



Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Lärm am Arbeitsplatz – physikalische Größen zur Gefährdungsbeurteilung

Dr.-Ing. Georg Brockt

BAuA

Begrifflichkeiten

Schallpegel
Lautstärke
Schalldruckpegel
Lärmpegel
Geräuschpegel
A-Schallpegel
C-bewerteter Spitzenschalldruckpegel
Emissionsschalldruckpegel
Schalleistungspegel
Tages-Lärmexpositionspegel
Messflächenschalldruckpegel
Beurteilungspegel

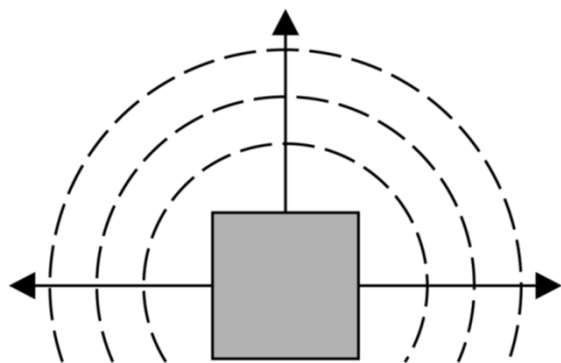
The background of the text area features a large, light blue, semi-transparent word cloud. The most prominent words in the cloud are 'dB(A)' and 'dB(C)', which are oriented diagonally. Other smaller, less distinct words are also visible, including 'Lärm', 'Schall', and 'Pegel'.

Struktur der Lärminderung

Herstellerverantwortung



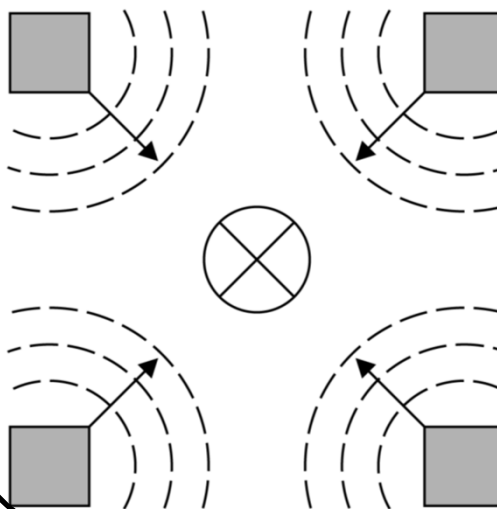
Emission



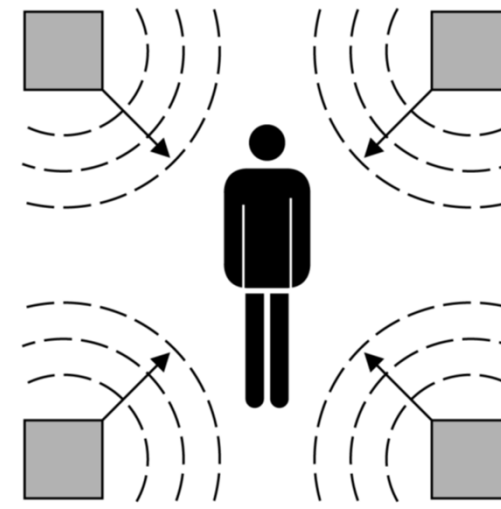
Arbeitgeberverantwortung



Immission



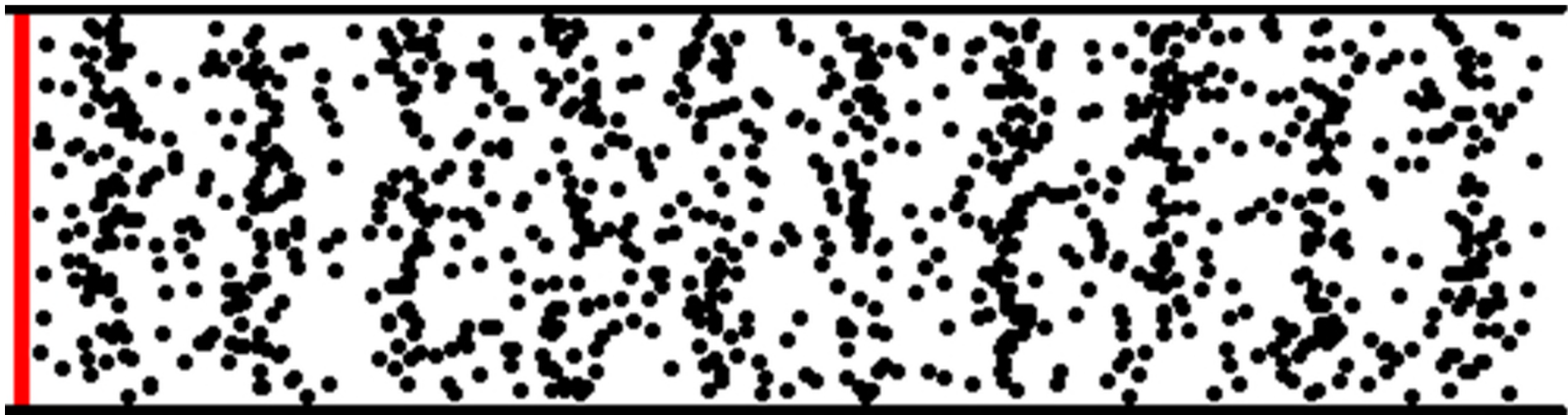
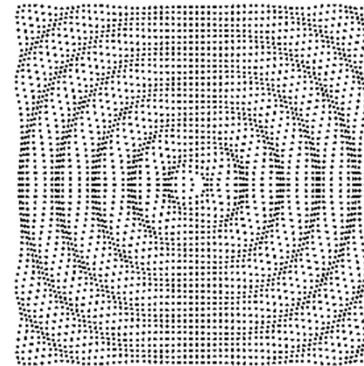
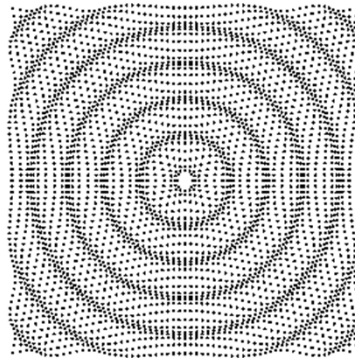
Exposition



Inhalt

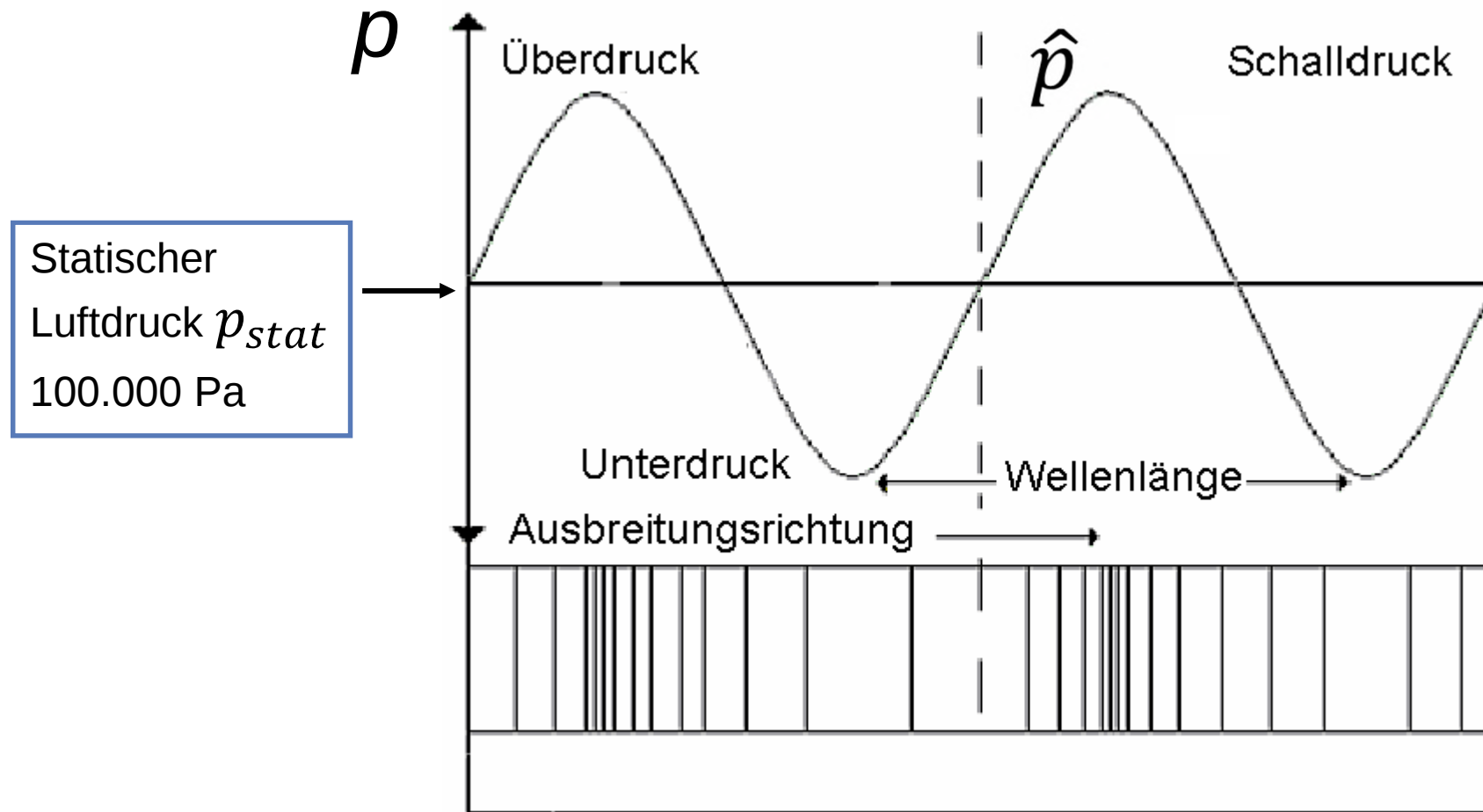
- **Akustik & Kenngrößen zum Schall**
- **Regelungen zum Lärmschutz & Anwendung der Kenngrößen**

Quellen und Wellen



Ebene Schallwelle

Ebene Schallwelle

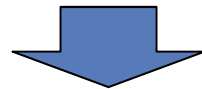


Kennzeichen einer Welle: Amplitude – Wellenlänge - Ausbreitungsgeschwindigkeit

L ist nach DIN 5493 die Abkürzung für Pegel,
im Englischen level

$L = \log \frac{x}{x_0}$ x und x_0 müssen **Energiegrößen** sein!
 x_0 stellt eine Bezugsgröße dar!

