Grundgeräuschpegel

Vom Anforderungsniveau der DIN 4109 wird häufig erwartet, dass schalldämmende Bauteile die Geräuscheinwirkung auf Null reduzieren. Dies ist eine falsche Annahme. Die Geräuscheinwirkungen werden nur gedämpft.

In diesem Zusammenhang spielt der Grundgeräuschpegel eine erhebliche Rolle: Wer in einer

sehr ruhigen Gegend wohnt, wird eine fröhliche Skatrunde in der Nebenwohnung als störend empfinden. Liegt der Grundgeräuschpegel jedoch höher, z. B. in einer Großstadt mit erheblichem Lärm von draußen, bzw. sind lärmende Kinder in der eigenen Wohnung, so werden diese Geräusche aus dem Nachbarbereich nicht mehr oder kaum noch wahrgenommen.

5



Abhängigkeit des Schallpegels von der Schallquelle.

## Möglichkeiten der Nachweisführung für den Rechenwert $R'_{w,R}$

Die Rechenwerte  $R'_{w,R}$ ,  $R_{w,R}$ ,  $L'_{n,w,R}$  (Definition s. 5.6.2) zum Nachweis des erbrachten Schallschutzes können auf vier verschiedene Arten ermittelt werden (vergl. DIN 4109 Tab. 11):

- Berechnung nach DIN 4109 Beiblatt 1.  
Die so ermittelten Werte gelten unmittelbar als Rechenwerte. Für Porenbeton-Wandbauteile mit einer flächenbezogenen Masse bis  $250 \text{ kg/m}^2$  kommt aufgrund seiner Materialeigenschaften ein Bonus von  $+2 \text{ dB}$  hinzu.
- Prüfungen im Prüfstand mit Nebenwegen, vermindert um ein Vorhaltemaß (Eignungsprüfung I)

$$R'_{w,R} = R'_{w,P} - 2 \text{ dB}$$

$$L'_{n,w,R} = L'_{n,w,P} + 2 \text{ dB}$$

- Prüfungen im Prüfstand ohne Nebenwege.  
Wurde ein Schalldämm-Maß  $R_w$  in einem Prüfstand ohne Nebenwege gemessen, so kann eine Umrechnung in das Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  nach DIN 4109 Beiblatt 3 erfolgen. Ist die flächenbezogene Masse des Bauteils kleiner  $150 \text{ kg/m}^2$ , so ist

$$R'_{w,R} = R_w - 2 \text{ dB}$$

$$R_{w,R} = R_{w,P} - 5 \text{ dB für Türen}$$

$$R_{w,R} = R_{w,P} - 2 \text{ dB für Fenster}$$

$$L'_{n,w,R} = L'_{n,w,P} + 2 \text{ dB}$$

- Unmittelbare Prüfung in drei Bauten, bezeichnet als Eignungsprüfung III.

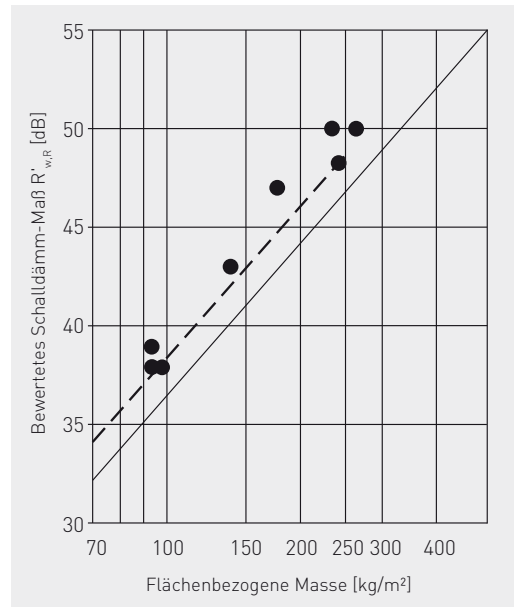
$$R'_{w,R} = R'_{w,B}$$

$$L'_{n,w,R} = L'_{n,w,B}$$

Prüfzeugnisse von zertifizierten Prüfanstalten berücksichtigen die speziellen Bauteileigenschaften der Konstruktionen und sollten deshalb gegenüber der Berechnung nach DIN 4109 bevorzugt verwendet werden. Auch die am Bau gemessenen Werte sind in der Regel besser als die errechneten Werte, die noch erhebliche Sicherheitszuschläge enthalten.

Das nachstehende Diagramm bestätigt diese Aussagen.

## Schalldämm-Maße von einschaligen, biege-steifen Wänden in Abhängigkeit von ihrer flächenbezogenen Masse (grafische Umsetzung der Tab. 1 nach DIN 4109 Beiblatt 1) mit eingetragenen Messwerten von HEBEL Porenbeton-Konstruktionen



- : nach DIN 4109 für übliche Baustoffe
- - - : nach DIN 4109 für Porenbeton einschließlich 2 dB Bonus
- : Messwert im Prüfstand für einschalige Porenbeton-Wände (Vorhaltemaß von 2 dB abgezogen)

## 5.6.2 Definitionen und Bezeichnungen

### Luftschall

In Luft sich ausbreitender Schall (z. B. Musik, Sprache).

### Körperschall

In festen Stoffen sich ausbreitender Schall (z. B. Geräusche, die in Installationen entstehen und über Bauteile weitergeleitet werden).

### Trittschall

Schall, der beim Begehen und bei ähnlicher Anregung einer Decke als Körperschall auftritt und teilweise als Luftschall abgestrahlt wird.

### Schallschutz

Darunter versteht man einerseits Maßnahmen gegen die Schallentstehung (Primärmaßnahmen) und andererseits Maßnahmen, die die Schallübertragung von einer Schallquelle zum Hörer vermindern (Sekundärmaßnahmen).

### Dimensionen

**dB** = Der Schalldruckpegel und alle Schallpegeldifferenzen werden in dB angegeben.

**dB(A)** = Der A-Schalldruckpegel  $L_A$  ist der mit der Bewertungskurve A bewertete Schalldruckpegel. Er ist ein Maß für die Stärke eines Geräusches. Durch die Bewertungskurve A werden Geräusche angenähert gehörsrichtig gemessen und angegeben.

### Kennzeichnungen

$R_w$  = bewertetetes Labor-Schalldämm-Maß von Bauteilen allein, ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile.

$R_{w,P}$  = bewertetetes Schalldämm-Maß von Bauteilen allein, ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile, gemessen im Prüfstand.

$R_{w,R}$  = Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes von Bauteilen allein, für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes.

$R'_w$  = bewertetetes Bau-Schalldämm-Maß von Bauteil-Kombinationen mit Schallübertragung über flankierende Bauteile.

$R'_{w,P}$  = bewertetetes Schalldämm-Maß eines Bauteils, gemessen im Prüfstand mit genormter Flankenschallübertragung.

$R'_{w,B}$  = bewertetetes Schalldämm-Maß zwischen aneinander grenzenden Räumen mit Schallübertragung über flankierende Bauteile, gemessen am Bau.

$R'_{w,R}$  = Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes von Bauteilen für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes mit Schallübertragung über flankierende Bauteile. Sofern die mittlere flächenbezogene Masse  $m'_{L,Mittel}$  der flankierenden Bauteile von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$  abweicht, müssen Korrekturwerte für das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  berücksichtigt werden (DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 3.2).

$R'_{w,res}$  = bewertetetes Bau-Schalldämm-Maß von zusammengesetzten Bauteilen, z. B. Wand mit Tür und/oder Fenster.

