

## Einführung

# Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

### Schall

Unter Schall versteht man Bewegung in einem elastischen Medium, hervorgerufen durch Druckschwankungen und Molekularbewegungen. Trägermedien sind feste, flüssige und gasförmige Stoffe (Körper-, Flüssigkeits- oder Luftschall), die zu Schwingungen angeregt werden und diese an ihre Umgebung weitergeben. Ein durch Schall angeregtes Molekulateilchen schwingt um seine Ruhelage.

### Geräusch

Geräusch ist Schall, der aus vielen Einzeltönen zusammengesetzt ist, die Tonfolge jedoch kein Ordnungsprinzip erkennen lässt.

### Lärm

Lärm ist jede Art von Schallereignis, das den Betroffenen stört.

### Emission

Als Emission bezeichnet man die gesamte Schallabstrahlung eines Schallstrahlers.

### Immission

Immission ist die gesamte Einwirkung von Geräuschen bzw. Vibrationen an einer bestimmten Stelle.

### Schalldruck $p$ ( $\mu\text{Pa}$ )

Das in Bewegung versetzte Einzelmolekül erzeugt im Medium einen Druckwechsel. Diese Drücke sind messbar und werden als Schalldruck bezeichnet. Der Schalldruck wird in der Regel in Newton pro Quadratmeter ( $\text{N/m}^2$ ) angegeben, vereinzelt auch noch in der alten Einheit Mikrobar ( $\mu\text{bar}$ ). Zur Schallwahrnehmung müssen die Schalldruckwerte im Hörbereich liegen.

### Hörbereich

Das menschliche Ohr kann Schwingungen nur in einem Frequenzbereich von ca. 16 bis 16.000 Hz wahrnehmen. Der hörbare Frequenzbereich ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich und nimmt meist mit zunehmendem Alter ab. Schall-schwingungen unter 16 Hz empfindet der Mensch als Erschütterung (Infraschall). Schallereignisse über 16.000 Hz werden vom Menschen nur bei extrem hohen Schallpegelwerten wahrgenommen (Ultraschall).

### Hörschwelle $p_0$

Empirisch ermittelter und festgelegter Wert, bei dem das menschliche Ohr gerade beginnt, das Schallereignis wahrzunehmen [0 dB].

$$p_0 = 20 \mu\text{Pa} \quad (= 20 \text{ N/m}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar})$$

### Schmerzschwelle

Empirisch ermittelter Wert, bei dem das menschliche Ohr das Schallereignis schmerzhaft empfindet [ca. 120 dB]  
20 Pa ( $= 20 \text{ N/m}^2 = 200 \mu\text{bar}$ ).

### Schallpegel $L$ [dB]

Der Schallpegel wird in einem logarithmischen Verhältnis angegeben. Man bezieht den vorhandenen Schalldruck auf einen Bezugsschalldruck, nämlich die Hörschwelle des menschlichen Ohrs.

$$L = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad [\text{dB}]$$

### Dezibel [dB]

Zehnter Teil eines Bels (benannt nach Graham Bell, dem englischen Erfinder des Telefons). Logarithmisches Verhältnis zweier Zahlenwerte, z. B. Hörschwelle zu gemessenem Schalldruck.

### Frequenz $f$ [Hz]

Als Frequenz bezeichnet man die Anzahl von Schwingungen innerhalb einer Sekunde. Gemessen wird die Frequenz in Herz [Hz]. Die Anzahl der Schwingungen bestimmt die Tonhöhe. Eine Verdopplung der Frequenz wird als Oktave bezeichnet. Eine Drittel-Oktave nennt man Terz.

### Schalldruckpegel $L_p$

(bezogen auf 20  $\mu\text{Pa}$ ): 10facher Logarithmus des Verhältnisses von mittlerem quadratischem Schalldruck ( $p$  in Pascal, Pa) zum Quadrat des Bezugsschalldruckes ( $P_0 = 20 \mu\text{Pa}$ ).

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} \quad [\text{dB}]$$

Der Schalldruckpegel ist die wichtigste Größe zur Beschreibung des Geräusches an einem gegebenen Punkt. Er wird in Dezibel angegeben und mit einem genormten Schallpegelmesser (siehe IEC 651) gemessen.

Die Frequenzbewertung (A oder C) oder die Breite des Frequenzbandes und die verwendete Zeitbewertung (S, F, I oder Peak) müssen angegeben werden.

### ANMERKUNG

Die Notation  $L_p$  für den Schalldruckpegel gilt für Emission, Immission und Exposition.