$L = \log \frac{x}{x_0} = \text{Bel}$ (Maß, keine klassische Einheit!)



$L = 10 \log \frac{x}{x_0} = \text{dezi Bel} = \text{dB}$

Dynamikbereich des Ohres Hörschwelle - Schmerzschwelle

Pegeldefinition

$$L = 10 \log \frac{X}{X_0} = \text{dezi Bel} = \text{dB}$$

Schalldruckpegel an der **Hörschwelle** mit $p_0 = 0,00002 \text{ Pa}$

$$L = 10 \log \frac{\tilde{p}_0^2}{\tilde{p}_0^2} = 0 \text{ dB}$$

Schalldruckpegel an der **Schmerzschwelle** mit $p_s = 20 \text{ Pa}$

$$L = 10 \log \frac{p_s^2}{p_0^2} = 120 \text{ dB}$$

Schallwechseldruck, Schallintensität und Schalldruckpegel

Geräusch	Schalldruck- wechsel- amplitude $\tilde{p}$	Schallintensität $I \sim \tilde{p}^2 \sim \text{Energie}$	Schalldruck- pegel L_p
Hör- schwelle	0,00002 Pa	0,00000000000001 W/m ²	0 dB
Flüstern	0,002 Pa	0,000000001 W/m ²	40 dB
normales Sprechen	0,02 Pa	0,000001 W/m ²	60 dB
Kreissäge	2 Pa	0,01 W/m ²	100 dB
Bleche hämmern	20 Pa	1 W/m ²	120 dB

Schallpegeladdition

$$L_{\text{ges}} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{p,i}} \right) \text{ dB}$$

$$0 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges}} = 10 \log(10^{0,1 \cdot 0} + 10^{0,1 \cdot 0}) \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges}} = 10 \log(1 + 1) \text{ dB} = 10 \log(2) \text{ dB} = 3 \text{ dB}$$

Lautstärke-
änderung

Schalldruckpegel-
unterschied

Anzahl gleicher
Schallquellen

Schallenergie-
Änderung

Grundlautstärke

-



1

1 x

hörbar lauter

+3 dB



2

2 x

doppelt so laut
wie die
Grundlautstärke

+10 dB



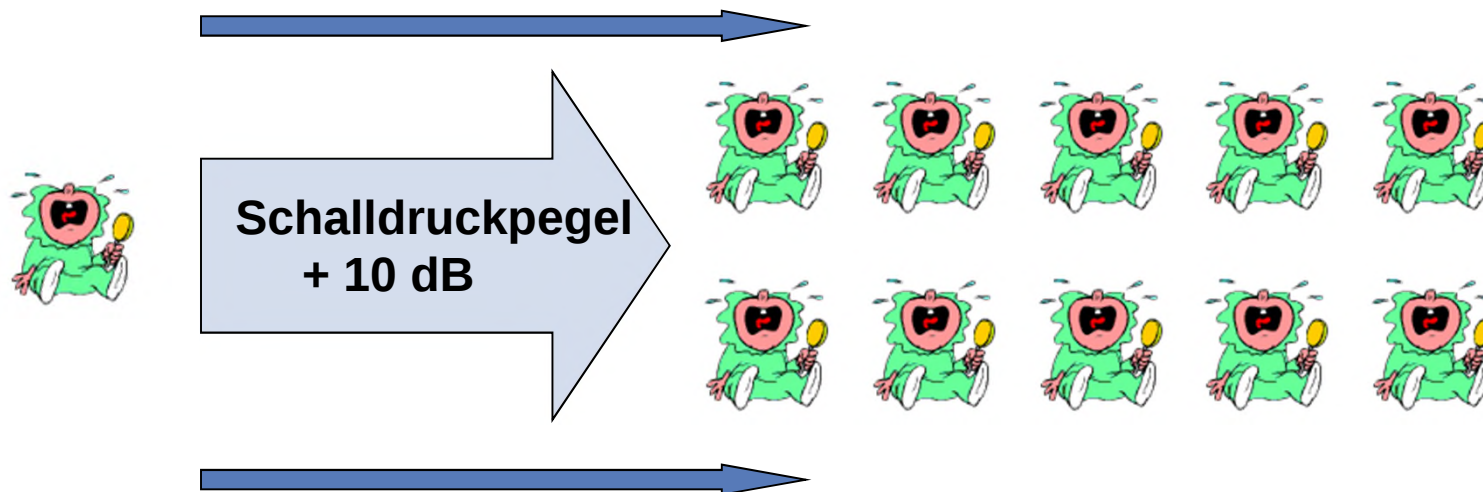
10

10 x



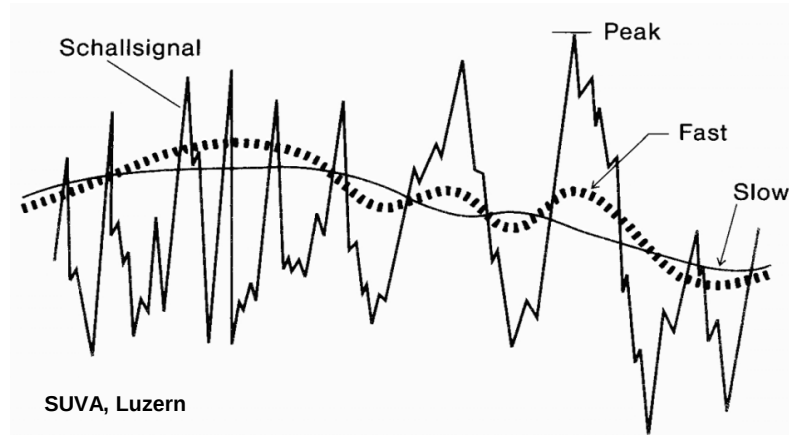
Lautstärke - Gehörgefährdung

Verdopplung der Lautstärke



Verzehnfachung der Gehörgefährdung!!!

Zeitwertung bei schwankenden Schallsignalen



Der schwankende Schalldruck muss zu sinnvollen ablesbaren Anzeigewerten verarbeitet werden. Dies geschieht durch die Bildung eines Effektivwerts mit genormten Zeitkonstanten τ . Die Effektivwertbildung beinhaltet eine Quadrierung des Schalldrucks sowie eine zeitlich gleitende Mittelung, auch „**Zeitbewertung**“ genannt.

4 Zeitkonstanten τ werden verwendet:

S = „Slow“ (langsam, träge) mit $\tau = 1 \text{ s}$

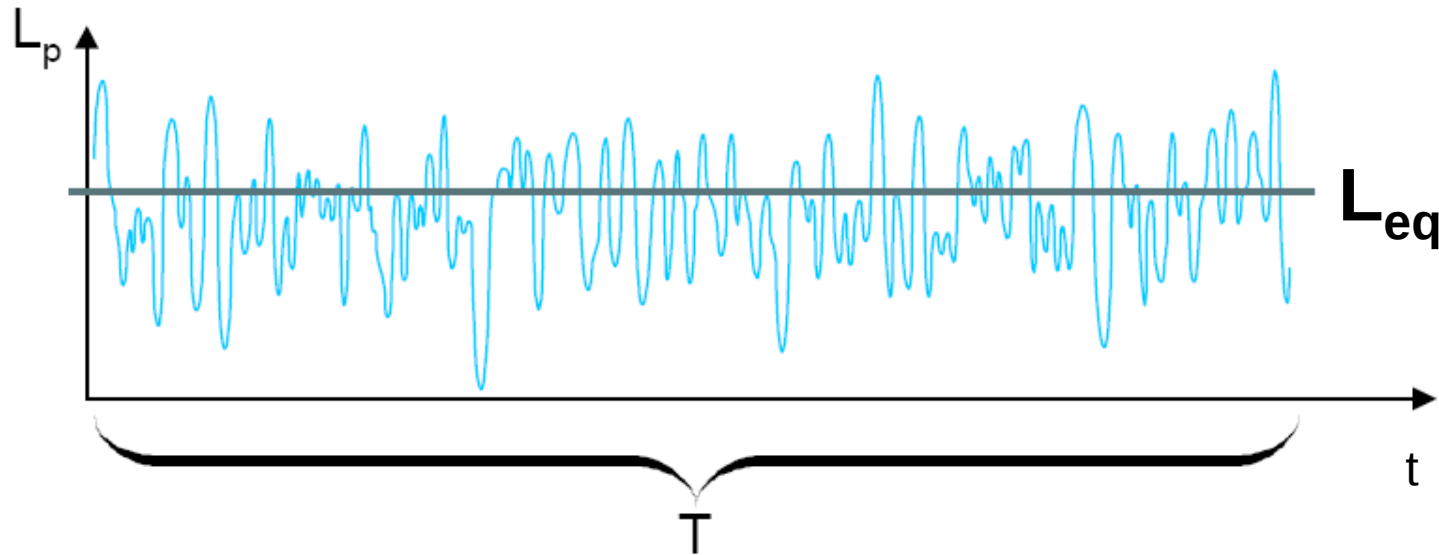
F = „Fast“ (schnell) mit $\tau = 125 \text{ ms}$

Peak = Spitze mit $\tau \approx 50 \mu\text{s}$

I = Impuls (**asymmetrisch**) mit $\tau_{\uparrow} = 35 \text{ ms}, \tau_{\downarrow} = 1500 \text{ ms}$