- erf.  $R'_{w}$  = nach DIN 4109 Tabelle 3 einzuhaltendes bewertetes Schalldämm-Maß für Wände, Decken, Treppen.  $R'_{w,R} \geq \text{erf. } R'_{w}$
- erf.  $R_w$  = nach DIN 4109 Tabelle 3 einzuhaltendes bewertetes Schalldämm-Maß für Türen, Fenster.  $R_{w,R} \geq \text{erf. } R_w$
- $L'_{n,w}$  = bewerteter Norm-Trittschallpegel mit Schallübertragung über flankierende Bauteile.
- erf.  $L'_{n,w}$  = nach DIN 4109 Tabelle 3 einzuhaltender Norm-Trittschallpegel für Decken.
- (TSM) = früher verwendete Bezeichnung (erf. TSM) für das Trittschallschutzmaß ( $L'_{n,w} = 63 \text{ dB} - \text{TSM}$ ).
- erf.  $R'_{w,res}$  = nach DIN 4109 Tabelle 8 einzuhaltendes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß von zusammengesetzten Bauteilen, z. B. Wand mit Tür und/oder Fenster

### 5.6.3 Ermittlung von $R'_{w,R}$ nach DIN 4109 aus der flächenbezogenen Masse der Bauteile

Das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  einschaliger Bauteile hängt von ihrer Bauteil-Rohdichte und der daraus errechneten flächenbezogenen Masse ab.

### Rechenwerte der Bauteil-Rohdichten in Abhängigkeit von der Rohdichteklasse nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 2.2.2.1

Art der Bauteile	Rechenwert der Bauteil-Rohdichte zur Bestimmung des Schalldämm-Maßes [kg/m <sup>3</sup> ]	
	bei Rohdichteklasse	
	0,50	0,55
HEBEL Dach- und Deckenplatten, HEBEL Wandplatten	450	500

Für die Berücksichtigung von Putzen sind nach DIN 4109 Beiblatt 1 Tabelle 4 folgende flächenbezogenen Massen anzunehmen:

Putzdicke mm	flächenbezogene Masse von	
	Kalkgipsputz Gipsputz kg/m <sup>2</sup>	Kalkputz Kalkzementputz Zementputz kg/m <sup>2</sup>
10	10	18
15	15	25
20	-	30

In DIN 4109 Beiblatt 1 Tabelle 1 können die Schalldämm-Maße von einschaligen biegesteifen Wänden in Abhängigkeit von ihrer flächenbezogenen Masse direkt abgelesen werden.

In Fußnote 2 dieser Tabelle ist darauf hingewiesen, dass aufgrund von Messergebnissen bei oberflächenbehandelten Wänden aus Porenbeton mit einer flächenbezogenen Masse bis zu 250 kg/m<sup>2</sup> das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  um 2 dB höher angesetzt werden kann (s. nachfolgende Tabelle).

**Bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  von einschaligen biegesteifen Wänden nach DIN 4109**  
Beiblatt 1 Tabelle 1

flächen- bezogene Masse $\text{kg/m}^2$	bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$	
	DIN 4109 dB	Porenbeton* dB
85	34	36
90	35	37
95	36	38
105	37	39
115	38	40
125	39	41
135	40	42
150	41	43
160	42	44
175	43	45
190	44	46
210	45	47
230	46	48
250	47	49
270	48	48
295	49	49
320	50	50
350	51	51
380	52	52
410	53	53
450	54	54
490	55	55
530	56	56
580	57	57

\* Für HEBEL Porenbeton-Bauteile wurde beim bewerteten Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  der Bonus von +2 dB eingerechnet. Maximale flächenbezogene Masse für HEBEL Montagebauteile:  $201 \text{ kg/m}^2$

Diese Tabelle gilt für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa  $300 \text{ kg/m}^2$ . Weitere Bedingungen für die Gültigkeit der Tabelle siehe Beiblatt 1 Abschnitt 3.1; bei flankierenden Bauteilen mit weniger als  $300 \text{ kg/m}^2$  mittlerer flächenbezogener Masse ist Beiblatt 1 Abschnitt 3.2 zu beachten. Dort sind Korrekturwerte  $K_{L,1}$  und  $K_{L,2}$  festgelegt, die bei den in der Tabelle angegebenen Schalldämm-Maßen  $R'_{w,R}$  zu berücksichtigen sind, wenn die mittlere flächenbezogene Masse von etwa  $300 \text{ kg}$  abweicht.

Die Korrekturwerte können den folgenden Tabellen entnommen werden.

Korrekturwerte  $K_{L,2}$  für das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  trennender Bauteile mit biegeweicher Vorsatzschale, schwimmendem Estrich/Holzfußboden oder aus biegeweichen Schalen

Anzahl der flankierenden, biegeweichen Bauteile oder flankierenden Bauteile mit biegeweicher Vorsatzschale	$K_{L,2}$
1	+1
2	+3
3	+6

**Beispiel:**

Berechnung von  $R'_{w,R}$  einer einschaligen Konstruktion nach DIN 4109

HEBEL Wandplatten P 4,4-0,55;  $d = 250 \text{ mm}$   
nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 2.2.2.1 und  
Tabelle 2 Zeile 2

Flächenbezogene Masse der Wand:  
 $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,25 \text{ m} = 125 \text{ kg/m}^2$

Ergibt nach DIN 4109  
Beiblatt 1 Tabelle 1 = 39 dB

Bonus lt. Fußnote 2 Tabelle 1  
oberflächenbehandelte Wand = 2 dB

bew. Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  41 dB

**Hinweis:**

Praxismessungen ergeben gegenüber der rechnerischen Ermittlung der Schalldämm-Maße nach DIN 4109 bei ähnlichen flächenbezogenen Massen deutlich bessere Werte, die um ca. 3 dB und mehr über den rechnerischen Werten liegen (s. Prüfzeugnisse der MPA Braunschweig Nr. 83 1141-1 bis -5 und Nr. 83 1151-1 und -2).

Korrekturwerte  $K_{L,1}$  für das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  von biegesteifen Wänden und Decken als trennende Bauteile nach DIN 4109 Beiblatt 1 Tabellen 1, 5, 8 und 12 bei flankierenden Bauteilen mit der mittleren flächenbezogenen Masse  $m'_{L,Mittel}$

Art des trennenden Bauteils	$K_{L,1}$ in dB für mittlere flächenbezogene Massen $m'_{L,Mittel}$ <sup>1)</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]						
	400	350	300	250	200	150	100
Einschalige, biegesteife Wände und Decken nach Tabellen 1, 5 und 12, Spalte 2	0	0	0	0	-1	-1	-1
Einschalige, biegesteife Wände mit biegeweichen Vorsatzschalen nach Tabelle 8	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
Massivdecken mit schwimmendem Estrich oder Holzfußboden nach Tabelle 12, Spalte 3							
Massivdecken mit schwimmendem Estrich und Unterdecke nach Tabelle 12, Spalte 5							

<sup>1)</sup>  $m'_{L,Mittel}$  ist rechnerisch nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 3.2.2 zu ermitteln

### 5.6.4 Schutz gegen Außenlärm

Bei der Betrachtung des Außenlärms müssen alle Bauteile berücksichtigt werden, die die Außenhaut eines Gebäudes bilden:

- massive Außenwände
- Fenster, Türen und Tore
- Rollladenkästen und Lüftungsanlagen
- Dachkonstruktionen

#### Anforderungen

Die Anforderungen an die Außenbauteile, die in DIN 4109 geregelt sind, werden nicht in einer Tabelle abgelesen, sondern individuell berechnet.

Einflussgrößen sind unter anderem:

- Verhältnis Außenwandfläche zu Raumfläche
- Flächenverhältnis der unterschiedlichen Außenbauteile (z. B. Fensterflächenanteil)
- Bebauungsart
- Raumart und Nutzung

Je nach Art des Lärms wird unterschieden zwischen:

- Straßenverkehrslärm
- Schienenverkehrslärm
- Fluglärm

- Wasserverkehrslärm
- Gewerbe- und Industrielärm

Die Anforderungen an das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß von Außenbauteilen werden unterschieden nach der Raumnutzung (s. Tabelle S. 161):

- Bettenräume in Krankenhäusern (hohe Anforderungen)
- Aufenthaltsräume in Wohnungen (mittlere Anforderungen)
- Büroräume (geringe Anforderungen)

Der Maßgebliche Außenlärmpegel darf an der schallabgewandten Gebäudeseite reduziert werden:

- bei offener Bebauung um -5 dB
- bei geschlossener Bebauung um -10 dB

#### Nachweise

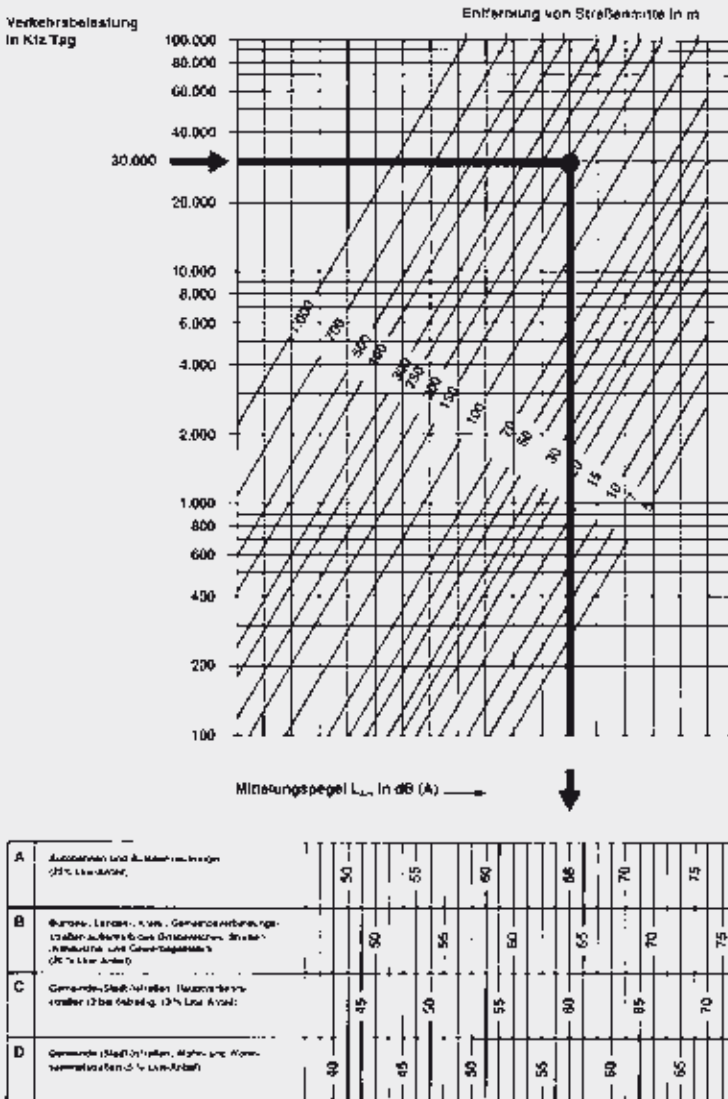
Ermittlung des Maßgeblichen Außenlärmpegels bzw. des Lärmpegelbereiches, der die Anforderungen an das resultierende Schalldämm-Maß von Außenbauteilen festlegt und sich nach der Ausrichtung des Bauwerks zur Lärmquelle richtet.

## Straßenverkehrslärm

- genaues Verfahren nach RLS 90 („Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“ aus dem Jahre 1990, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr)
- Näherungsverfahren unter Anleitung der DIN 18005-1

- DIN 4109 mit Korrekturen für bestimmte Straßensituationen
- Straßenverkehrslärmkarten oder sonstige landesrechtliche oder kommunale Verwaltungsvorschriften mit messtechnischer Lärmerfassung

5



Nomogramm zur Ermittlung des Maßgeblichen Außenlärmpegels vor Hausfassaden für typische Straßenverkehrssituationen.

## Schienerverkehrslärm

- genaues Verfahren nach Schall 03 („Richtlinie zur Berechnung der Schallemission von Schienenwegen“)
- Berechnung nach DIN 18005-1 mit messtechnischer Lärmerfassung

## Fluglärm

- Unterscheidung nach Fluglärmgesetz bzw. Fluglärmverordnung:  
Zone I: mit äquivalentem Dauerschallpegel > 75 dB(A)  
Zone II: mit äquivalentem Dauerschallpegel zwischen 65 bis 75 dB(A)
- ggf. messtechnische Lärmerfassung

## Wasserverkehrslärm

- Berechnung nach DIN 18005-1 mit messtechnischer Lärmerfassung

## Gewerbe- und Industrielärm

- Bundesimmissionsschutzgesetz
- TA Lärm mit Immissions-Richtwerten
- ggf. messtechnische Lärmerfassung

### 5.6.5 Außenwände

Zur Bestimmung des Maßgeblichen Außenlärmpegels werden Berechnungen und messtechnische Methoden vornehmlich nach DIN 18 005 eingesetzt, die abhängig sind von der Art der Lärmquelle, z. B. aus Straßenverkehr, Schienen- und Flugverkehr oder Gewerbe.

Ist der Maßgebliche Außenlärmpegel festgestellt, wird mit Tabelle 8 aus DIN 4109 das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß  $R'_{w,res}$  der Außenwand unter Berücksichtigung der Fensterflächenanteile nachgewiesen.

### Erforderliches resultierendes Schalldämm-Maß von Außenbauteilen – Wände

Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel	Raumarten		
		Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches	Büroräume <sup>1)</sup> und Ähnliches
erf. $R'_{w,res}$ des Außenbauteils [dB]				
I	bis 55	35	30	–
II	56 bis 60	35	30	30
III	61 bis 65	40	35	30
IV	66 bis 70	45	40	35
V	71 bis 75	50	45	40
VI	76 bis 80	2)	50	45
VII	über 80	2)	2)	50

Gemäß DIN 4109 Tabelle 8.

- <sup>1)</sup> An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Außenlärm aufgrund der in den Räumen ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel leistet, werden keine Anforderungen gestellt.  
<sup>2)</sup> Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

## Anforderungen

Die Anforderungen an Außenbauteile, die in DIN 4109 geregelt sind, werden nicht in einer Tabelle abgelesen, sondern individuell berechnet.

Einflussgrößen sind unter anderem:

- Verhältnis der Außenwandfläche zur Raumfläche
- Flächenverhältnis der unterschiedlichen Außenbauteile (z. B. Fensterflächenanteil)
- Bebauungsart
- Raumart und Nutzung

Je nach Art des Lärms wird unterschieden zwischen:

- Straßenverkehrslärm
- Schienenverkehrslärm
- Fluglärm
- Wasserverkehrslärm
- Gewerbe- und Industrielärm

## Nachweise: Außenwände einschalig

Das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  für den Schallschutznachweis einschaliger Außenwände wird entsprechend ihrer flächenbezogenen Masse aus DIN 4109 Beiblatt 1 Tabelle 1 entnommen. (Tabellen zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse, der dB-Werte sowie ein Rechenbeispiel s. Kapitel 5.6.3.)

Alternativ zur rechnerischen Ermittlung können die  $R'_{w,R}$ -Werte aus Prüfstandsmessungen oder Messungen am Bau übernommen werden.

## Hinweis

Außenseitig direkt aufgebrachte Zusatzdämmungen, z. B. Wärmedämmverbundsysteme, können je nach Konstruktion und verwendeten Materialien zur Verschlechterung oder auch zur Verbesserung der Schalldämmung führen. Sie sollten deshalb sorgfältig ausgewählt werden.

Im Gegensatz dazu führen vorgehängte Fassaden aufgrund umfangreicher Untersuchungen zu Verbesserungen der Schalldämmung bis zu +14 dB (s. Tabellen Seiten 163 und 164).

## Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ <sup>1)</sup> [dB] Rechenwert nach DIN 4109 Beiblatt 1 für einschalige Außenwände aus HEBEL Wandplatten, unter Berücksichtigung von 2 dB Bonus

Art der Bauteile	Rohdichteklasse	Rechenwert der Wandrohddichte nach DIN 4109 kg/m <sup>3</sup>	flächenbezogene Masse kg/m <sup>2</sup>					
			Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ dB					
			bei Bauteildicke [mm]					
			175	200	250	300	365	375
HEBEL Wandplatten	0,50	450	–	–	113	135	164	169
			–	–	40	42	44	44
	0,55	500	88	100	125	150	183	187,5
			36	38	41	43	45	45

<sup>1)</sup> Gültig für flankierende Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa 300 kg/m<sup>2</sup>. Weitere Bedingungen für die Gültigkeit der Tabelle siehe Beiblatt 1 Abschnitt 3.1; bei flankierenden Bauteilen mit weniger als 300 kg/m<sup>2</sup> mittlerer flächenbezogener Masse beachte Beiblatt 1 Abschnitt 3.2.

### Nachweise: Außenwände mit vorgehängten hinterlüfteten Außenwandbekleidungen

Bei der Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R'_{w,R}$  wird bei Wänden mit vorgehängten hinterlüfteten Außenwandbekleidungen nur die flächenbezogene Masse der inneren Wandschale (nach DIN 4109 Beiblatt 1 Abschnitt 10.1.1) berücksichtigt, wenn kein am Bau gemessenes Schalldämm-Maß vorliegt.

Die Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH (ita), Wiesbaden, hat von den oben genannten Außenwandbekleidungen in Verbindung mit Porenbetonwänden zahlreiche Schalldämm-Maße ermittelt. Dabei konnten Verbesserungen bis zu 14 dB im Vergleich zur unbekleideten Wand erreicht werden. Die Ergebnisse sind in den nachstehenden Tabellen zusammengefasst.

### Schalldämmung einer Porenbetonwand mit vorgehängten hinterlüftbaren Fassadenelementen (nach Prüfzeugnissen der ita Wiesbaden/Stand: Juni 1994)

Fassadenhersteller	Vorgehängte Fassade	$R_{w,P}$ [dB]	$R_{w,R}$ [dB]	$R'_{w,R}$ * [dB]
	Nullwand Montagebauteile aus Porenbeton P 4,4-0,60 D = 200 mm, raumseitig 5 mm Dünnputz	44	42	42
Techno Ceram GmbH	8 mm dicke Techno Ceram-Fassadenelemente Typ Keralon-FB 8, horizontale Fugen offen, mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten auf Aluminiumunterkonstruktion gemäß Zulassung Z-33.1-18	57	55	51
	8 mm dicke Techno Ceram-Fassadenelemente Typ Keralon-Quadro, horizontale Fugen offen, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf Aluminiumunterkonstruktion gemäß Zulassung Z-33.1-27	54	52	49
Vinylit Fassaden GmbH	6,2 mm dicke Vinylit-Fassade, Dekor Toscana, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf einer Holzunterkonstruktion	54	52	49
	wie vor, jedoch mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten	54	52	49
	6,2 mm dicke Vinylit-Fassade, Quader mit Fase, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf einer Holzunterkonstruktion	53	51	49

\* Bei den  $R'_{w,R}$ -Werten handelt es sich um umgerechnete Werte nach DIN 4109 Beiblatt 3

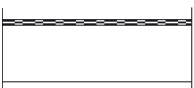
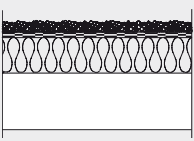
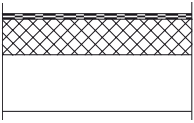
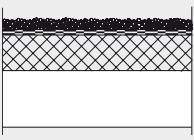
Fassadenhersteller	Vorgehängte Fassade	$R_{w,P}$ [dB]	$R_{w,R}$ [dB]	$R'_{w,R}$ * [dB]
Eternit AG	8 mm dicke Eternit-Fassadenelemente Typ Pelicolor, horizontale Fugen offen, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf Leichtmetallunterkonstruktion, System BWM	53	51	49
	wie vor, jedoch horizontale Fugen durch Fugenbleche mit Sicke hinterlegt	54	52	49
	8 mm dicke Eternit-Fassadenelemente Typ Pelicolor, horizontale Fugen offen, mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten auf Leichtmetallunterkonstruktion, System BWM	54	52	49
	wie vor, jedoch horizontale Fugen durch Fugenbleche mit Sicke hinterlegt	55	53	50
	12 mm dicke Eternit-Fassadenelemente Typ Pelicolor, horizontale Fugen offen, mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf Leichtmetallunterkonstruktion, System BWM	54	52	49
	wie vor, jedoch mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten	58	56	51
	4,5 mm dicke Eternit-Fassadenelemente Typ Colorflex 60/30 mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf einer Holzunterkonstruktion	55	53	50
	wie vor, jedoch mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten	55	53	50
FEFA Fenster + Fassaden	0,8 mm dicke FEFA-Fassadenelemente Typ A 200 mit 60 mm dicken Mineralfaserplatten auf einer Leichtmetallunterkonstruktion, System BWM	51	49	48
	wie vor, jedoch mit 120 mm dicken Mineralfaserplatten	54	52	49
	0,6 mm dicke FEFA-Fassadenelemente Typ A 100 mit 40 mm dicken Polystrol-Hartschaumplatten	42	40	40
	wie vor, jedoch mit 60 mm dicken Polystrol-Hartschaumplatten	42	40	40

\* Bei den  $R'_{w,R}$ -Werten handelt es sich um umgerechnete Werte nach DIN 4109 Beiblatt 3

## 5.6.6 Dächer

Das HEBEL Dach bietet durch die Masse des Porenbetons als Innenschale und auch durch die geschlossene fugenfreie Konstruktion gute Schalldämmwerte gegen den Außenlärm.

### Vergleich von nach DIN 4109 gerechneten und gemessenen Schalldämmwerten von Dächern

Konstruktion	Konstruktionsaufbau	$R_{w,P}$	$R_{w,R}$	Bewertetes Schalldämm-Maß Rechenwert $R'_{w,R}$ nach DIN 4109	Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ abgeleitet aus Prüfergebnissen bzw. umgerechnet $R_{w,P} \rightarrow R'_{w,R}$ nach Beibl. 3 zu DIN 4109
		dB	dB	dB	dB
	Dachabdichtung ~10 <b>HEBEL Dachplatten</b> P 4,4-0,55 200	43 <sup>1)</sup>	41	39	40
	Kiesschüttung ~50 Dachabdichtung ~10 Mineralwolle 140 <b>HEBEL Dachplatten</b> P 4,4-0,55 200	-	-	47 <sup>2)</sup>	-
	Dachabdichtung ~10 MULTIPOR Mineraldämmplatten 140 <b>HEBEL Dachplatten</b> P 4,4-0,55 200	45 <sup>1)</sup>	43	40	42
	Kiesschüttung ~50 Dachabdichtung ~10 MULTIPOR Mineraldämmplatten 140 <b>HEBEL Dachplatten</b> P 4,4-0,55 200	45 <sup>1)</sup> + 6 <sup>3)</sup> = 51	49	44	42 + 6 <sup>3)</sup> = 48

<sup>1)</sup> Prüfwert aus Labormessung 2006 am ita Wiesbaden

<sup>2)</sup> linear extrapoliert aus Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tabelle 12

<sup>3)</sup>  $\Delta R = 6$  dB aus der in Prüfungen aufgetretenen Differenz zwischen Porenbetonplatten mit und ohne Kiesschicht

## 5.6.7 Schallabsorption

Die Schallabsorption in einem Raum ist bestimmend dafür, wie „hallig“ ein Raum wirkt. Die Schallschluckung oder Schallabsorption tritt beim Reflexionsvorgang einer Schallwelle an einer Wand- oder Deckenoberfläche auf. Je nach Oberflächenbeschaffenheit wird dabei

mehr oder weniger Schallenergie in Wärme umgewandelt. Der frequenzabhängige Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  wird definiert durch das Verhältnis:

$$\alpha = \frac{\text{nicht reflektierte Schallenergie}}{\text{auftreffende Schallenergie}}$$

Unbeschichtete HEBEL Montagebauteile besitzen aufgrund ihrer Oberflächenstruktur eine im Vergleich zu vollkommen glatten und „schallharten“ Oberflächen 5 bis 10 mal höhere Schallabsorption.

Dadurch eignet sich Porenbeton sehr gut zur Dämpfung des „Innenlärms“ von Industriebauten.

### Schallabsorptionsgrade verschiedener Materialien

Material	Schallabsorptionsgrad $\alpha$					
	bei Frequenz [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Sichtbeton	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
Kalkzementputz	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06
Porenbeton*	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,22
Stahltrapezblech	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

\* laut Prüfzeugnis GS 205/82 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik · IBP

### 5.6.8 Schallabstrahlung von Industriebauten

Zusammengestellt von  
 Dr. rer. nat. Heinz Dieter Gruschka  
 Dipl.-Ing. (FH) Günter Görner  
 DR. GRUSCHKA Ingenieurgesellschaft mbH  
 Beratende Ingenieure VBI  
 Lilienthalstraße 15, 64625 Bensheim

Im Industriebau und gewerblichen Bereich ist der innerbetriebliche Schallschutz und der Schallschutz benachbarter Gebäude (Wohngebäude) zu beachten.

Zulässige Schallpegelwerte in dB(A) sind in entsprechenden Vorschriften festgelegt.

#### Zulässige Innengeräuschpegel

(Arbeitsstättenverordnung, UVV Lärm)  
 Die Arbeitsstättenverordnung und die Unfallverhütungsvorschrift Lärm legen fest, dass bei einer Überschreitung eines Beurteilungs-

pegels  $L_r$  von 85 dB(A) eine Gefährdung durch Lärm möglich ist, und dass Schallpegel über diesen Wert hinaus möglichst vermieden werden sollten. Der Unternehmer hat in diesem Fall persönliche Schallschutzmittel zur Verfügung zu stellen.

Wird in einem Arbeitsbereich ein Beurteilungspegel von 90 dB(A) erreicht oder überschritten, so liegt ein „Lärmbereich“ vor, welcher entsprechend zu kennzeichnen ist und in dem Lärmschutzmaßnahmen getroffen werden müssen.

#### Zulässige Außenlärmpegel

(TA-Lärm)

Maßgebend ist der Beurteilungspegel  $L_r$  nach TA Lärm. Der Beurteilungspegel  $L_r$  ist ein Maß für die durchschnittliche Geräuschimmission während der Beurteilungszeit  $T_r$ . Er setzt sich zusammen aus dem äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{eq}$  und Zuschlägen für Ruhezeiten, sowie Einzelton- und Impulshaltigkeit.

## Immissionsrichtwerte für Anlagengeräusche nach TA-Lärm, Schallpegelwerte in dB(A)

Einwirkungsort, Baugebiet	Beurteilungspegel	
	$L_r$	
	Tag	Nacht
	Schallpegelwerte dB(A)	
Reines Wohngebiet (WR)	50	35
Allg. Wohngebiet (WA) Kleinsiedlungsgebiet (WS)	55	40
Mischgebiet (MI) Kerngebiet (MK) Dorfgebiet (MD)	60	45
Gewerbegebiet (GE)	65	50
Industriegebiet (GI)	70	70

Die in der Tabelle angegebenen Schallpegelwerte kennzeichnen die Immissionen von Anlagengeräuschen, welche nicht überschritten werden sollen.

### Schallpegel in Werkhallen

Der Innengeräuschpegel einer Werkhalle hängt u. a. von den vorhandenen Schallquellen (z. B. Maschinen) und vom Schallabsorptionsvermögen der Oberfläche im Raum ab. Je höher die Schallabsorption im Raum, desto niedriger ist bei vorgegebener Schalleistung der Halleninnenpegel. Der von einer Geräuschquelle im Inneren einer Halle erzeugte Schallpegel setzt sich zusammen aus dem Direktschallpegel  $L_{dir}$  und dem Diffusschallpegel  $L_{diff}$ . Im Bereich des Direktschallfeldes im Nahbereich der Geräuschquelle nimmt der Schallpegel mit zunehmendem Abstand ab wie bei entsprechender Schallausbreitung im Freien.

Außerhalb des Direktschallfeldes wird durch Schallreflexionen an den Raumbegrenzungsflächen ein Schallfeld erzeugt, welches unabhängig vom Abstand zur Schallquelle einen im Mittel zeitlich und räumlich konstanten Wert besitzt. Dieses Schallfeld mit im Idealfall konstanter Energiedichte wird als diffuses Schallfeld  $L_{diff}$  bezeichnet.

Der Schallpegel im Diffusfeld hängt vom Schallabsorptionsgrad der Oberflächen im Raum ab.

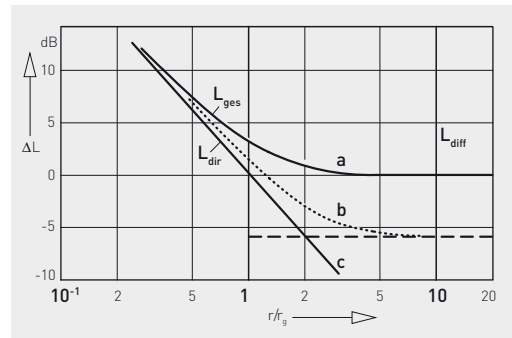
Der Bereich des Direktschallfeldes  $L_{dir}$  in der Nähe der Schallquelle ist dagegen nur unabhängig von der abgestrahlten Schalleistung.

Der Abstand einer Geräuschquelle, in dem der Direktschallpegel bis auf den Wert des Schallpegels im Diffusfeld abgesunken ist, wird als Grenzradius (Hallradius) bezeichnet und ist formelmäßig bestimmt durch:

$$r_g = 0,057 \sqrt{\frac{V}{T}}$$

$V$  ist das Raumvolumen in  $m^3$  und  $T$  die Nachhallzeit in sec. Die Nachhallzeit ist per Definition die Zeitspanne, in welcher der Schallpegel in einem Raum nach Abschalten einer Schallquelle um 60 dB abfällt.

### Schallpegelverlauf in einem Raum in Abhängigkeit von der Entfernung von der Schallquelle



- a) ursprünglicher Zustand
- b) Zustand nach Vergrößerung des Schallabsorptionsvermögens
- c) Abnahme des Direktschalls (freies Schallfeld: 6 dB je Entfernungsverdopplung)
- $r$  Entfernung von der Schallquelle
- $r_g$  Grenzradius

### Schallpegelminderung durch Schallabsorption

Der Halleninnenpegel kann bei Kenntnis der Schalleistungspegel  $L_w$  der Geräuschquellen und der Schallabsorptionseigenschaften der raumumschließenden Bauteile näherungsweise berechnet werden. Die Berechnungen sind in der Regel frequenzabhängig durchzuführen.

Es gilt:

$$L_{\text{diff}} \approx L_w - 10 \log A + 6 \quad [\text{dB}]$$

Darin ist  $A$  die äquivalente Schallabsorptionsfläche des Raumes in  $\text{m}^2$  bei der jeweiligen Terzmittelfrequenz.  $A$  kennzeichnet das Schallabsorptionsvermögen der Oberflächen im Raum und stellt diejenige Modellfläche dar, die vollständig absorbiert.

Das Schallabsorptionsvermögen einer Oberfläche wird physikalisch durch ihren Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  beschrieben. Er ist das Verhältnis der nicht reflektierten zur auftreffenden Schallenergie und liegt zwischen  $\alpha = 0$  (vollständige Reflexion) und  $\alpha = 1$  (vollständige Absorption).

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche wird mittels Messung der Nachhallzeit in der Halle mit dem Volumen  $V$  bestimmt durch:

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \quad (T \text{ in sec und } V \text{ in } \text{m}^3)$$

Die äquivalente Absorptionsfläche kann auch rechnerisch unter Berücksichtigung der Luftabsorption abgeschätzt werden mit:

$$A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i + 4 mV$$

Dabei ist  $\alpha_i$  der Schallabsorptionsgrad der Teilfläche  $S_i$ , und  $m$  ist die Absorptionskonstante der Luft. Die in einem Raum erzielbare Schallpegelminderung durch Vergrößerung der Schallabsorptionsfläche von  $A_1$  auf  $A_2$  ergibt sich aus:

$$\Delta L = 10 \log \left( 1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right) [\text{dB}] \text{ mit } \Delta A = A_2 - A_1$$

Beispiel:

Eine um den Faktor 2 vergrößerte äquivalente Schallabsorptionsfläche bedeutet eine Schallpegelminderung von  $\Delta L = 3 \text{ dB}$ .

## Schallausbreitung in Werkhallen aus Porenbeton

In großen Hallen (z. B. Werkhallen mit verteilten Geräuschquellen) hängt die Schallpegelabnahme neben dem Abstand von der Geräuschquelle entscheidend von den in der Halle vorhandenen Schallabsorptionsflächen und von der Geometrie der Halle ab.

Für große Hallen mit Wand- und Dachflächen aus HEBEL Montagebauteilen kann näherungsweise mit der folgenden abstandsbedingten Schallpegelabnahme gerechnet werden: 2,5 dB pro Abstandsverdoppelung.

Beispiel:

Für eine Maschine wird in einem Abstand von 5 m vom Mittelpunkt ein Schallpegel von 85 dB(A) gemessen. In 20 m Abstand beträgt der Schallpegelanteil dieser Geräuschquelle ca. 80 dB(A) und in 80 m Abstand ca. 75 dB(A).

Eine höhere Schallpegelabnahme läßt sich durch den Einbau zusätzlicher Schallabsorptionsflächen erzielen.

## Schallabstrahlung nach außen

Der Schallpegel in einer Entfernung  $s$  [m] von der schallabstrahlenden Außenfläche (Wand, Dach) einer Werkhalle errechnet sich nach Richtlinie VDI 2571 gemäß folgender Formel (Rechnung mit Mittelwerten, überschlägiges Verfahren):

$$L_s = L_i - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_z + \Delta L_r \quad [\text{dB(A)}]$$

- $L_s$  Schallpegel der schallabstrahlenden Fläche am Immissionsort im Abstand  $s_m$  [m]
- $L_i$  Mittlerer Schalldruckpegel im Inneren des Gebäudes vor der schallabstrahlenden Fläche [dB(A)]
- $R'_w$  Bewertetes Schalldämm-Maß der Wand bzw. des Daches [dB]
- $\Delta L_s$  Abstandsmaß (durch den Abstand bedingte Pegelabnahme) [dB]
- $\Delta L_z$  Abschirmmaß für das betrachtete Bauteil (siehe Tabelle) [dB]
- $\Delta L_r$  Zuschlag für Reflexionen am Boden [dB(A)]

### Ermittlung des Abstandsmaßes $\Delta L_s$

(nach VDI 2571, Abs. 3.3.1)

Pegelabnahme als Funktion des Abstands  $s_m$  vom Mittelpunkt eines Bauteiles und seiner Fläche  $S$ :

$$\Delta L_s = 10 \lg 2 \pi s_m^2 / S \quad [\text{dB}]$$

### Ermittlung des Abschirmmaßes $\Delta L_z$

(nach VDI 2571, Abs. 3.4.2)

Gebäudefläche	$\Delta L_z$ [dB]
Stirnwand	0
Seitenwand	5
Dach	5
Rückwand	20

### Zuschlag $\Delta L_z$

(nach VDI 2571, Abs. 3.3.1)

Bei Außenwänden (Abstrahlung in den Viertelraum) sind die errechneten Schallpegel um 3 dB(A) zu erhöhen.

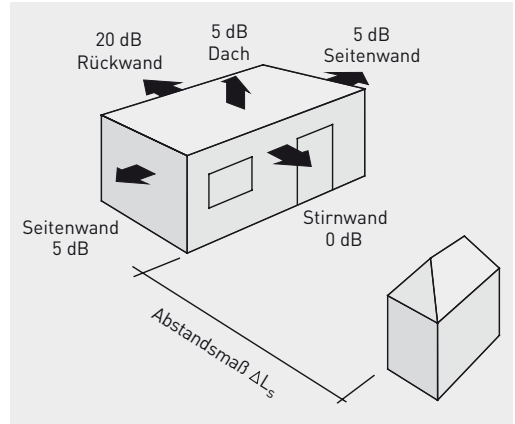
### Berechnung des Gesamtschalldruckpegels $L_{\Sigma}$

Der Gesamtschalldruckpegel  $L_{\Sigma}$  am Immissionsort in der Nachbarschaft ergibt sich aus den Schalldruckpegeln  $L_{s,i}$  der einzelnen Schallquellen bzw. Außenbauteilen durch energetische Addition nach:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{s,i}} \right\} \quad [\text{dB(A)}]$$

### Literaturverzeichnis

- (1) DIN 4109, „Schallschutz im Hochbau“, Ausgabe November 1989
- (2) VDI 2571, „Schallabstrahlung von Industriebauten“, Ausgabe 1976



- (3) Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm), vom 26. August 1998, GMBL 1988 S. 503
- (4) UVV-Lärm, Unfallverhütungsvorschrift Lärm, November 1989, in der Fassung vom Januar 1997
- (5) ArbStättV, Arbeitsstättenverordnung, März 1975, zuletzt geändert durch Verordnung vom Dezember 1996
- (6) Forschungsbericht BM Bau, „Prüfverfahren zur Luftschalldämmung von Industriegebäuden“, Planungsbüro Dr. Gruschka VBI 1981
- (7) Modellrechnungen zur Schallabsorption von Hallen aus Gasbeton, Bericht Nr. 1267 vom 16.05.1983, Planungsbüro Dr. Gruschka VBI, Forschungsvereinigung Gasbetonindustrie Wiesbaden

### Beispiel:

Es ist zu prüfen, ob die zu erwartende Geräuschimmission der nachfolgend beschriebenen Werkhalle unter den Immissionsrichtwerten nach TA Lärm bleibt. Die Berechnung wird nach VDI 2571 für verschiedene Ausführungsvarianten der Außenbauteile durchgeführt. Bei der Ausführung mit Porenbeton wird zusätzlich der Einfluss der Schallabsorption im Hallenbereich aufgezeigt. Vorgaben und Annahmen:

- Abstand der Werkhalle zum nächstgelegenen Wohnhaus: 40 m
- Halleninnenpegel (Mittelwert nach VDI 2571, Anhang C: 95 dB(A)) (z. B. Schreinerei, Druckerei, Blechbearbeitung)

- Schallquelle in der Mitte der Halle entsprechend nachfolgender Lageskizze
- Ausführung der Außenbauteile siehe nachfolgende Tabellen
- Immissionsrichtwerte nach TA Lärm

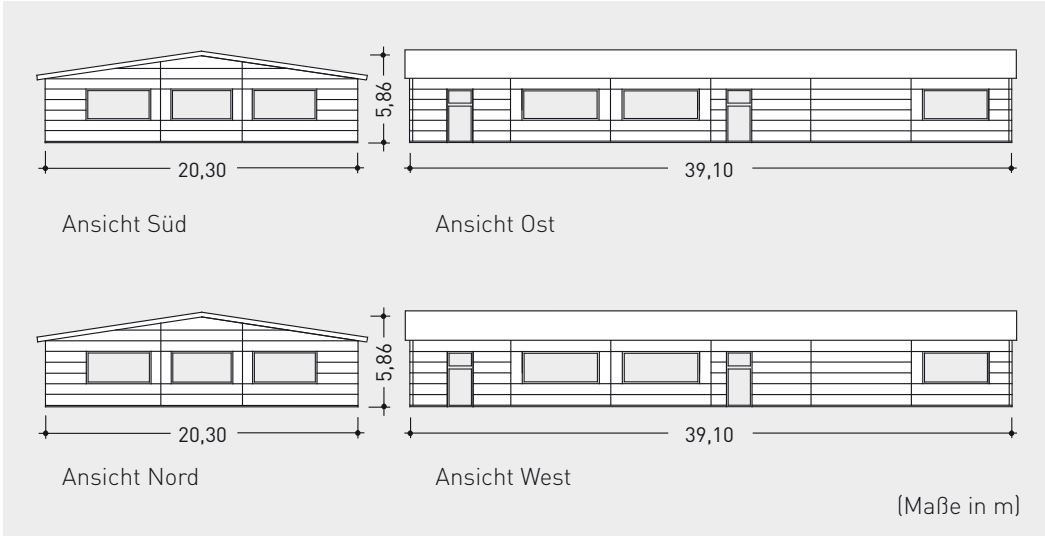
Die Fenster und Tore bestehen aus handelsüblichen Systemen.

Die auf den Seiten 172 ff wiedergegebenen Berechnungstabellen für den Modellfall Werkhalle verdeutlichen den generellen Berechnungsablauf und können als Vorlage für ähnliche Berechnungen herangezogen werden.

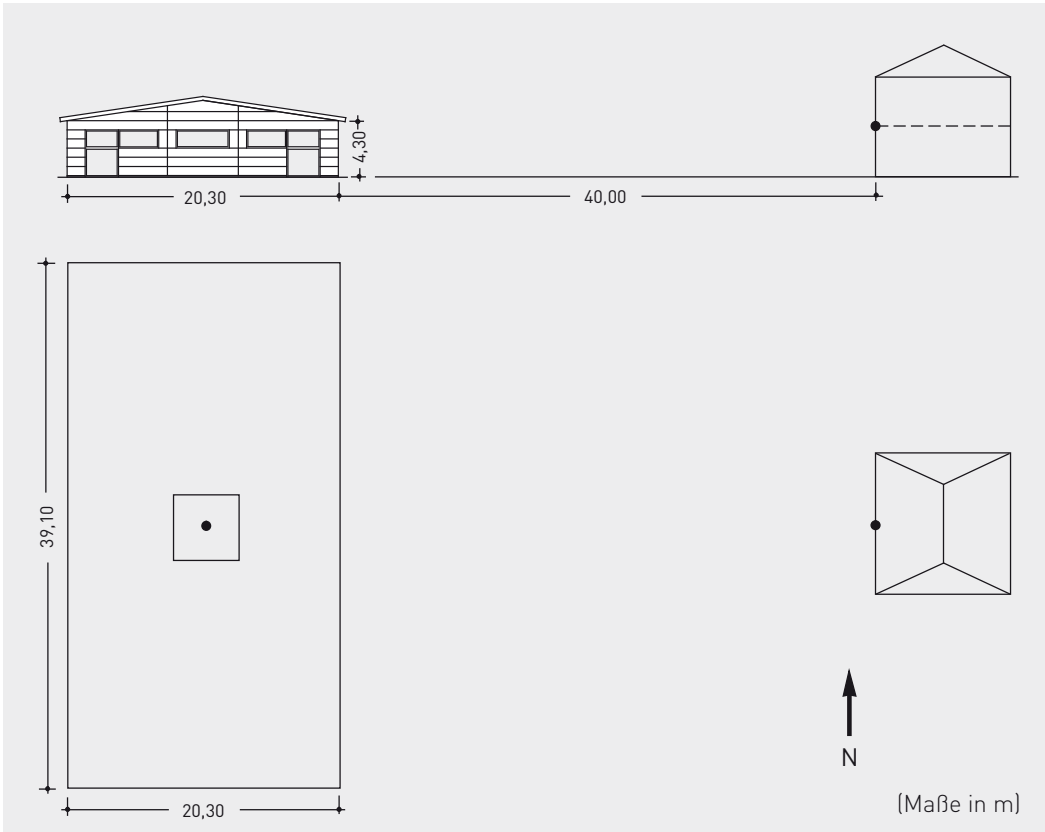
### Folgende Außenbauteile werden für die Modellrechnungen verwendet:

Außenwände	Dicke d mm	bewertetes Schalldämm-Maß $R'_w$ dB	Berechnungs- beispiel
HEBEL Wandplatten P 4,4-0,55	200	38	1A und 1B
Leichtholzlochziegel LHLz $\rho_w = 0,8 \text{ kg/dm}^3$	240	45	2
Leichtbauwände aus Stahltrapezblech mit Wärmedämmung zwischen den Blechschalen	200	41	3
Stahlbeton-Sandwichelemente	280 (8/6/14)	50	4

Dach	Dicke d mm	bewertetes Schalldämm-Maß $R'_w$ [dB]	Berechnungs- beispiel
HEBEL Dachplatten P 4,4-0,55	200	38	1A, 1B und 2
Stahltrapezblech mit Wärmedämmung	200	41	3
Stahlbeton-Massivdecke mit Wärmedämmung	150	54	4



Form der Werkhalle.



Lageskizze zur Modellrechnung.

## Berechnungsbeispiel 1A

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Dach und Wände aus Porenbeton ( $\rho = 0,55 \text{ kg/dm}^3$ )  
(Schallabsorption nicht berücksichtigt)

Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Bauteil/Fassade												
					Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade			Südfassade
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Tore
1	$L_1$	dB(A)	Halleninnenpegel		95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		38	37	32	20	0	37	32	37	32	20	37	32	20
3	$\Delta L_3$	dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	$\Delta L_3$ (Ausgangswerten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	23,1	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5	29,4
5	$\Delta L_1$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	$\Delta L_2$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	5	20	20	20	5	5	5
7	$L_5$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_5 = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_3 - \Delta L_2 + \Delta L_1$	35,1	38,0	37,2	42,7	62,7	28,9	29,2	14,5	13,2	21,2	28,6	26,5	39,6
8	$L_3$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	<b>46,6 dB(A) bei geschlossenem Tor 62,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>												
4 a	$s_m$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	50	50	50
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	18,0

Berechnungsbeispiel 1B

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Dach und Wände aus Porenbeton ( $\rho = 0,55 \text{ kg/dm}^3$ ) (Schallabsorption von Porenbeton  $\Delta L_i = -8 \text{ dB(A)}$ ) nach Dr. Gruschka

Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Bauteil/Fassade																
					Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade			Südfassade				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
				Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore					
1	$L_1$	dB(A)	Halleninnenpegel		87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87					
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		37	37	20	0	37	32	37	32	20	37	32	20					
3	$\Delta L_3$	dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
4	$\Delta L_5$ (Ausgangsdaten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5	29,4					
5	$\Delta L_1$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
6	$\Delta L_2$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	5	5	20	20	20	5	5	5					
7	$L_5$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_5 = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_5 - \Delta L_2 + \Delta L_1$	28,1	30,0	29,2	34,7	54,7	20,9	6,5	5,2	13,2	20,6	18,5	31,6					
8	$L_2$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	<b>38,6 dB(A) bei geschlossenem Tor 54,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>																
4 a	$s_n$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	60	60	60	50	50	50					
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	18,0					

## Berechnungsbeispiel 2

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Wände aus Leichthochlochziegeln ( $\rho = 0,8 \text{ kg/dm}^3$  verputzt), Dach aus Porenbeton ( $\rho = 0,55 \text{ kg/dm}^3$ ) [Schallabsorption  $\Delta L_i = -5 \text{ dB(A)}$ ] nach Dr. Gruschka

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Bauteil/Fassade											
																		Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade		
Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore												
1	$L_i$	dB(A)	Halleninnenpegel		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90											
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		37	44	32	20	0	44	32	44	32	20	44	32	20	20											
3	$\Delta L_s$	dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4											
4	$\Delta L_s$ (Ausgangsdaten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	23,1	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5	29,4	29,4											
5	$\Delta L_r$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3											
6	$\Delta L_z$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	5	20	20	20	5	5	5	5											
7	$L_s$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_s = L_i - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_z + \Delta L_r$	31,1	26,0	32,2	37,7	57,7	16,9	24,2	2,5	8,2	16,2	16,6	21,5	34,6	34,6											
8	$L_z$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	<b>41,0 dB(A) bei geschlossenem Tor 57,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>																								
4 a	$s_n$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	50	50	50	50											
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	18,0	18,0											

### Berechnungsbeispiel 3

Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Dach und Wände aus 1 mm-Stahlblech (Doppeltrapezprofil mit Wärmedämmung) (Schallabsorption  $\Delta L_1 = -2 \text{ dB(A)}$ ) nach Dr. Gruschka

Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Bauteil/Fassade																
					Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade			Südfassade				
					Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore		
1	$L_1$	dB(A)	Halleninnenpegel		93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		41	41	32	20	0	41	32	41	32	41	32	20	41	32	20	20	
3		dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
4	$\Delta L_s$ (Ausgangswerten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	23,1	27,8	22,5	28,8	32,8	32,8	32,8	23,4	30,5	30,5	29,4	
5	$\Delta L_1$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6	$\Delta L_2$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	5	20	20	20	20	20	5	5	5	5	
7	$L_s$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_s = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_2 + \Delta L_1$	30,1	32,0	35,2	40,7	60,7	22,9	27,2	8,5	11,2	19,2	22,6	24,5	22,6	24,5	24,5	37,6	
8	$L_3$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12	<b>43,9 dB(A) bei geschlossenem Tor 60,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>																
4 a	$s_n$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	60	60	50	50	50	50	
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0	71,1	14,0	14,0	18,0	

Berechnungsbeispiel 4  
 Berechnung des A-Schalldruckpegels nach VDI 2571: Dach und Wände aus Stahlbeton  
 Schallabsorption vernachlässigbar)

Lfd. Nr.	Zeichen	Einheit	Bedeutung	Fundstelle in VDI 2571	Bauteil/Fassade																
					Dach			Ostfassade			Nordfassade			Westfassade			Südfassade				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
				Dach	Wand	Fenster	Tor geschl.	Tor offen	Wand	Fenster	Wand	Fenster	Tore	Wand	Fenster	Tore					
1	$L_1$	dB(A)	Halleninnenpegel		95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95					
2	$R'_w$	dB	bew. Schalldämm-Maß		54	50	32	20	0	50	32	50	32	20	50	32					
3		dB(A)	Korrekturmaß	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
4	$\Delta L_s$ (Ausgangsdaten in Zeilen 4 a., b)	dB(A)	Abstandsmaß bei Abstrahlung in den Halbraum	Abschn. 3.3.1, Gl. in Bild 2	12,9	19,0	24,8	31,3	31,3	23,1	27,8	22,5	28,8	32,8	23,4	30,5					
5	$\Delta L_1$	dB(A)	Korrektur für Abstrahlung in den Viertelraum	Abschn. 3.3.1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
6	$\Delta L_2$	dB(A)	Abschirmmaß	Abschn. 3.4, 3.4.1	5	0	0	0	0	5	5	20	20	20	5	5					
7	$L_s$	dB(A)	Schallpegel am Immissionsort durch Abstrahlung vom Bauteil	Abschn. 3.3.1, Gl. 7b $L_s = L_1 - R'_w - 4 - \Delta L_s - \Delta L_2 + \Delta L_1$	19,1	25,0	37,2	42,7	62,7	15,9	29,2	1,5	13,2	21,2	15,6	26,5					
8	$L_2$	dB(A)	<b>Gesamtschallpegel</b>	Abschn. 3.5.1, Gl. 12													<b>45,4 dB(A) bei geschlossenem Tor 62,7 dB(A) bei geöffnetem Tor</b>				
4 a	$s_n$	m	Abstand Bauteil-Aufpkt.	Lageplan	50	40	40	40	40	50	50	60	60	60	50	50					
4 b	S	m <sup>2</sup>	Fläche des Bauteiles	Pläne (Skizze) der Halle	803	127,7	33,0	7,4	7,4	77,1	26,0	126,1	30,0	12,0	71,1	14,0					

## Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass der Immissions-schallpegel in der Nachbarschaft maßgeblich durch den Innengeräuschpegel der Werkhalle und durch die Schallabstrahlung der Fenster und Tore bestimmt wird. Die Schallabstrahlung der massiven Wand- und Dachflächen ist aufgrund der erheblich besseren Schalldämmung nur von geringem Einfluss auf das Ergebnis.

Durch die guten Schallabsorptionseigenschaften des Porenbetons ist der Geräuschpegel in der Werkhalle aus HEBEL Bauteilen am niedrigsten. Deshalb ergibt sich für diesen Fall der geringste Immissions-schallpegel in der Nachbarschaft. Die geringere Schalldämmung von Porenbeton wird durch das gute Schallabsorptionsvermögen des Baustoffes mehr als kompensiert.

L <sub>i</sub> Halleninnenpegel Mittelwert nach VDI 2571 Anhang C	95 dB(A) (Schreinerei, Blechbearbeitung, Druckerei)					
	Berechnungsbeispiel	1A	1B	2	3	4
$\Delta L$ Schallpegelminderung durch Absorption <sup>1)</sup>	nicht berücksichtig	<b>8 dB(A)</b> (Wand und Dach)	<b>5 dB(A)</b> (nur Dach)	<b>2 dB(A)</b> (Wand und Dach)	vernachlässigbar	
L <sub>i</sub> – $\Delta L$ tatsächlicher Halleninnenpegel (Mittelwert)	<b>95 dB(A)</b>	<b>87 dB(A)</b>	<b>90 dB(A)</b>	<b>93 dB(A)</b>	<b>95 dB(A)</b>	
Wandkonstruktion	200 mm HEBEL Wandplatten Rohdichteklasse 0,55		240 mm Mauerwerk aus LHLz, Rohdichtekl. 0,80, verputzt, +40 mm Wärmedämmung	Leichtbauelemente aus Stahltrapezblech, Wärmedämmung zwischen den Blechschalen	Sandwich-element 8/6/14 Rohdichteklasse 2,30	
R <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	<b>37 dB</b>		<b>45 dB</b>	<b>41 dB</b>	<b>50 dB</b>	
Dachkonstruktion <sup>3)</sup>	200 mm HEBEL Dachplatten Rohdichteklasse 0,55		200 mm HEBEL Dachplatten Rohdichteklasse 0,55	Leichtbauelemente aus Stahltrapezblech +100 mm Wärmedämmung	150 mm Stahlbeton, Rohdichtekl. 2,30 +100 mm Wärmedämmung	
R <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	<b>38 dB</b>		<b>38 dB</b>	<b>41 dB</b>	<b>54 dB</b>	
L <sub>2</sub> Gesamtschallpegel in 50 m Entfernung	<b>47 dB(A)</b>	<b>39 dB(A)</b>	<b>41 dB(A)</b>	<b>44 dB(A)</b>	<b>46 dB(A)</b>	
Nach TA Lärm ausreichend für folgende Gebiete (tagsüber: 06.00 bis 22.00 Uhr)	reine Wohngebiete	Kur- und Krankenhausbereiche	Kur- und Krankenhausbereiche	Kur- und Krankenhausbereiche	reine Wohngebiete	
Immissionsrichtwerte <sup>4)</sup>	<b>50 dB(A)</b>	<b>45 dB(A)</b>	<b>45 dB(A)</b>	<b>45 dB(A)</b>	<b>50 dB(A)</b>	

<sup>1)</sup> Gutachten Nr. 1267 vom 16.5.1983 von Dr. Gruschka VBI

<sup>2)</sup> nach VDI 2571 (Aug. 1976) Bild 1 oder DIN 4109 Beiblatt 1

<sup>3)</sup> Dachabdichtung mit Bitumenbahnen oder Folie nach den Flachdachrichtlinien

<sup>4)</sup> TA Lärm