### Zeitlich gemittelter Schalldruckpegel

#### $L_{\text{peq},T}$

Schalldruckpegel eines kontinuierlichen, stationären Geräusches, das innerhalb eines Messzeitintervalls  $T$  den gleichen mittleren quadratischen Schalldruck aufweist, wie ein betrachtetes zeitlich schwankendes Geräusch; Pegel des mittleren quadratischen Schalldruckes in einem Zeitintervall. Er wird in Dezibel angegeben.

$$L_{\text{peq},T} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1 L_p(t)} dt \right] \quad \text{dB}$$

Der zeitlich gemittelte Emissions - Schalldruckpegel ist die wichtigste Größe zur Beschreibung der Immission an Arbeitsplätzen und der Exposition von Personen. Er wird dann äquivalenter Dauerschalldruckpegel genannt

ANMERKUNG: Wird die Immission oder die Exposition betrachtet, können Impuls- und Tonzuschläge  $DL_I$  und  $DL_T$  in Dezibel benutzt werden, um den Einfluss der Impuls- und Tonhaltigkeit des Geräusches zu berücksichtigen ( $L_{\text{pAeq},T} + DL_I + DL_T$ ) (siehe ISO 1996-1, ISO 1996-2 und ISO 1999)

ANMERKUNG: Der Index wird oft weggelassen, da in allen Fällen, die sich auf ISO 11690 beziehen, der Schalldruckpegel über ein bestimmtes Messzeitintervall gemittelt wird.

# Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

## Schalleistungspegel $L_w$

Der Schalleistungspegel gibt im logarithmischen Maß die gesamte Schalleistung  $W$  an, die von einem Schallstrahler ausgeht, gem. DIN 45635 ist:

$$L_w = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0} \text{ [dB]}$$

Mit  $W = 10$  Watt stimmen die Zahlenwerte des Schalleistungspegels mit denen des Schallpegels überein, wenn sich die gesamte Schalleistung auf eine Fläche von  $1 \text{ m}^2$  verteilt.

Oder der 10fache Logarithmus des Verhältnisses der Schalleistung ( $P$  in Watt), die von der zu messenden Schallquelle abgestrahlt wird, zur Bezugsschalleistung ( $P_0 = 1 \text{ pW}$ ). Er wird in Dezibel angegeben und beschreibt die Geräuschemission einer Schallquelle (siehe Normen in den Reihen ISO 3740 und ISO 9614). Die Frequenzbewertung und die Breite des verwendeten Frequenzbandes müssen angegeben werden.

ANMERKUNG: Der A-bewertete Schalleistungspegel ist z. B.  $L_{wA}$ .

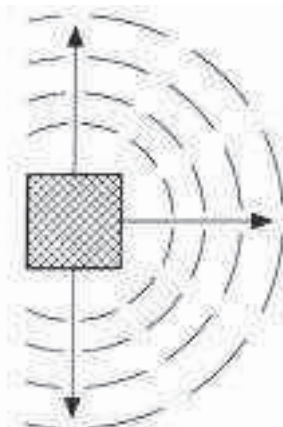
## Arbeitsplatz:

Ein Punkt in der Nähe einer Maschine, der vom Bediener besetzt sein kann, oder ein Punkt, an dem eine Aufgabe ausgeführt wird.

## Größen zur Beschreibung der Geräuschemission.

### Geräuschemission:

Der von einer bestimmten Quelle (Maschine oder Gerät) in die Umwelt abgestrahlte Luftschall.



Geräuschemission;  
Schallabstrahlung einer Maschine  
= maschinenbezogen  
unter festgelegten Betriebsbedingungen  
= umgebungsabhängig

### Emissions-Schalldruckpegel $L_p$ :

Der von der geprüften Schallquelle am zugehörigen Arbeitsplatz oder an einem anderen festgelegten Punkt hervorgerufene Schalldruckpegel. Er wird in Dezibel angegeben und ist eine zusätzliche Größe zur Beschreibung der Geräuschemission einer Schallquelle (siehe ISO 11200 bis ISO 11204).

Die Frequenzbewertung und / oder Zeitbewertung oder die Breite des verwendeten Frequenzbandes müssen angegeben werden.

### ANMERKUNG:

Der C-bewertete Spitzenwert des Emissions-Schalldruckpegels ist z. B.  $L_{pc,peak}$ .

### ANMERKUNG :

Der A-bewertete Emissions Schalldruckpegel wird oft über einen Arbeitszyklus der Schallquelle gemittelt. Er wird mit  $L_{pA}$  bezeichnet

### Messflächenschalldruckpegel $L_{pA,d}$ :

Energetisch gemittelt, A-bewertet, auf der Messfläche im Abstand  $d$  ( $d = 1 \text{ m}$  lt. ISO 3744) gemessen. Bezeichnung auch  $L_{pA,1m}$ .

## Gemessener Geräuschemissionswert $L$ :

A-bewerteter Schalleistungspegel, A-bewerteter, zeitlich gemittelter Emissions-Schalldruckpegel oder C-bewerteter Spitzenwert des Emissions-Schalldruckpegels aus Messungen. Gemessene Werte können entweder für eine Einzelmaschine oder durch Mittelung über eine Anzahl von Maschinen bestimmt werden. Sie werden in Dezibel angegeben und nicht gerundet.

## Geräuschemissionsangabe :

Angaben zur Geräuschemission der Maschine, die der Hersteller oder Lieferant in technischen Dokumenten oder anderweitiger Literatur hinsichtlich der Geräuschemissionswerte macht. Die Geräuschemissionsangabe kann in Form der Ein- oder Zweizahlangabe erfolgen.

## Unsicherheitsfaktor $K$ :

Der Zahlenwert der Messunsicherheit eines gemessenen Geräuschemissionswertes

## Angebener Einzahl-

### Geräuschemissionswert $L_d$ :

Die Summe von gemessenem Geräuschemissionswert und zugehörigem Unsicherheitsfaktor, gerundet auf das nächstliegende ganze Dezibel :

$$L_d = L + K$$

## Angebener Zweizahl-

### Geräuschemissionswert $L$ und $K$ :

Ein gemessener Geräuschemissionswert und der zugehörige Unsicherheitsfaktor  $K$ , werden auf das nächstliegende ganze Dezibel gerundet.

## Einführung

ANMERKUNG : T kann die Messdauer sein, ein Arbeitszyklus einer Maschine, ein Verfahrensablauf, die Zeitspanne, während der gewöhnlich ein Arbeiter anwesend oder nahe am Messpunkt ist, oder die Dauer einer Arbeitsschicht.

### Geräuschexposition einer Person:

Alle Geräusche, die innerhalb einer festgelegten Zeit T unter den tatsächlichen angetroffenen Bedingungen am Ohr einer Person eintreffen.



### Geräuschexposition

- personenbezogen (an einem oder mehreren Arbeitsplätzen oder für eine ihrem Aufenthaltsort verändernde Person)
- unter Bedingungen des tatsächlichen Betriebs,
- abhängig von der Expositionszeit
- Beiträge von allen Schallquellen

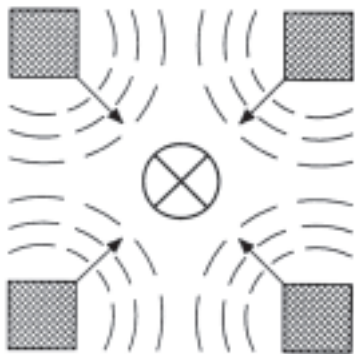
Die Immission wird am Arbeitsplatz gemessen. Die Exposition wird am Ohr der Person gemessen.  $L_{pAeq,T_0}$  kann durch energetische Summation von Immissions- oder Expositionswerten  $L_{pAeq,T_i}$  gebildet werden. Die Werte  $L_{pAeq,T_i}$  werden während einzelner Messdauern  $T_i$  gemessen, wobei gilt  $\sum T_i = T_e$

In einigen Ländern ist ein Beurteilungspegel  $L_{pAr}$  gebräuchlich.

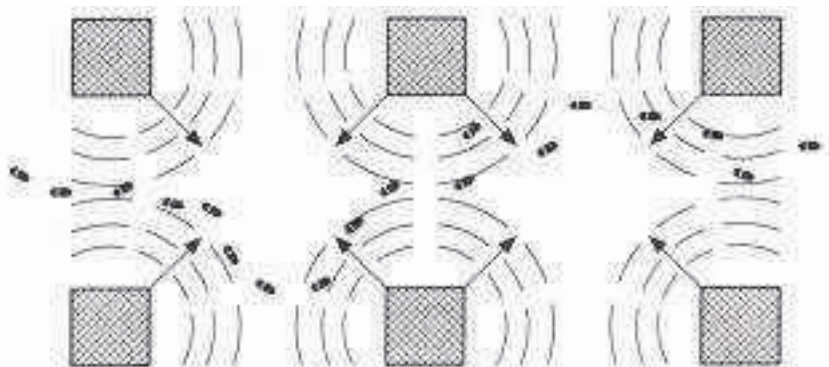
$$L_{pAr} = L_{pAeq,T_0} + (DL_I + DL_T) \text{ dB}$$

wobei  $DL_I$  und  $DL_T$  Impulshaltigkeit und tonale Komponenten beschreiben.

## Geräusch- immissionen und - expositionen



Geräuschemission arbeitsplatzbezogen, unter den Bedingungen des tatsächlichen Betriebs. Beiträge von allen Schallquellen.



Geräuschexposition für eine Person, die ihren Aufenthaltsort wechselt

### Geräuschimmission am Arbeitsplatz:

Alle Geräusche, die unter den tatsächlich angetroffenen Bedingungen an einem Messpunkt (Arbeitsplatz) innerhalb einer Zeit T einwirken, gleich, ob ein Arbeiter zugegen ist oder nicht: Von der Maschine ausgehendes Geräusch, von anderen Schallquellen ausgehendes Geräusch, an Decken, Wänden und Einrichtungsgegenständen reflektierter Schall.

### Größen zur Beschreibung der Geräuschimmission und -exposition :

Der äquivalente A-bewertete Dauerschalldruckpegel, normiert auf einen Arbeitstag mit nominaler Dauer  $L_{pAeq,T_0}$  in Dezibel:

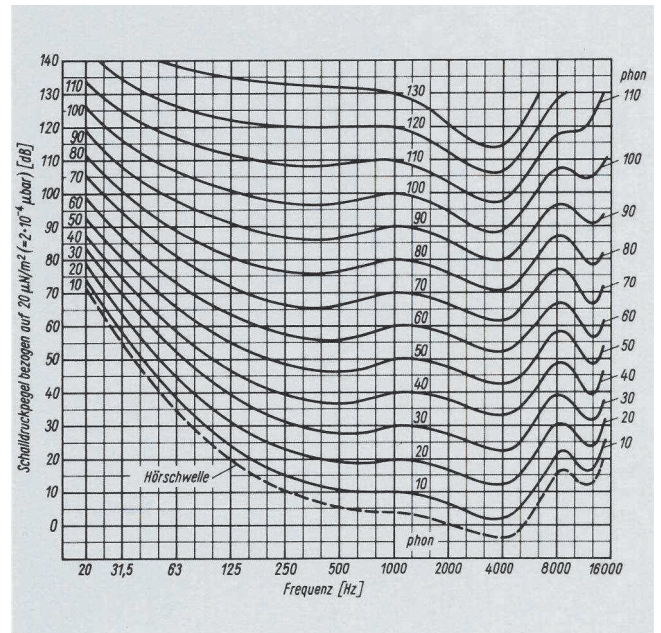
$$L_{pAeq,T_0} = L_{pAeq,T_e} + 10 \lg (T_e / T_0) \text{ dB}$$

wobei  $T_0$  die Bezugszeit ist (zum Beispiel 8 Stunden) und  $T_e$  die Dauer einer Schicht.



### Normalkurven gleicher Lautstärkepegel

Das menschliche Ohr empfindet hohe und tiefe Frequenzen unterschiedlich laut. Das Hörverhalten wird in den Normalkurven gleicher Lautstärkepegel gem. DIN 45630 dokumentiert. Tiefe Frequenzen werden weniger laut empfunden als höhere. Diesem Empfinden des menschlichen Ohres trägt man bei der Beurteilung von Schallereignissen Rechnung. Die Kurven gleicher Lautstärkepegel geben in Abhängigkeit von der Frequenz den Schalldruck an, der die gleiche Lautstärkewahrnehmung hervorruft.



Normalkurven gleicher Lautstärkepegel nach DIN 45630 Bl. 2.

## Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

$W/m^2$	relative Schallstärke	Schalldruck Bel	dB
$10^{-12}$	1	0	0
$10^{-11}$	10	1	10
$10^{-10}$	100	2	20
$10^{-9}$	1.000	3	30
$10^{-8}$	10.000	4	40
$10^{-7}$	100.000	5	50
$10^{-6}$	1.000.000	6	60
$10^{-5}$	10.000.000	7	70
$10^{-4}$	100.000.000	8	80
$10^{-3}$	1.000.000.000	9	90
$10^{-2}$	10.000.000.000	10	100
$10^{-1}$	100.000.000.000	11	110
$10^0$	1.000.000.000.000	12	120

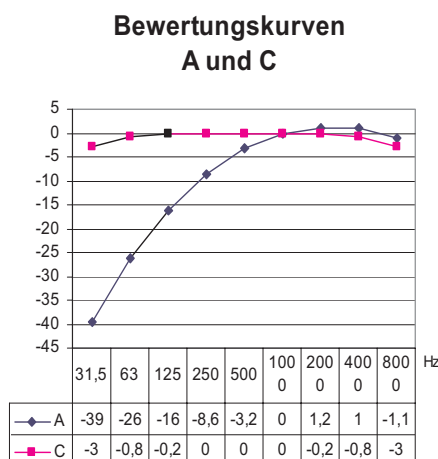
Verhältnis der Schallstärken

Die relative Schallstärke ist im Bereich der Schmerzschwelle etwa 1.000.000.000.000 mal so hoch wie im Bereich der Hörschwelle. Aufgrund dieser großen Zahlen wurde vereinbart, dass Schallereignisse in einem Zehntel des logarithmischen Maßstabs angegeben werden; also nicht in Bel sondern in Dezibel.

# Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

Frequenz HZ	Korrekturwerte A Kurve	Korrektur- werte C Kurve
31,5	-39,4	-3
63	-26,2	-0,8
125	-16,1	-0,2
250	-8,6	0
500	-3,2	0
1000	0	0
2000	1,2	-0,2
4000	1	-0,8
8000	-1,1	-3

Zahlenwerte der Bewertungskurven A + C



## Bewertungskurve A

In Annäherung an das Hörempfinden des menschlichen Ohres (siehe Normalkurven gleicher Lautstärkepegel) wurde die Bewertungskurve A festgelegt (gem. DIN 45635). Schallpegel, die nach der Bewertungskurve A bewertet werden, sind mit dem Index (A) zu kennzeichnen; z. B. 85 dB(A).

## Bewertungskurve C

Eine Bewertung, die Geräusche < 100 Hz nur wenig unterdrückt, das breite Frequenzband 100 – 5.000 Hz unbewertet lässt und den hochfrequenten Anteil > 5.000 Hz weniger berücksichtigt. Die Zahlenwerte der C Kurve sind genormt.

## Addition von Lärmpegeln

Die Addition von Schallpegelwerten erfolgt nach logarithmischem Prinzip.

$$L_{ges.} = 10 * \log(10^{0,1*L_1} + 10^{0,1*L_2} + 10^{0,1*L_n})$$

$L_1$  = Lärmpegel 1

$L_2$  = Lärmpegel 2

$L_n$  = n-ter Lärmpegel 1

Beispiel:

Wie hoch wird der Gesamtlärmpegel, wenn zwei Maschinen mit einem Lärmpegel von je 100 dB dicht beieinander aufgestellt werden?

Lösung: 103 dB

Man erhält die Summe der beiden Pegel durch logarithmische Addition oder einfacher durch Hinzuzählen des Logarithmus der vorhandenen gleichen Lärmquelle; in diesem Beispiel durch Hinzuzählen des Logarithmus von 2 = 0,3 (Bel). Festgelegt wurde aber das Dezibel, also das Zehnfache des Bels, d. h. 3 dB.

Daraus resultiert:

2 gleiche Pegel + 3,0 dB

3 gleiche Pegel + 4,8 dB

10 gleiche Pegel + 10,0 dB

20 gleiche Pegel + 13,0 dB

100 gleiche Pegel + 20,0 dB

## Addition von ungleich lauten Lärmpegeln

Die Addition von ungleich lauten Schallpegelwerten erfolgt nach dem logarithmischen Rechenprinzip nach oben genannter Formel.

## Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

### Nahfeld - Fernfeld

Diese Begriffe werden nicht immer einwandfrei von den Ausdrücken Direkt- und Diffusfeld getrennt. Nah- und Fernfeld kennzeichnen die Schallquelle selbst, während Direkt- und Diffusfeld durch die raumakustischen Eigenschaften des Umgebungsraumes bestimmt werden. Im Allgemeinen ist das Nahfeld einer Schallquelle der Bereich, in dem Blindschallleistungen ausgetauscht werden, die zwar für den gegebenen Strahler charakteristisch sind, jedoch nicht unbedingt auch als Maß für die Schallabstrahlung der Wirkleistung verwendet werden können. Der Schalldruck  $P$  und die Schallschnelle  $v$  sind im Nahfeld nicht Phase. Bei biegeweichen Platten findet hier eine Interferenzerscheinung (gegenseitige Auslöschung) zwischen den nicht benachbarten Elementarstrahlern statt. Im Fernfeld sind die für das Nahfeld charakteristischen Ausgleichsströmungsvorgänge abgeklungen. Schalldruck  $P$  und Schallschnelle  $V$  sind in Phase, d. h. die hier stattfindenden Wechselvorgänge sind für die abgestrahlte Schallleistung kennzeichnend. Um die Schallleistung einer Quelle zu bestimmen, kann z. B. der Schalldruck im Fernfeld gemessen werden.

### Direktschallfeld - diffuses Schallfeld

In einem geschlossenen Raum werden die von der Quelle ausgehenden Schallwellen an den Raumbegrenzungsflächen reflektiert. Es erfolgt eine mehr oder weniger vollständige Vermengung der Schallwellen aus jeder Raumrichtung untereinander und mit den direkt ohne Reflexion von der Schallquelle kommenden Schallwellen. In unmittelbarer Nähe einer Schallquelle überwiegt im Allgemeinen das direkte Schallfeld; erst in größerer Entfernung, wenn die Raumabmessungen in allen Richtungen größer als die Wellenlänge der betrachteten Schallwellen und die Raumabgrenzungen schallhart sind, ist das Schallfeld diffus und die Schallintensität vom Ort näherungsweise unabhängig; es dominieren die reflektierten Schallanteile.

### Stehwellenfeld

Weist das Schallfeld in einem geschlossenen Raum ortsfeste Maxima und Minima auf, so spricht man von stehenden Wellen. In diesem Fall werden die an den gegenüberliegenden Begrenzungsflächen reflektierten Schallwellen gleicher Frequenz und Amplitude überlagert. Wenn eine Welle z. B. nach zweimaliger Reflexion wieder mit derselben Phase am Ausgangspunkt ankommt, nimmt der Schalldruck je nach Phasenlage unter Umständen stark überhöhte Werte an. Der Wert, den der Schalldruck bei der Resonanz annimmt, wird durch die Energieverluste bestimmt.

### Schalldämmung - Schalldämpfung

Bei der Schalldämmung wird der Schalldurchgang durch eine Trennfläche dadurch verhindert, dass ein großer Teil der auftretenden Schallleistung reflektiert wird. Von der Schalldämmung durch Reflexion ist die Schalldämpfung, die auf Absorption beruht, zu unterscheiden. Man spricht von Schalldämpfung, wenn bei der Ausbreitung in der Luft oder in festen bzw. flüssigen Medien durch Reibung an den Grenzflächen oder thermische, molekulare oder andere Umordnungen, Schallenergieverluste auftreten. Man spricht auch von Schalldämpfung bei der Abschwächung von Schallwellen während ihrer Ausbreitung in Schalldämpferkanälen.

### Koinzidenzeffekt

Als Koinzidenzeffekt (Spuranpassung) versteht man die Übereinstimmung der Wellenlängen von freien BiegeWellen (griech.  $\kappa$ )  $\times B$  mit der von Luftdruckschallwellen  $\times L$  unter Berücksichtigung einer unterschiedlichen Ausbreitungsrichtung der Wellenarten.

### Merke

Die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für Schallereignisse ist frequenzabhängig. Um die Belästigung eines Schallereignisses unseres Hörverhaltens entsprechend beurteilen zu können, einigte man sich auf eine frequenzmäßige Beurteilung. Die Summe des in Frequenzschritten bewerteten Schallereignisses wird als Schalldruckpegel mit dem Index A bezeichnet [dB(A)]. Erhöht sich ein Schallereignis um 3 dB, so verdoppelt sich die Schallleistung. Verringert sich ein Schallereignis um 3 dB, so halbiert sich die Schallleistung. Eine Minderung um 10 dB ist eine Verringerung auf 1/10, eine Erhöhung um 10 dB ist eine Steigerung um das 10-fache der vorhandenen Schallleistung. Subjektiv empfindet unser Ohr bei einer Abnahme von 10 dB eine Halbierung der Belästigung bzw. bei einer Zunahme von 10 dB eine Verdoppelung der Belästigung.

## Technische Einführung

### Zeitbasis SLOW

Steht ein sinusförmiges Signal einer mittleren Frequenz (z. B. 1000 Hz) und der Dauer von 0,5 Sekunden an, muss eine Anzeige von 4 dB unter dem Wert eines Dauersignals gleicher Frequenz und Amplitude erreicht sein. Schalldruckpegel A bewertet mit Zeitbasis [Slow = LAS]

### Zeitbasis FAST

Steht ein Signal einer mittleren Frequenz (z. B. 1000 Hz) und der Dauer von 0,2 Sekunden an, muss eine Anzeige von 1 dB unter dem Wert eines Dauersignals gleicher Frequenz und Amplitude erreicht sein. Schalldruckpegel A bewertet mit Zeitbasis [Fast = LAF]

# Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

## Begriffe aus der Lärmesspraxis Messwert linear

Bei diesen Messwerten findet keine Bewertung statt (wie z. B. durch die A-Kurve). Alle Werte sind auf den gleichen Basiswert bezogen; beim Schalldruckpegel auf  $20 \mu \text{ N/m}^2 = 2 \times 10^{-4} \mu \text{ bar} = 0 \text{ dB}$  Schalldruckpegel linear gemessen, als Summe aus allen Einzelfrequenzschritten [L in dB].

## Messwert A - bewertet

Bei diesen Messwerten findet eine Bewertung statt. Alle Werte sind auf ungleiche Basiswerte bezogen. Beim Schalldruckpegel bewertet gem. A-Kurve nach DIN 45630T2.

Schalldruckpegel A bewertet gemessen, als Summe aller Einzelfrequenzschritte [LA in dB(A)].

## Messwert zeitbewertet

Bei diesen Messwerten findet eine Bewertung nach dem zeitlichen Verlauf statt. Drei (vier) Zeitbasen sind bekannt: Slow (langsam) Fast (schnell) Impuls (Impulse) Peak (Spitzenwert)

### Zeitbasis IMPULSE

Für Einzelimpulse eines sinusförmigen Signals der Frequenz 2000 Hz, der Dauer t und einer konstanten Amplitude, die für ein Dauersignal dem Vollausschlag entspricht, müssen sich gegenüber der Anzeige des Dauersignals die Unterschiede wie folgt ergeben:

Dauer ti ms	Anzeige bezogen auf Vollausschlag dB	Toleranz dB
Dauersignal	0	-
20	-3,6	+1,5
5	-8,8	+3,0

Für Pulse eines sinusförmigen Signals der Frequenz 2000 Hz, der Dauer 5 ms, der Pulsfrequenz f und einer konstanten Amplitude, die für ein Dauersignal dem Vollausschlag entspricht, müssen sich gegenüber der Anzeige des Dauersignals die Unterschiede wie folgt ergeben:

### Anzeige für Impulsverfahren

Pulsfrequenz fp Hz	Anzeige bezogen auf Vollausschlag dB	Toleranz dB
Dauersignal	0	-
100	-2,7	+1
20	-7,6	+2
2	-8,8	+3

Die Zahlenwerte der Tabellen sind für eine Zeitkonstante für das Integrationsglied im Gleichrichter von 35 ms für den Auf- und Entladevorgang berechnet.

Schalldruckpegel A bewertet mit Zeitbasis [Impulse = LAI]

## Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

### Zeitbasis PEAK

Wenn der Impulsschallpegelmesser außerdem für die Anzeige des Spitzenwertes eingerichtet ist, soll die Anzeigzeit am Eingang der Speichereinrichtung so kurz sein, dass ein rechteckförmiger Einzelimpuls der Dauer 200 ms eine Anzeige hervorruft, die höchstens 2 dB unter der Anzeige eines Rechteckimpulses gleicher Amplitude, jedoch mit 10 ms Dauer, liegt. Die Anzeige des Bezugsimpulses der Dauer 10 ms soll 1 dB unter Vollausschlag liegen. Für die zugehörige Schalterstellung am Messgerät wird die Bezeichnung „Spitzenwert“ (Peak) empfohlen.

### Messwerte frequenzbewertet

Bei diesen Messwerten findet eine Bewertung bezogen auf den Frequenzverlauf statt. Übliche Unterteilungen sind der Terz- und Oktavbereich. Schmalbandigere Aufteilungen bis zu 1 Hz-Schritten und darunter sind mit geeigneten Messgeräten möglich.

Schalldruckpegel frequenzbewertet:

L okt = für oktavbewertete Messungen  
L Terz = für terzbewertete Messungen

### Äquivalenter Dauerschallpegel Leq

Der Leq (auch Mittelungspegel genannt) wird durch Mittelwertbildung über eine definierte Zeit, für zeitlich wechselnde Schallpegel, gebildet. Bei vielen Schallereignissen ist der Schallpegel nicht konstant, sondern variiert in Abhängigkeit von der Zeit. Um die Messergebnisse solcher Schallereignisse untereinander vergleichen zu können, bedient man sich gern des Leq, der sich in einem einfach zu bestimmenden Einzahlwert ausdrückt.

### Beurteilungspegel Lr

Der Lr wird nach DIN 45645 aus dem Leq und den Zuschlägen für Impulshaltigkeit (K1) und Tonhaltigkeit (KT) ermittelt. Die Zuschläge liegen je nach Auffälligkeit bei 3 oder 6 dB(A) (VDI 2058 Bl. 1).

$$L_r = L_q + K_1 + K_T$$

### Messgenauigkeit

Die **DIN 45645** Teil 2 unterscheidet drei Genauigkeitsklassen 1, 2, und 3.

Genauigkeitsklasse

1 = Präzisionsmessung

2 = Betriebsmessung

3 = Orientierungsmessung

### Messgeräte

Es wird unterschieden zwischen Geräten, die nur den Momentanpegel entsprechend der eingestellten Zeitbewertung anzeigen und den integrierenden Schallpegelmessern, die direkt den Mittelungspegel anzeigen. Der Mittelungspegel muss mit Geräten des erstgenannten Typs im betrachteten Zeitintervall nach DIN 45645 gebildet werden.



# Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

## Die grundlegende Strategie der Lärminderung

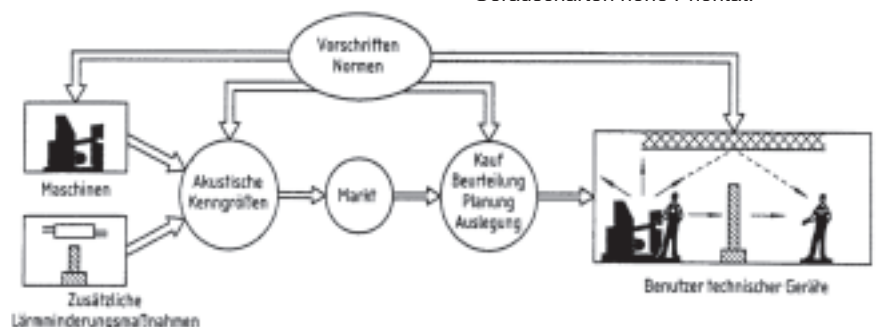
Eine wirkungsvolle Lärminderung kann nur erreicht werden, wenn das Problem systematisch behandelt wird. Die im Folgenden genannten Schritte sollten bei der Aufstellung eines Lärminderungsprogramms und bei der Durchführung von Lärminderungsmaßnahmen für neue oder bereits existierende Arbeitsstätten berücksichtigt werden:

- Festsetzung von Zielen und Erfüllungskriterien;
- Geräuschbewertung durch die Identifizierung der betroffenen Bereiche, der Immission an den Arbeitsplätzen, der Beiträge verschiedener Geräuschquellen zur Immission an den Arbeitsplätzen, der Exposition von Personen, der Emission der Schallquellen und zum Zweck der Einordnung in eine Rangfolge;
- Berücksichtigung von Lärminderungsmaßnahmen, wie zum Beispiel :  
Lärminderung an der Quelle,  
Lärminderung auf dem Übertragungsweg zum Arbeitsplatz, Lärminderung am Arbeitsplatz;
- Aufstellung eines Lärminderungsprogramms ;
- Ausführung entsprechender Maßnahmen;
- Nachprüfung der geeigneten Lärminderung.

## Leitgedanke der Lärminderung

Eine Lärminderung kann unter Anwendung verschiedener technischer Maßnahmen erreicht werden (siehe ISO 11690-2), und mehrere Wege zur Lösung eines Problems können möglich sein. Mögliche Maßnahmen sind die Lärminderung an der Quelle (zum Beispiel Maschinen, Arbeitsprozesse), Lärminderung durch die Vergrößerung der Schalldämpfung auf dem Ausbreitungsweg (zum Beispiel durch Anwendung von Kapseln, Schirmen, absorbierenden Auskleidungen) oder die Lärminderung an festgelegten Punkten (zum Beispiel durch Anwendung von Kabinen). Die technischen Maßnahmen zur Lärminderung sollten so angewendet werden, dass der technische Stand auf diesem Gebiet berücksichtigt wird. Dazu ist es notwendig, die Wirksamkeit der verschiedenen Maßnahmen zu vergleichen und zu prüfen. Dafür werden akustische Größen verwendet. Sie beschreiben die akustischen Eigenschaften der Schallquellen sowie die im Arbeitsraum und insbesondere an den Arbeitsplätzen erreichte Lärminderung, wenn Schallquellen in Betrieb sind und Lärminderungsmaßnahmen angewandt wurden. Die Verbindung zwischen Verordnungen, Normen und der Verwendung akustischer Größen zur Einschätzung der am Markt angebotenen Lärminderungsmaßnahmen wird im Bild 6 dargestellt.

Bei geringen Geräuschimmissions- und -expositionspegeln vermindern sich alle möglichen Wirkungen von Geräuschen auf den Menschen. Hierzu gehören gesundheitliche und sicherheitstechnische Gefährdungen, zum Beispiel Beeinträchtigung des Hörvermögens, Stress, Störung der Sprachverständigung und Erkennung von Warnsignalen, Störung bei Aufgaben, die erhöhte Konzentration und Aufmerksamkeit erfordern.



## Wesentliche Faktoren der Lärminderung

### Lärminderungsziele

Die Ziele sollten auf grundlegenden Erkenntnissen über den Einfluss von Lärm auf die Gesundheit der Menschen und ihre Aktivität festgelegt werden. Um die Qualität von Arbeitsstätten und Arbeitsräumen im Hinblick auf Lärm einschätzen zu können, ist es notwendig, Zielsetzungen für Schallpegel, Nachhallzeit und Schallausbreitungsparameter festzulegen  
ANMERKUNG: Einzelheiten beschreibt ISO/ TR 11690-3.

Lärminderungsziele sollten auf der Grundlage beruhen, dass Geräusche unter Berücksichtigung des technischen Fortschrittes, des Produktionsprozesses, der Arbeitsaufgaben und der Lärminderungsmaßnahmen auf den niedrigst möglichen Pegel reduziert werden müssen. Die Hauptziele können mit Hilfe der Geräuschimmissions- und/oder Geräuschexpositionspegel ausgedrückt werden. Die folgenden üblicherweise betrachteten A-Schallpegel sollten bei der Geräuschimmission bzw. -exposition nicht überschritten werden:

- In industriellen Arbeitsstätten:  
75 dB bis 80 dB
- Für routinemäßige Büroarbeit:  
45 dB bis 55 dB
- Für Sitzungsräume oder bei Tätigkeiten, die Konzentration verlangen :  
35 dB bis 45 dB

ANMERKUNG. Die obigen Werte sind empfohlene Zielwerte. Hinsichtlich der Grenzwerte für Geräuschimmission und oder -exposition empfiehlt sich die Heranziehung nationaler Vorschriften.

ANMERKUNG: Impuls- und tonhaltige Geräusche können gefährlicher und lästiger sein als kontinuierliche Geräusche. Deshalb hat die Verminderung dieser Geräuscharten hohe Priorität.

## Technische Einführung

Ein geeigneter Weg zur Festsetzung von Lärminderungszielen für Arbeitsstätten ist es, die Schallpegel in Verbindung mit der Art der Tätigkeit und den akustischen Eigenschaften des Arbeitsraumes zu bringen. Empfohlene Hintergrundgeräuschpegel für verschiedene Arbeitsräume werden in Tabelle 1 angegeben. Empfohlene Werte für die Nachhallzeit, die äquivalente Absorptionsfläche und die Schallausbreitung im Raum werden in Tabelle 2 angegeben.

## Grundbegriffe zum Thema Schallschutz

Raum- volumen m <sup>3</sup>	Nachhallzeit s	Schalldruck- pegelabnahme je Abstands- verdopplung DL <sub>2</sub> dB
Kleiner als 200	Weniger als 0,5 bis 0,8	-
Zwischen 200 und 1.000	Zwischen 0,8 und 1,3	-
Größer als 1.000	-	größer als 3 bis 4

Tabelle 2. Empfohlene akustische Eigenschaften von Arbeitsräumen

Raumart	L <sub>pAeq</sub> dB
Konferenzraum	30 bis 35
Klassenzimmer	30 bis 40
Einzelbüro	30 bis 40
Großraumbüro	35 bis 45
Industrielle Laboratorien	35 bis 50
Kontroll -/ Steuerräume in der Industrie	35 bis 55
Industrielle Arbeitsplätze	65 bis 70

Tabelle 1 Empfohlene Höchstwerte für Hintergrundgeräuschpegel

### ANMERKUNG :

Die Hintergrundgeräusche stammen von eingebauten technischen Einrichtungen (z. B. Belüftungssysteme) oder kommen von außerhalb.

ANMERKUNG. Diese Empfehlungen werden eingehalten, wenn der mittlere Schallabsorptionsgrad des Raumes 0,3 überschreitet oder die äquivalente Schallabsorptionsfläche mehr als das 0,6- bis 0,9-fache Grundfläche beträgt.

Bei Flachräumen (Nicht-Diffusfeldbedingungen), siehe ISO/TR 11690-3, wird bevorzugt die äquivalente Schallabsorptionsfläche oder die Schalldruckpegelabnahme verwendet.