Schallpegelmittelwert

Langzeitmittelwert $L_m = L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p(t)/10} dt \right] \text{ dB}$

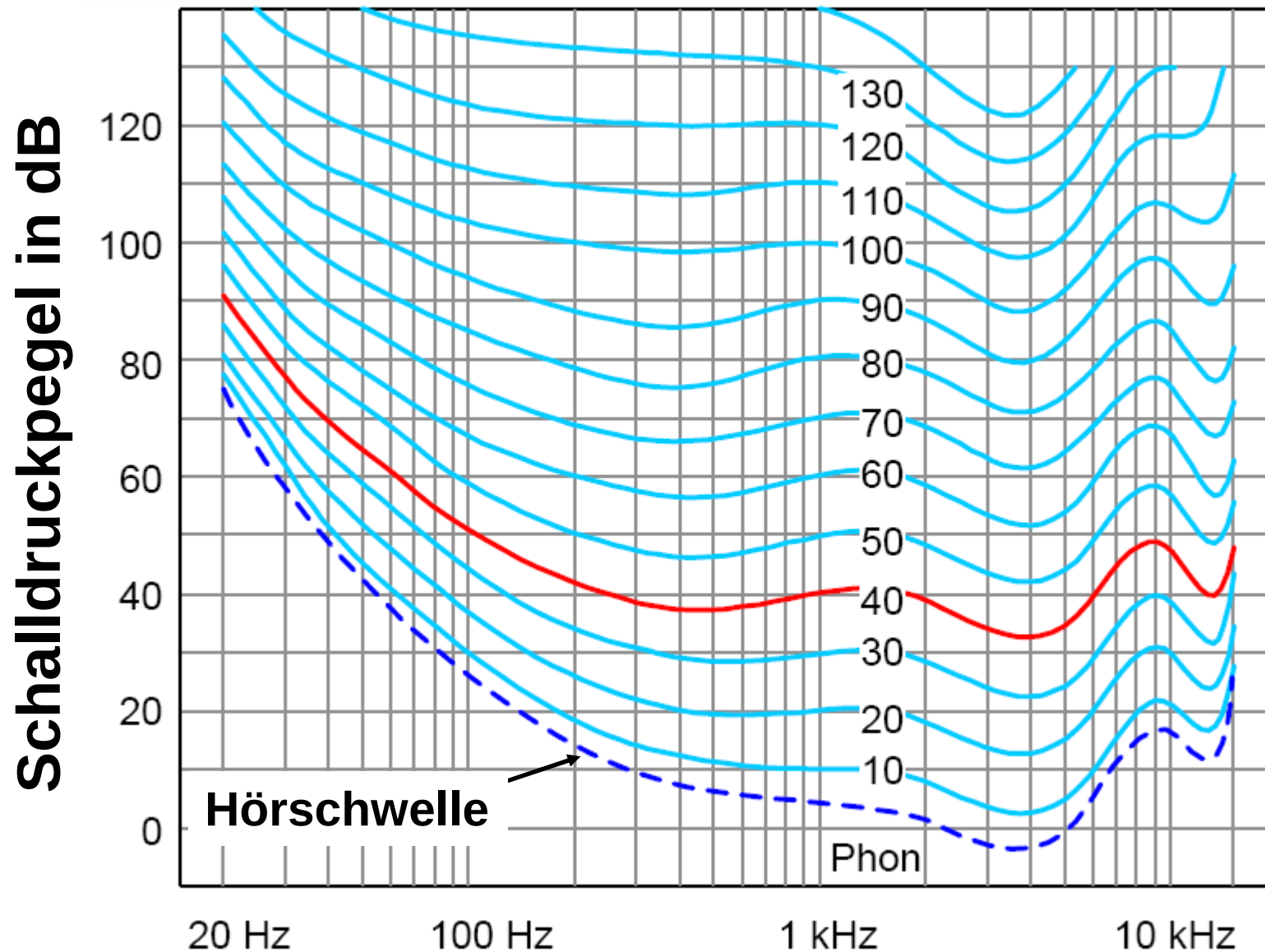


(Energetischer) Langzeitmittelwert aus Einzelwerten

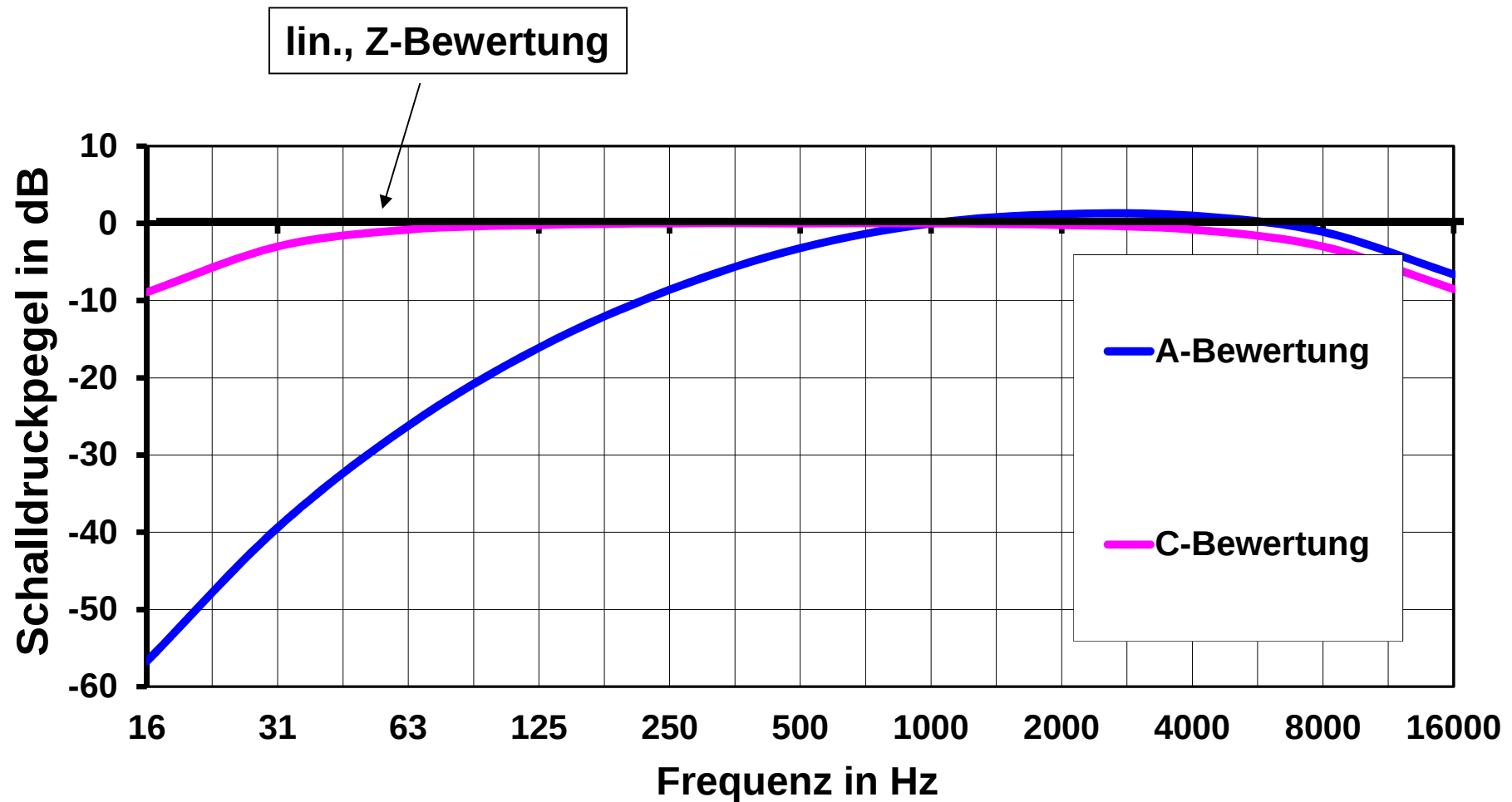
$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{L_{p,i}/10} \right] \text{ dB}$$

Äquivalenter Dauerschalldruckpegel L_{eq}

Kurven gleicher Lautstärke – Isophone



A- C- und Z-Frequenzbewertung



Schalldruckpegel und ihre Abkürzungen

L_p = Schalldruckpegel

L_{pA} = A-bewerteter Schalldruckpegel

L_{pC} = C-bewerteter Schalldruckpegel

$L_{pC,peak}$ = C-bewerteter Spitzen-Schalldruckpegel

L_{pAF} = A – Schalldruckpegel mit der Zeit-Bewertung „Fast“

L_{pAI} = A – Schalldruckpegel mit der Zeit-Bewertung „Impuls

$L_{pAeq} = L_{Aeq}$ = A- bewerteter, gemittelter Schalldruckpegel

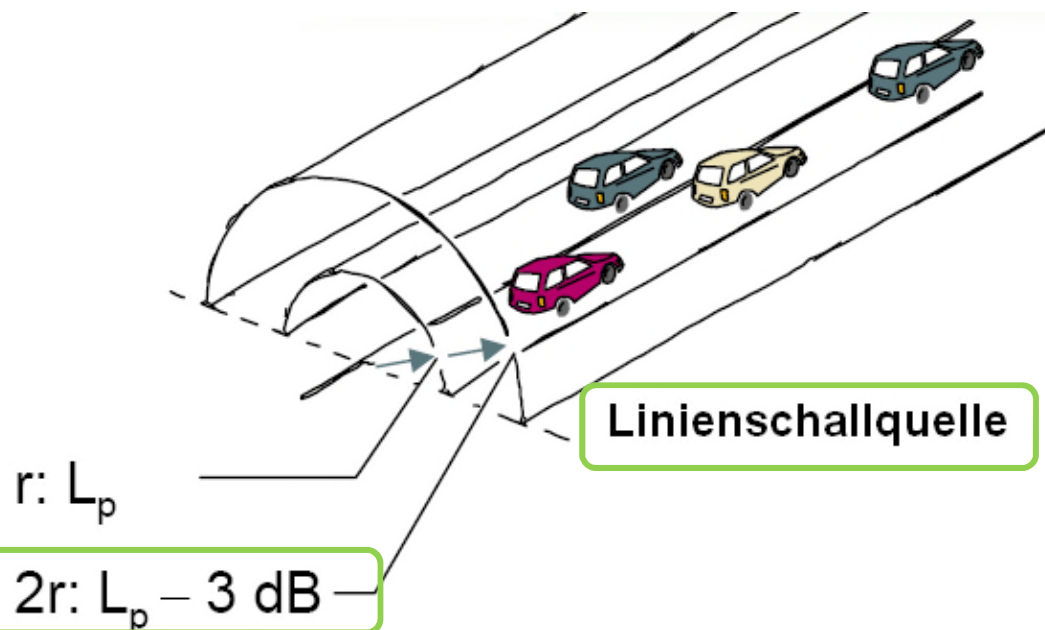
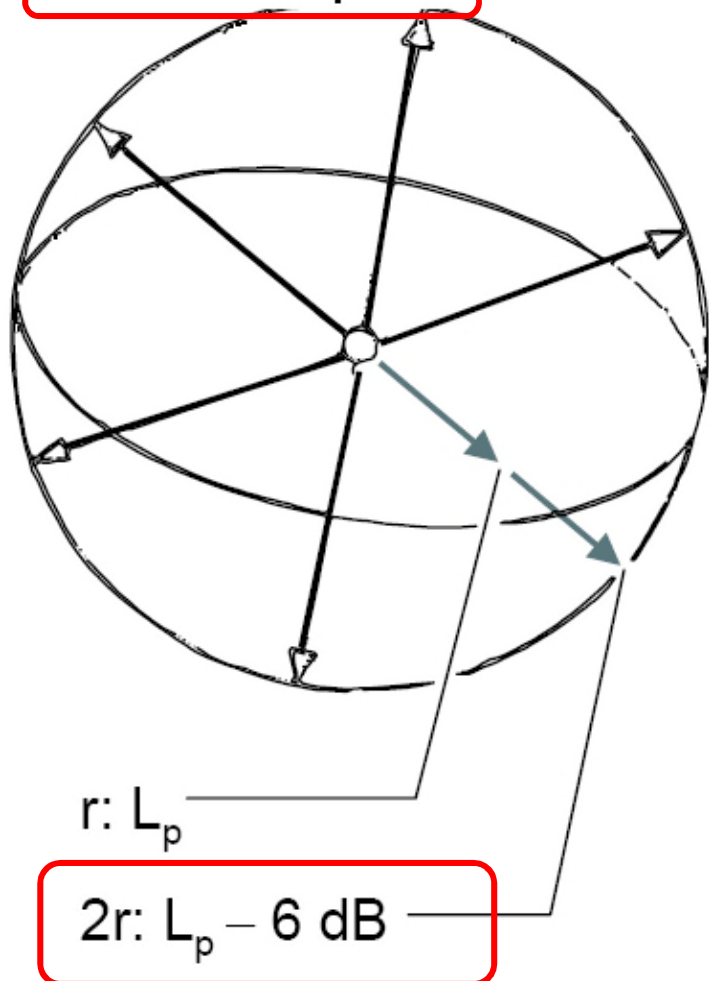
Auch gebräuchlich: $L_{eq} = L_{pAeq}$

Schallausbreitung & Raumakustik

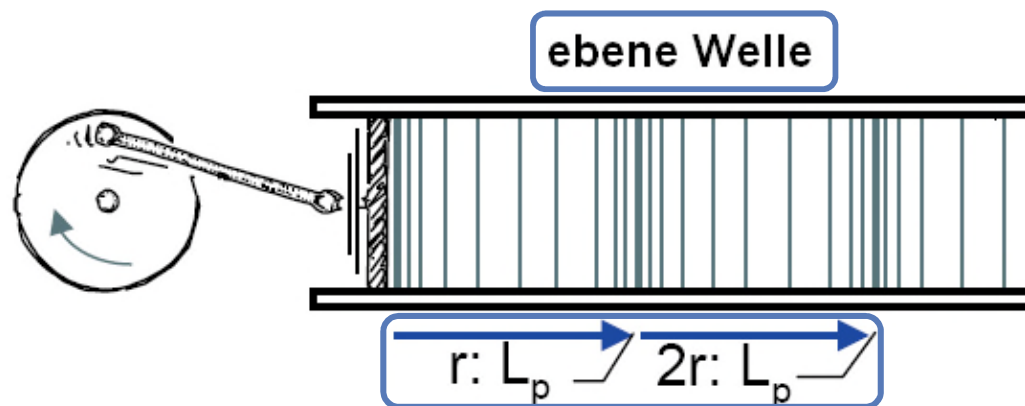
- Schallpegelabnahme je Abstandsverdopplung D_{L2}
- Schalldruckpegelüberhöhung D_{Lf}
- Schallabsorptionsgrad α
- Mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$
- Nachhallzeit T_{60}
- Äquivalente Absorptionsfläche A
- Hallradius r_H

Schallquellenarten - Schallausbreitung

Punktschallquelle

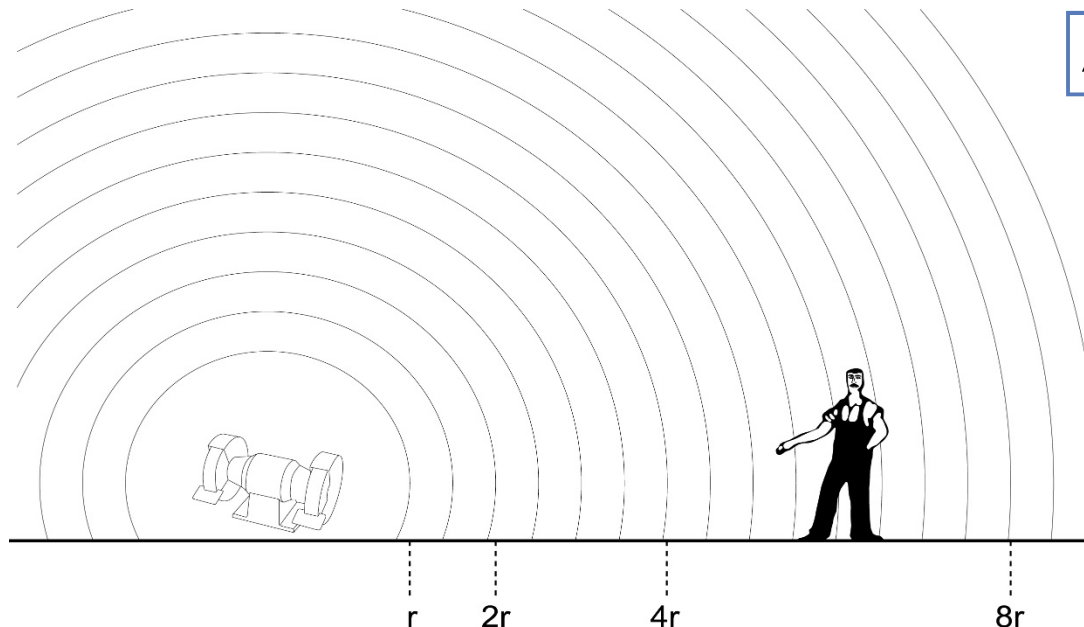


Linien-schallquelle

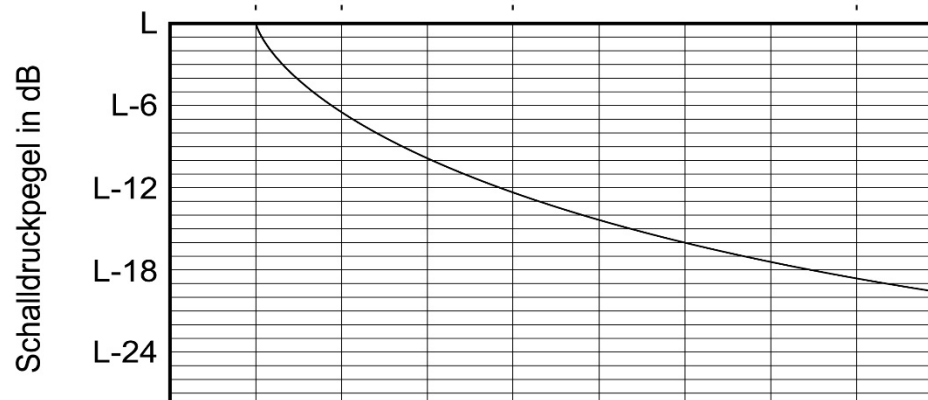


ebene Welle

Punktschallquelle im Freien



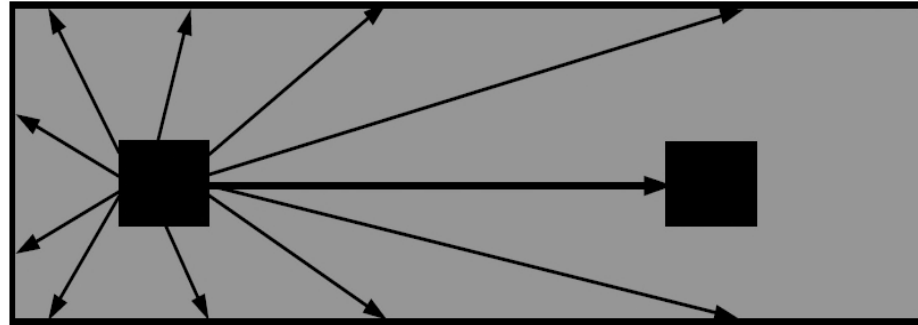
$$\Delta L_p (r \Rightarrow 2r) = 6 \text{ dB}$$



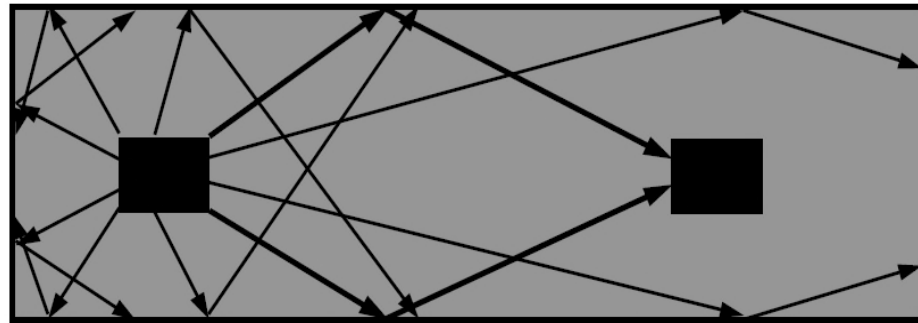
$$I \sim \frac{1}{r^2}$$

Schallausbreitung im Raum

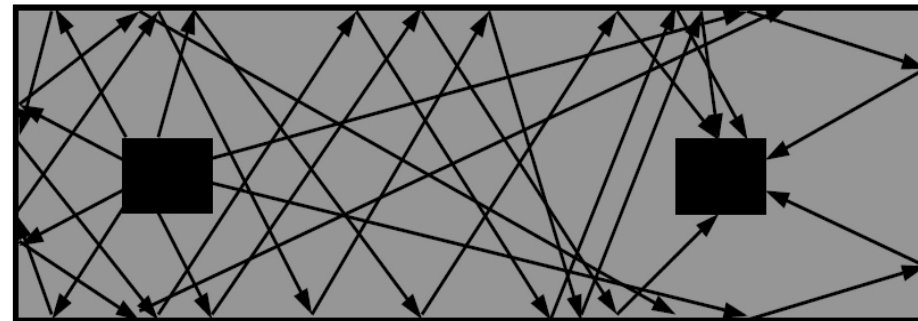
→ Direktschall



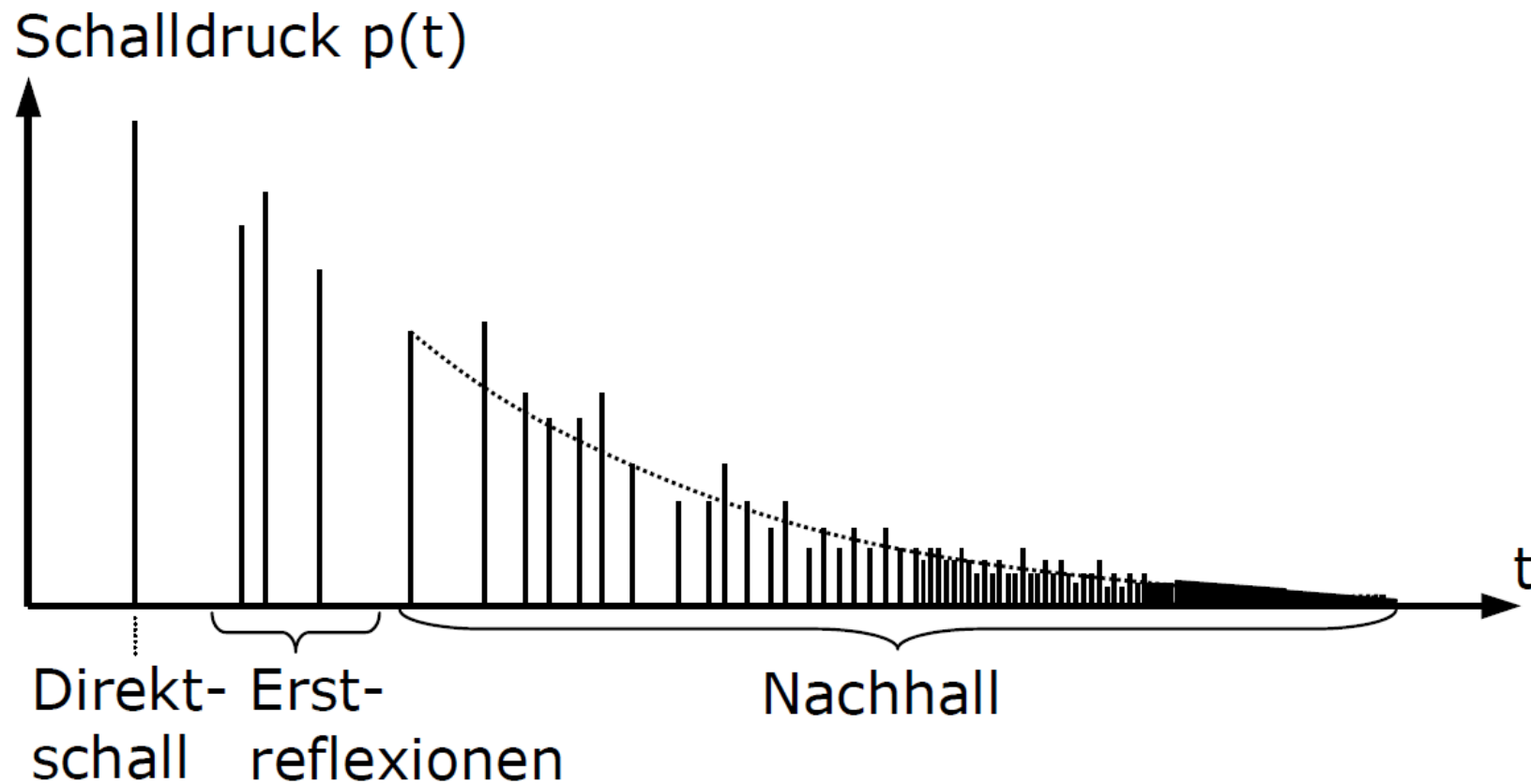
→ Erstreflexionen



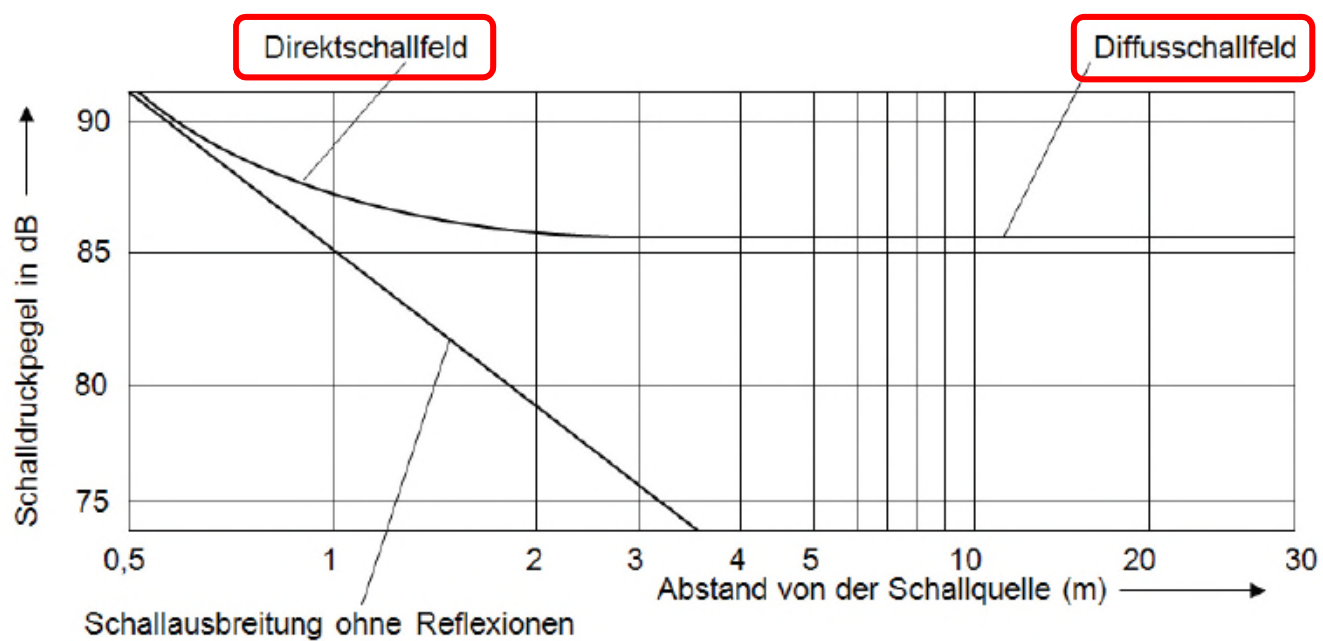
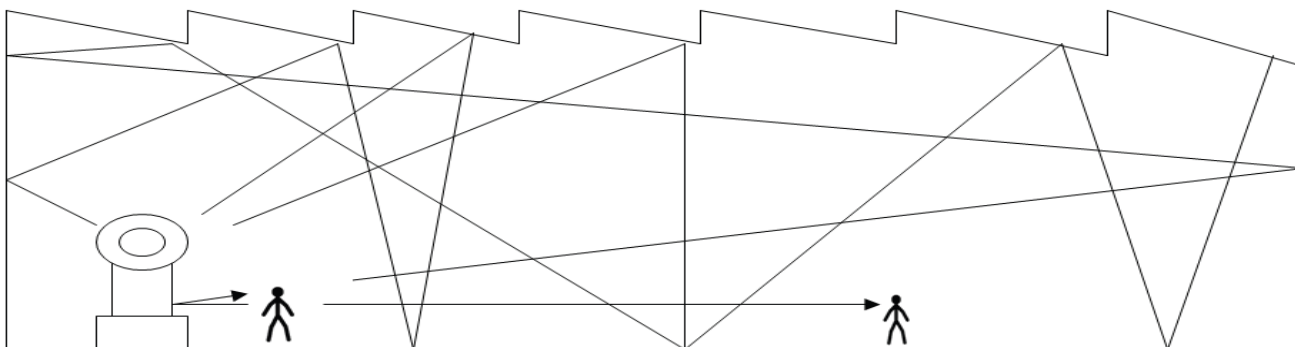
→ Nachhall



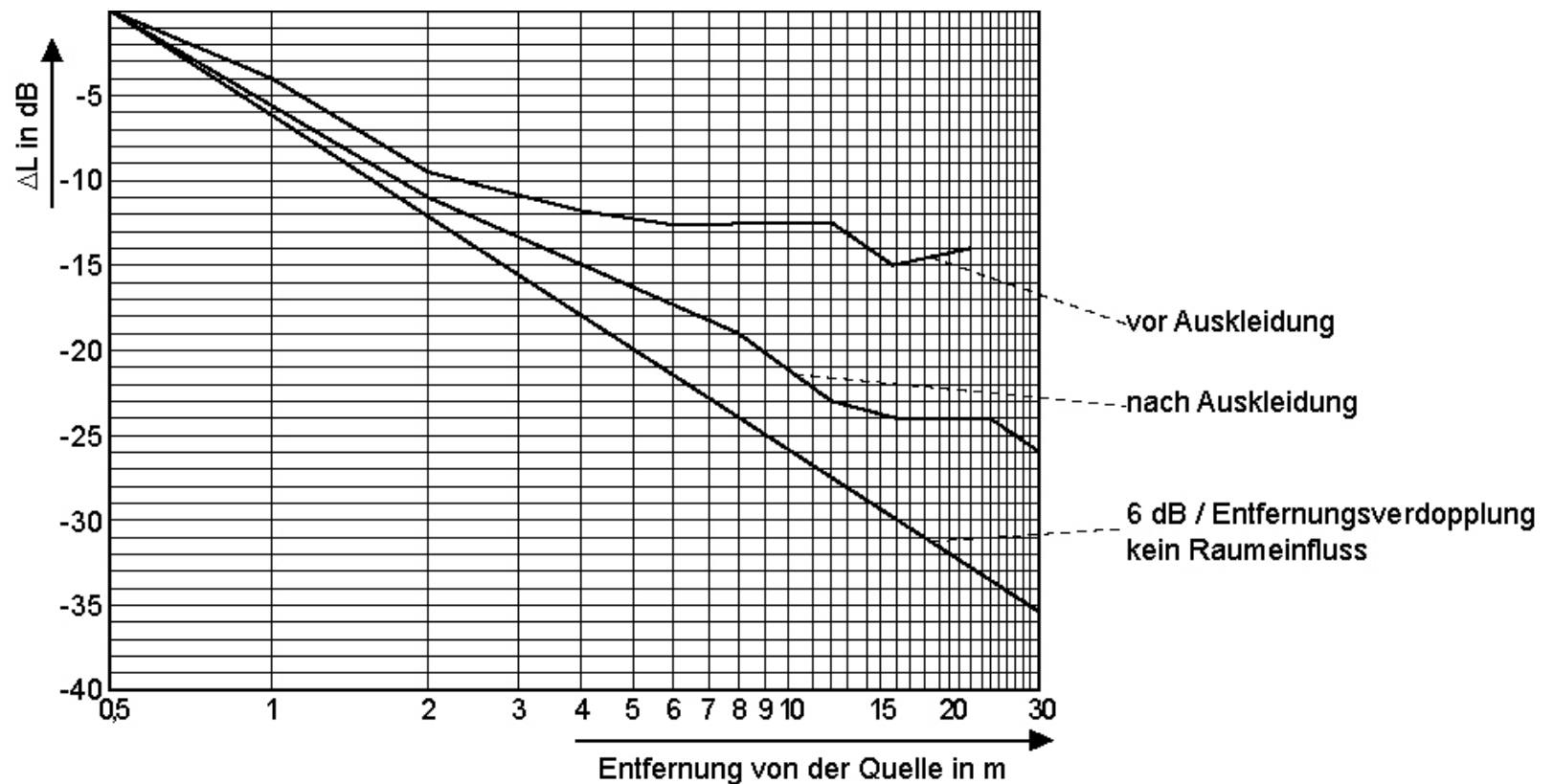
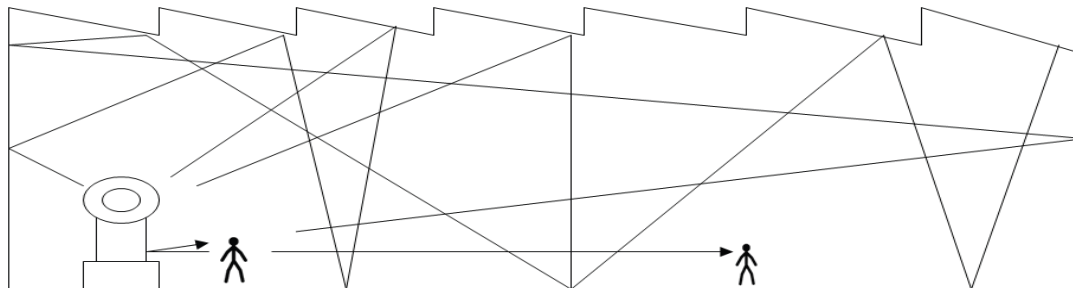
Impulsanregung eines Raumes



Schallausbreitung im Raum



Schallausbreitung im Raum



Schallausbreitung im Raum

Schallausbreitungskurve

1. Schallpegelabnahme je Abstandsverdopplung D_{L2}

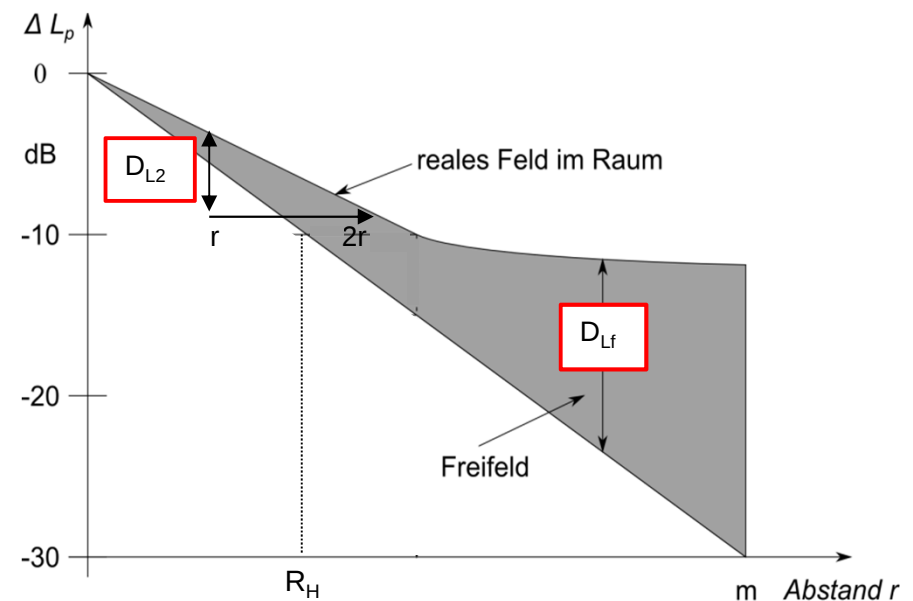
- Im Freien (Punktschallquelle): $D_{L2} = 6$ dB
- Anforderung TRLV : $D_{L2} \geq 4$ dB
(im Abstandsbereich 0,75 m und 6 m, 500 bis 4000 Hz)

2. Schalldruckpegelüberhöhung D_{Lf}

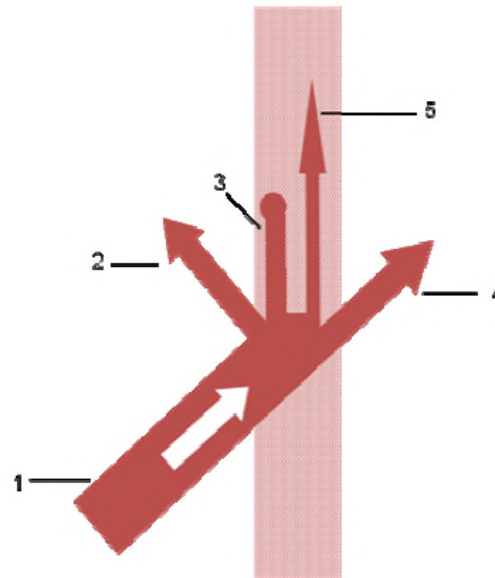
- Pegelunterschied zum Freifeld
- max. mögliche Pegelminderung durch raumakustische Maßnahmen am betrachteten Ort

3. Hallradius

- Minderung Quelle / Raumakustik R_H

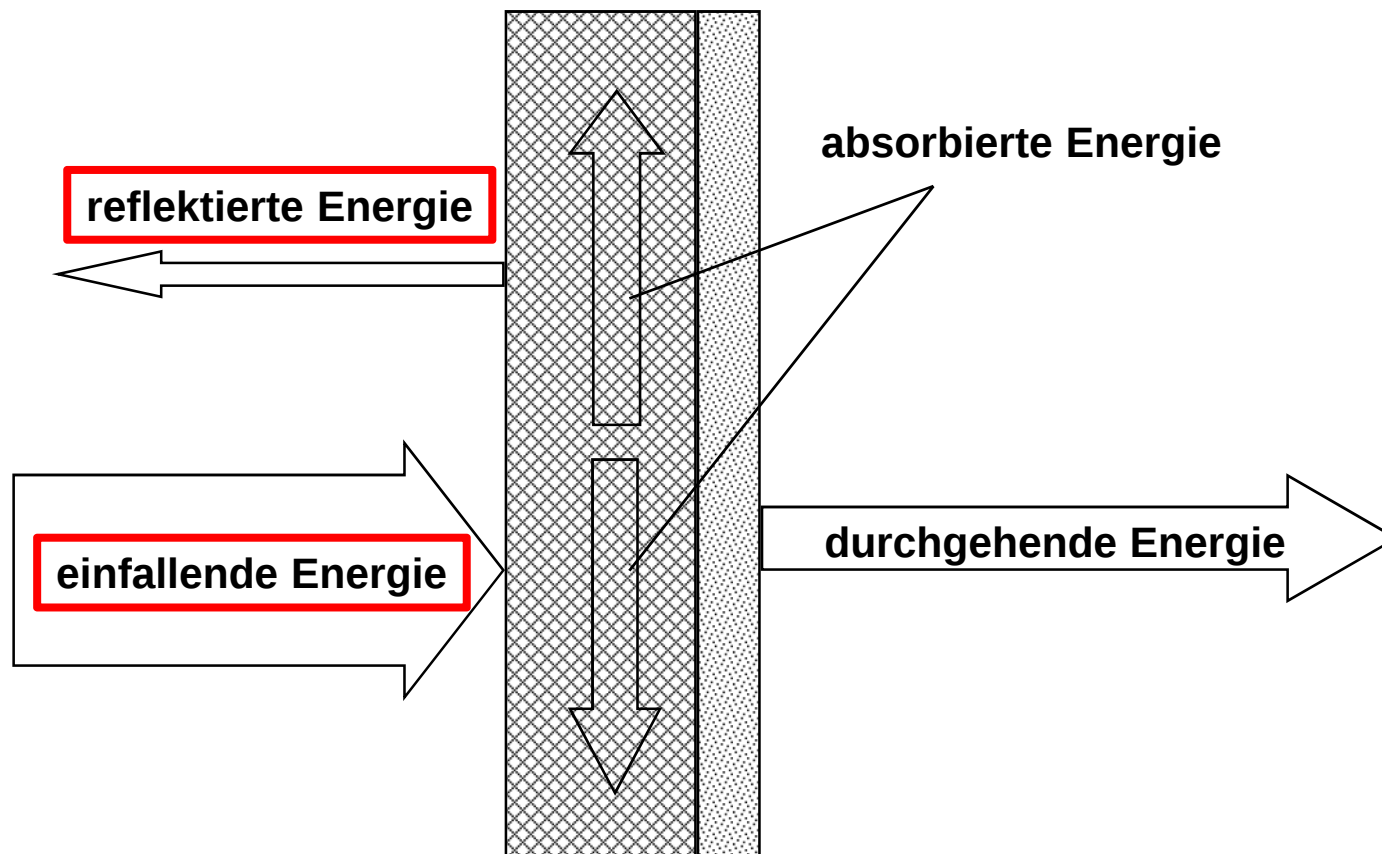


Schallausbreitung im Raum



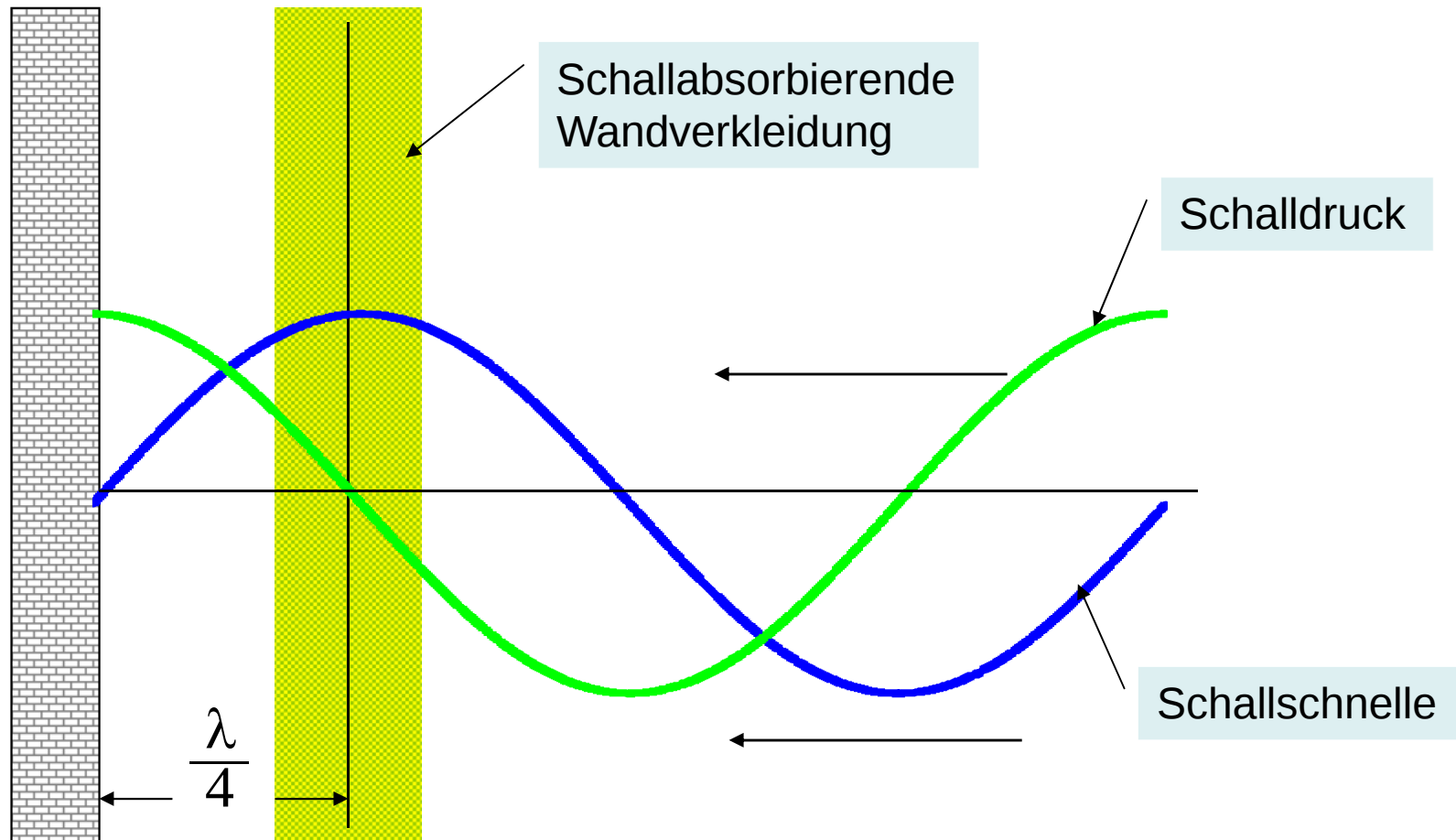
-
- 1 - auffallender Schall
 - 2 - reflektierter Schall
 - 3 - in Wärme umgewandelter Schall
(Luft- und Körperschallabsorption)
 - 4 - durchtretende Schallenergie
 - 5 - Körperschallfortleitung

Schallabsorptionsgrad α



$$\alpha = \frac{\text{einfallende Energie} - \text{reflektierte Energie}}{\text{einfallende Energie}}$$

Lärminderung am Arbeitsplatz



Mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$ eines Raumes

Der **mittlere Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$** ist ein Maß für das durchschnittliche Schallabsorptionsvermögen aller Oberflächen in einem Raum

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{S} \sum_i \alpha_i \cdot S_i$$

S = Summe aller Raumbegrenzungsflächen in m^2

α_i = Schallabsorptionsgrade der Einzelflächen

S_i = Einzelflächen in m^2

Mittlerer Schallabsorptionsgrad

- Anforderung TRLV: $\bar{\alpha} \geq 0,3$
„Der Stand der Technik kann als eingehalten gelten, wenn der mittlere Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$ in den Oktavbändern mit den Mittenfrequenzen von 500 Hz bis 4000 Hz mindestens 0,3 beträgt.“

Nachweis durch: 1. Berechnung oder 2. Messung der Nachhallzeit

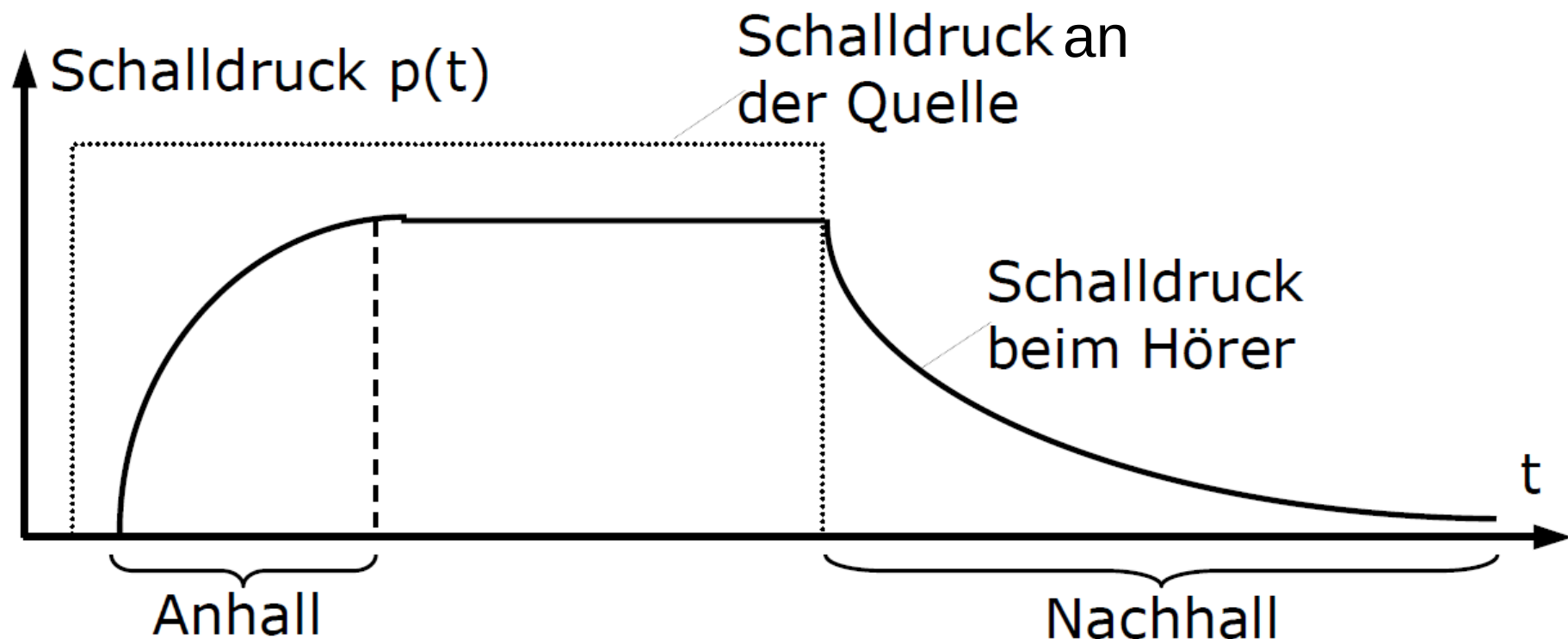
Schallabsorptionsgrad α



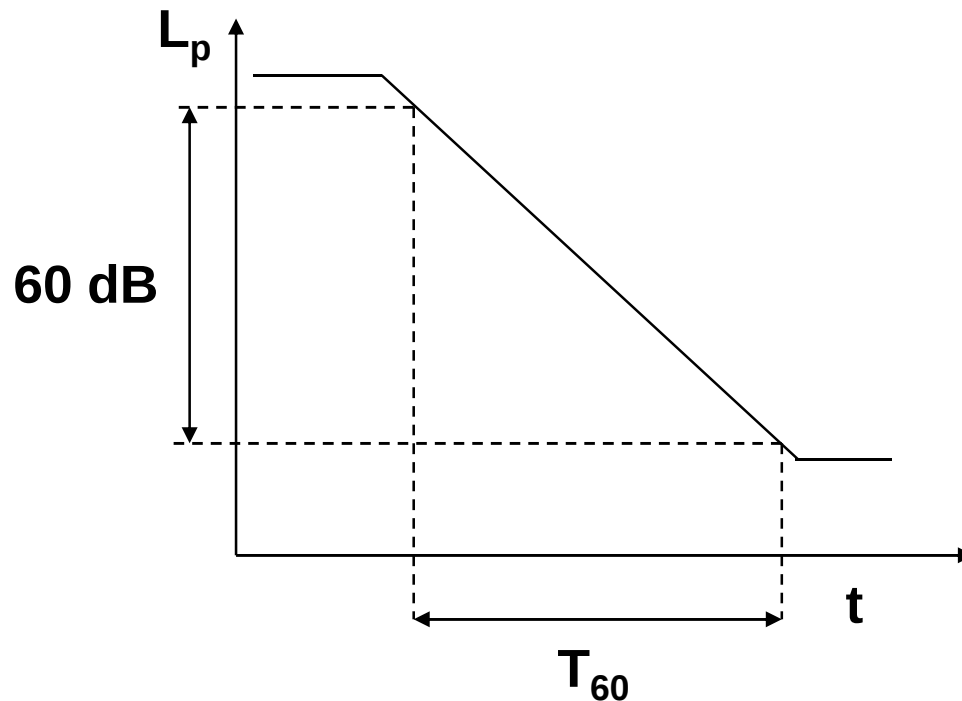
- <https://www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt1/fb-16/ag-163/oft-nachgefragt.html>
- <http://www.baua.accon.de/> Datenbank „Produkte zur Lärminderung“

An- und Abschalten einer Schallquelle im Raum

Anregung des Raumes mit einem Rauschsignal



Nachhallzeit T_{60}



S = Summe aller Raumbegrenzungsflächen

α_i = Schallabsorptionsgrade der Einzelflächen

S_i = Einzelflächen in m^2

V = Raumvolumen

Sabine'sche Gleichung

$$T = 0.163 \frac{V}{A}$$

mit

A = Äquivalente Absorptionsfläche

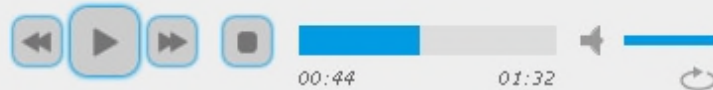
$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i = \bar{\alpha} S$$

Auralisation von Büroräumen

Interaktiv in Ton und Bild



- Lückenlos hin und her schalten
- Hörbeispiele direkt miteinander vergleichen
- Das gezeigte Bild stimmt immer mit dem gehörten Audiosignal überein
- Kopfhörerwiedergabe

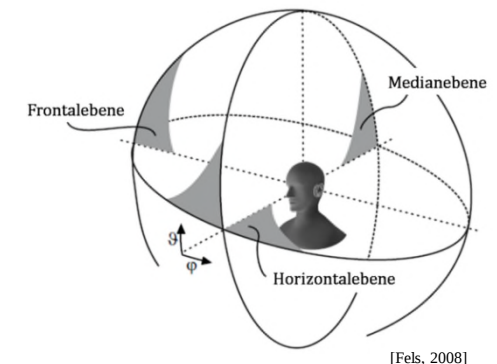


Ohne absorbierende Büromöbel und Wände

Mit absorbierenden Büromöbeln jedoch ohne absorbierende Wände

Mit absorbierenden Wänden jedoch ohne absorbierende Büromöbel

Mit absorbierenden Büromöbeln und Wänden



[Fels, 2008]

<http://www.baua.de/auralisation>

Immission & Exposition

- Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$
- Wochen-Lärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$
- Beurteilungspegel L_r
- Impulzzuschlag K_I
- Ton- und Informationshaltigkeitszuschlag K_T
- Eigengeräusch
- Tätigkeitskategorien

Regelwerk - Immission & Exposition

- **Verordnungen**
- **untergesetzliche Regelungen**
- **Normen, Richtlinien**

Verordnungen - untergesetzliche Regeln

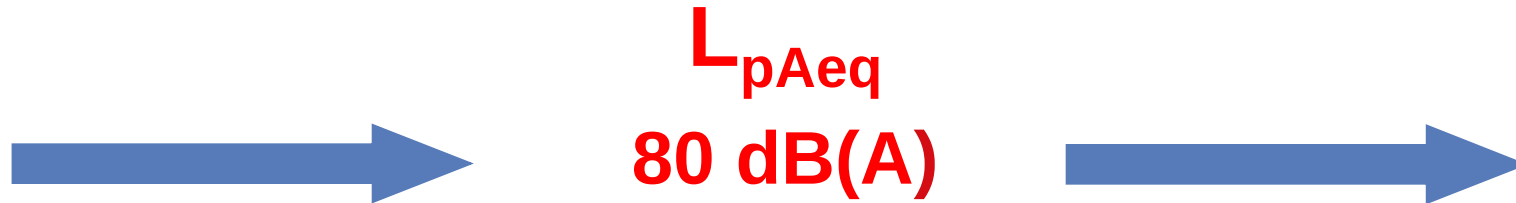
1. Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung „LärmVibrationsArbSchV“ (2007)

- Technische Regel zur LärmVibrationsArbSchV „TRLV Lärm“

2. Arbeitsstättenverordnung „ArbStättV“ - Anhang Nr. 3.7 (2016)

- Technische Regel für Arbeitsstätten „ASR A3.7 Lärm“

Verordnungen - Arbeitgeberverantwortung



Extra-aurale
Lärmwirkungen
unter 80 dB(A)

ArbStättV
- Anhang 3.7
„Lärm“
(geändert 12.2016)

„Hörminderungen“
„Gehörschäden“
und extra-aurale Lärm-
wirkungen ab 80 dB(A)

LärmVibrationsArbSchV
(geändert 19.7.2010)

Lärmwirkungen in der LärmVibrationsArbSchV

§ 2 (1) LärmVibrationsArbSchV

(1) **Lärm** im Sinne dieser Verordnung ist jeder Schall, der zu einer **Beeinträchtigung des Hörvermögens oder zu einer sonstigen mittelbaren oder unmittelbaren Gefährdung** von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten führen kann.

§ 3 (3, letzter Satz) LärmVibrationsArbSchV

Bei Tätigkeiten, die eine **hohe Konzentration und Aufmerksamkeit** erfordern, sind störende und **negative Einflüsse** infolge einer Exposition durch Lärm oder Vibrationen **zu berücksichtigen**.

Anwendungsbereich der TRLV Lärm (2017)

TRLV Lärm Teil: Allgemeines

1 Anwendungsbereich

- (1) Die TRLV Lärm beschreibt die Vorgehensweise zur Informationsermittlung und **Gefährdungsbeurteilung**. Die **TRLV Lärm konkretisiert** weiterhin **die Messung und die Bewertung von Lärm** und die **Lärmschutz- und Lärminderungsmaßnahmen** bei Gefährdungen durch Lärm nach LärmVibrationsArbSchV.
- (2) Diese Technische Regel gilt für Lärm im **Frequenzbereich** zwischen 16 Hz und 16 kHz (**Hörschall**).
- (3) Gegenstand dieser Regel sind tatsächliche oder mögliche Gefährdungen von Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten durch Lärmeinwirkungen **einschließlich extraauraler Wirkungen im Bereich ab einem äquivalenten Dauerschallpegel von 80 dB(A) bzw. einem Spitzenschalldruckpegel ab 135 dB(C)** (TRLV Lärm, Teil 1, Anlage 2).
- (4) **Extraaurale Wirkungen von Lärm im Bereich unterhalb eines äquivalenten Dauerschallpegels von 80 dB(A) sind nicht Gegenstand dieser Regel.** Gleiches gilt für die Wirkung von Infraschall (unter 16 Hz) und Ultraschall (über 16 kHz).

Kenngrößen

In der Verantwortung des Maschinenherstellers

Emission

Schalleistungspegel L_{WA} in dB(A)

Emissions-Schalldruckpegel
am Arbeitsplatz L_{pA} in dB(A)

Spitzenschalldruckpegel L_{pCpeak} in dB(C)

In der Verantwortung des Arbeitgebers

Immission

Lärmimmissionspegel L_{pAeq} in dB(A)

Exposition

Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ in dB(A)

Wochen-Lärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$ in dB(A)

Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ in dB(C)

§6 und §8 - