

Schall und Schallreduktion



Neben den Vorgaben zur Energieeffizienz gewinnen Anforderungen zum Lärmschutz zunehmend an Einfluss. Dauerhaft hohe Lärmbelastungen schränken die Lebensqualität ein und können neben Störungen und Belästigungen auch zu relevanten Gesundheitsrisiken führen.

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, kurz TA Lärm, ist eine Allgemeine Verwaltungsvorschrift in der Bundesrepublik Deutschland, die dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche dient.

So sehen sich Errichter und Betreiber von technischen Anlagen immer wieder mit der berechtigten Forderung von Anrainern zum Schallschutz bzw. zur Schallvermeidung konfrontiert.

Bekannte Forderungen der TA Lärm:

Übersicht Schallanforderungen		
	Tags (06-22Uhr)	Nachts (22-06Uhr)
in Gebäuden (VDI 2081)		
Wohnräume	35dB(A)	25dB(A)
Rundfunkstudios	15dB(A)	
Büroräume	40dB(A)	
Werkhallen	<85dB(A)	
in Gebäuden (ASR 3.7)		
Tätigkeitskategorie I*	55dB(A)	
Tätigkeitskategorie II**	70dB(A)	
Tätigkeitskategorie III***	so niedrig wie möglich	
im Freien (TA-Lärm)		
Kurgebiete/ Krankenhäuser	45dB(A)	35dB(A)
reines Wohngebiet	50dB(A)	35dB(A)
Wohngebiet allgemein	55dB(A)	40dB(A)
Mischgebiet	60dB(A)	45dB(A)
Gewerbegebiet	65dB(A)	50dB(A)
Industriegebiet	70dB(A)	

*Kategorie I ~ Besprechungen/ Prüfungen/ Entwicklungsarbeit ~ hohe Sprachverständlichkeit

**Kategorie II ~ allg. Bürotätigkeiten/ Sachbearbeitung/ Bedienung von Anlagen ~ mittlere Sprachverständlichkeit

***Kategorie III ~ allg. industrielle und gewerbliche Tätigkeiten ~ geringe Sprachverständlichkeit

Die Lärmbekämpfung zur Sicherstellung eines befriedigenden Lärmschutzes sollte als effizienteste und nachhaltigste Strategie dabei immer an der Geräuschquelle ansetzen.

Die wichtigsten Begriffe, Zusammenhänge und Berechnungen möchten wir nachfolgend näher erläutern.

FAUSTREGELN

1. Halbierung Schall = -6 dB (Schalldruckpegel) aber Wahrnehmung zwischen 6 und 10 dB (Psychoakustik)
2. Verdopplung Abstand = -6 dB
3. Faustwert für Umrechnung von Schalldruck zu Schallleistung = -10 dB

SCHALLDRUCK

Der Schalldruckpegel (englisch Sound Pressure Level und oft mit SPL abgekürzt) ist eine logarithmische Größe zur Beschreibung der Stärke eines Schallereignisses. Er gehört zu den Schallfeldgrößen. Häufig wird der Schalldruckpegel, obwohl dann physikalisch nicht eindeutig, auch einfach Schallpegel genannt.

SCHALLEISTUNGSPEGEL

Der Schalleistungspegel (L_w) ist für eine Schallquelle die kennzeichnende schalltechnische Größe. Im Gegensatz zum Schalldruckpegel L_p ist der Schalleistungspegel L_w vollkommen unabhängig vom Schallfeld, also von der Größe und Form des Raumes und der Entfernung zur Quelle. Die Schalleistung beschreibt die gesamte wirkliche Schallenergie, die von einer Schallquelle abgegeben wird. Die abgestrahlte Schalleistung einer Geräuschquelle kann durch die Messung des Schalldrucks an mehreren Stellen einer geschlossenen Hüllfläche bestimmt werden. Sind die Schalldruckpegel in einem bestimmten Abstand von der Quelle bekannt, kann hieraus die Schalleistung einer Quelle berechnet werden oder bei gegebener Schalleistung daraus der Schalldruckpegel in einem bestimmten Abstand.

ZUSAMMENHANG VON SCHALLEISTUNG / SCHALLEISTUNGSPEGEL

Die Schalleistung (W) ist eine entfernungs- und raumunabhängige Größe, die sich als Ausgangspunkt für alle schalltechnischen Berechnungen eignet. Sie ist nicht direkt messbar, sondern nur über bestimmte Messverfahren zu ermitteln.

Der Schalleistungspegel L_w ist wie folgt definiert.

$$L_w = 10 \cdot \log (W/W_0)$$

L_w = Schalleistungspegel (dB)

W = Schalleistung (W)

W_0 = Bezugsschalleistung = $1 \cdot 10^{-12}$ (W)

Schallleistung und Schallleistungspegel von verschiedenen Schallquellen:

Zusammenhang Schallleistung und Schallleistungspegel		
Schallquelle	Schallleistung (W)	Schallleistungspegel (dB)
Strahltriebwerk	10000	160
Sirene	1000	150
Orchester	70	138
Maschinengewehr	10	130
Presslufthammer	1	120
Klavier	0,5	117
Bagger	0,3	115
Motorsäge	0,1	110
laute Sprache	0,001	90
Unterhaltungssprache	0,00001	70

MESSFLÄCHE – HÜLLFLÄCHENVERFAHREN

Bei der Ermittlung der Schalleistung nach dem Hüllflächenverfahren wird über die Schallquelle eine einhüllende Messfläche im festen Abstand von der geometrisch vereinfachten Schallobersfläche gelegt. Über den Gesamtschalldruckpegel an den verschiedenen Messpunkten der Messfläche, kann die Schalleistung berechnet werden.

Je nach geometrischer Art der Schallquelle ist eine der folgenden geeigneten Messflächen-Geometrien anzusetzen.

MESSFLÄCHENMASS BEI PUNKTFÖRMIGER SCHALLQUELLE

Bei punktförmigen Schallquellen ist eine kugelförmige Messfläche anzusetzen. Je nach Anordnung im Raum sind folgende Kugelabschnitte zu berücksichtigen:

Vollkugel - Schallquelle frei im Raum

$$LP=LW-11-20 \log(r)$$

Halbkugel - Schallquelle auf dem Boden

$$LP=LW-8-20 \log(r)$$

Viertelkugel - Schallquelle an der Wand

$$LP=LW-5-20 \log(r)$$

Achtelkugel - Schallquelle in der Ecke

$$LP=LW-2-20 \log(r)$$

$$LS=abs[10 \log(Q / 4 \pi r^2)]$$

Abs= Absolutwert

L_s = Messflächenmaß (dB)

r = Messabstand (m) - Standard 1 m

Q = Richtungsfaktor

1 = Vollkugel

2 = Halbkugel

4 = Viertelkugel

8 = Achtelkugel

L_p = Schalldruckpegel im Abstand r (dB)

L_w = Schallleistung (dB)

MESSFLÄCHENMASS BEI QUADERFÖRMIGER SCHALLQUELLE (Z. B. RLT-GERÄT)

Bei allseitig abstrahlenden Schallquellen ist die Messfläche hierbei die Oberfläche eines um den Schallkörper gelegten Quaders dessen einzelnen Flächen einen Abstand von 1 m zum Schallkörper aufweisen. Die Bodenfläche ist nicht zu berücksichtigen.

$$L_s = 10 \cdot \log [2 \cdot (H_k + d) \cdot (L_k + B_k + 4 \cdot d) + (L_k + 2 \cdot d) \cdot (B_k + 2 \cdot d)]$$

$$L_s = 10 \cdot \log 2 \cdot H_k + d \cdot L_k + B_k + 4 \cdot d + L_k + 2 \cdot d \cdot B_k + 2 \cdot d$$

L_s = Messflächenmaß (dB)

L_k = Länge der Komponente (m)

H_k = Höhe der Komponente (m)

B_k = Breite der Komponente (m)

d = Messabstand (m) Standard 1 m

Bei NOVA wird eben diese Hüllfläche verwendet.

BERECHNUNGSBEISPIEL

Gesamt- oder Einzelschalldruckwerte erhöhen sich um das Messflächenmaß L_s . Das Messflächenmaß wird ermittelt aus der Oberfläche in 1 m Abstand zum Körper der Schallquelle.

Formel Schallleistung: $L_w = L_f + L_s$

Schallleistungspegelvergleich			
Gerät		A	B
Abmessungen			
Breite	m	8,0	13,0
Höhe	m	2,5	3,5
Tiefe	m	4,0	6,0
Außenfläche	m ²	124	289
Messfläche	m ²	188	385
LP	dB(A)	55,0	55,0
LS	dB(A)	22,4	25,1
LW	dB(A)	77,4	80,1
Abstand	m	1,0	1,0

$$L_s = 10 \cdot \log [2 \cdot (H_k + d) \cdot (L_k + B_k + 4 \cdot d) + (L_k + 2 \cdot d) \cdot (B_k + 2 \cdot d)]$$

$$L_s = 10 \cdot \log [2 \cdot (2,5 + 4) \cdot (8 + 4 + 4 \cdot 4) + (8 + 2 \cdot 4) \cdot (4 + 2 \cdot 4)] = \mathbf{22,4 \text{ dB(A)}}$$

Obwohl die hörbare Lautstärke gleich ist, ist das größere Gerät rechnerisch fast doppelt so laut (3 dB entsprechen doppelte Lautstärke).

Hier zeigt sich auch die Schwierigkeit beim Hüllflächenverfahren: 55 dB(A) sind bei normalen Umgebungsgeräuschen nur schwer wahrzunehmen, führen aber zu einem Schallleistungspegel LW von rund 80 dB(A). Damit wird deutlich, dass ein Wert von 69 dB(A) bei einem Gerät mit einer Außenfläche von 234 m² nicht ohne weiteres zu realisieren ist.

SCHALLDÄMMUNG IN NOVA-GERÄTEN

NOVA gibt den Geräteschall im Normalfall nach Hüllflächenverfahren an, um dem Kunden die bestmögliche Angabe zu den zu erwartenden Schallemissionen zur Verfügung zu stellen. Hierfür werden die Geräteschallemissionen gemäß DIN 45635 berechnet (die DIN 45635 stammt aus dem Jahre 1984, ist aber nach wie vor gültig). Die Inhalte wurden in die ISO 3746 übernommen und werden dort weiter gepflegt. Die Schalldaten werden in der höchsten Lieferklasse gemäß DIN 24166 gemessen, um eine möglichst hohe Planungssicherheit zu gewährleisten.

Lieferklassen gem. DIN 24166 (ISO13348)					
Bezeichnung	Symbol	0	1	2	3
Volumenstrom	qv	+/- 1%	+/- 2,5%	+/- 5%	+/- 10%
Druckerhöhung	psF	+/- 1%	+/- 2,5%	+/- 5%	+/- 10%
Antriebsleistung	psF	+ 2%	+ 3%	+ 8%	+ 16%
Wirkungsgrad	eta	- 1%	- 2%	-5%	- (-12%*)
A-Schallleistungspegel	LwA	+ 3,0dB (+2 dB(A)*)	+ 3d,0dB	+ 4d,0dB	+ 6d,0dB

*ISO 13348

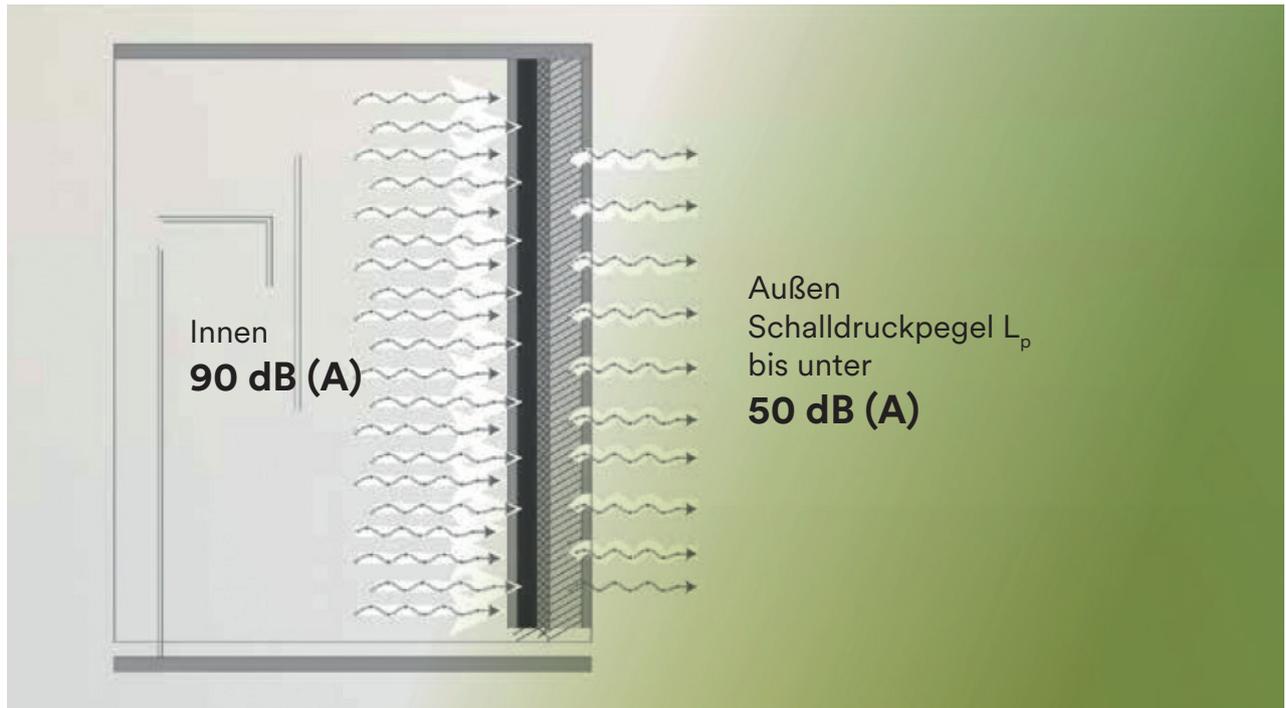
Im Folgenden ist eine Übersicht, der verschiedenen verwendeten Paneele und ihrer Schallabsorption.

Übersicht Schallabsorption							
Frequenz [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
40mm	15,4	14,1	15,8	21,7	28,0	34,7	38,3
55mm	17,0	15,5	16,0	25,4	32,0	36,7	44,7
SilenceLine	27,4	33,9	34,7	29,4	27,9	33,6	38,9
Marktverfolger	11,9	19,0	28,6	32,7	33,3	39,9	44,1

SILENCELINE-GERÄTE IM DETAIL

Die NOVA SilenceLine wurde speziell für schallkritische Anwendungen z. B. von Dachgeräten entwickelt. Durch den Einsatz dieser speziellen NOVA RLT-Geräte können Bauherren Kosten für schalldämmende Maßnahmen, z. B. Einhausungen der RLT-Geräte, einsparen.

Durch eine mehrlagige Gehäusekonstruktion, ähnlich der moderner schuss-sicheren Westen, kann diese extrem hohe Dämpfung erreicht werden.



SCHALLDÄMPFER

Schalldämpfer dienen der Reduktion von Schallemissionen im Lüftungsgerät. Diese werden zumeist von den Ventilatoren aber auch von eingebauten Kompressoren oder Pumpen verursacht.

Für die Bewertung des Schallpegels hinter einem Schalldämpfer wird die Dämpfung von dem Ursprungsschallpegel subtrahiert.

$$L_{Pm} = L_{Po} - D_e$$

L_{Pm} = Schalldruckpegel mit Schalldämpfer

L_{Po} = Schalldruckpegel ohne Schalldämpfer

D_e = Einfügungsdämmmaß [dB]

Schalldämpfer werden hauptsächlich durch ihre Spaltbreite, die Gesamtlänge und den Querschnitt definiert. Die Zusammenhänge stellt die folgende Tabelle dar.

Eigenschaften Kulissenschalldämpfer		
Eigenschaft	Dämpfung	Druckverlust
Spalt -	+	+
Spalt +	-	-
Länge +	+	+
Länge -	-	-
Querschnitt +	=	-
Querschnitt -	=	+

ARTEN VON SCHALLDÄMPFERN

1. Absorptionsschalldämpfer

- Dämpfung durch Absorptionsmasse
- Gute Dämpfungswerte im mittleren und hohen Frequenzbereich
- Ineffektiv bei tiefen Frequenzen, da Absorptionsschicht unwirtschaftlich dick ausgebildet werden müsste

2. Resonanzschalldämpfer

- Dämpfung durch Resonatoren
- Gute Dämpfung im tiefen Frequenzbereich
- Dämpfung je Resonator nur auf eine Frequenz beschränkt
- Kombinierbar mit Absorptionselementen

3. Kammer-Absorptionsschalldämpfer

- Kombination aus Absorption und Resonanz
- Meist auf 250 Hz optimiert

4. Aktive Schalldämpfer

- Elektroakustische Dämpfung (Antischall/ elektronisch verstärkte Resonatoren)
- Sehr gute Dämpfung im unteren Frequenzbereich
- Vorbereitende Messung erforderlich, daher sehr selten in der Praxis

5. Anlagenkomponenten

- Geringer Dämpfungsbeitrag
- Dämpfung im mittleren bis hohen Frequenzbereich

übliche Pegelminderung durch Anlagenkomponenten									
Komponente/ Frequenz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	[Hz]
Grobfilter	0	0	1	2	4	5	6	6	[dB]
Feinfilter	1	1	3	5	7	12	15	16	[dB]
Wärmeübertrager	3	3	3	3	3	3	3	3	[dB]
Wetterschutzgitter	3	3	3	3	3	3	3	3	[dB]
Bogenkanal	0	0	0	1	2	3	3	3	[dB]
Abzweig 90°	5	5	5	5	5	5	5	5	[dB]
Kanal (s=1mm)	0,45	0,3	0,15	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	[dB/m]
Rohr/ Mauerkanal	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	[dB/m]

BEWERTUNG VON SCHALL

Das menschliche Ohr empfindet Töne mit gleichem Schalldruck in unterschiedlichen Tonhöhen unterschiedlich laut.

Da die Krümmung der Kurven gleicher Lautstärkepegel und damit der Frequenzgang des Gehörs vom Schalldruckpegel abhängig ist, wurden für unterschiedlich hohe Schalldruckpegel unterschiedliche Bewertungskurven definiert:

A-Bewertung:

Entspricht den Kurven gleicher Lautstärkepegel bei ca. 20-40 phon

B-Bewertung:

Entspricht den Kurven gleicher Lautstärkepegel bei ca. 50-70 phon

C-Bewertung:

Entspricht den Kurven gleicher Lautstärkepegel bei ca. 80-90 phon

Bewertete Pegel werden durch den entsprechenden Buchstaben der Frequenzbewertung als Index der Messgröße gekennzeichnet.

Schallbewertung mittels Filtern								
Frequenz [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A - Bewertung [dB]	-26,2	-16,2	-8,7	-3,3	0,0	1,2	1,0	-1,2
B - Bewertung [dB]	-9,4	-4,2	-1,4	-0,3	0,0	-0,1	-0,7	-2,9
C - Bewertung [dB]	-0,8	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,8	-3,1
Kanal (s=1mm)	0,45	0,3	0,15	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05
Rohr/ Mauerkanal	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Für die Bewertung von Schallpegeln kommen in der Akustik noch weitere Einflussgrößen zum Einsatz, wie Nachhallzeiten, Schallabsorption durch Objekte/ Personen oder der Schallabsorptionsgrad eines Raumes.

Näherungswerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad nach Din EN ISO 3746		
Mittlerer Schallabsorptionsgrad	Beschreibung des Raums	Beispiel
0,05	nahezu leerer Raum mit glatten harten Wänden und Oberflächen aus Beton, Backstein, Putz oder Fliesen	leere Halle
0,10	teilweise leerer Raum; Raum mit glatten Wänden	Hotelzimmer
0,15	möblierter quaderförmiger Raum; quaderförmiger Maschinen- oder Gewerberaum	Besprechungsraum
0,20	unregelmäßig geformter möblierter Raum; unregelmäßig geformter Maschinen- oder Gewerberaum	Ladengeschäft
0,25	Raum mit Polstermöbeln; Maschinen- oder Gewerberaum mit schallabsorbierendem Material an Teilen der Wände oder der Decke	Wohnraum
0,30	Raum mit schallabsorbierender Decke, aber keinem schallabsorbierenden Material an den Wänden	optimierter Besprechungsraum
0,35	Raum mit schallabsorbierendem Material sowohl an der Decke als auch an den Wänden	akustisch optimierter Vortragsraum
0,50	Raum mit viel schallabsorbierendem Material sowohl an der Decke als auch an den Wänden	-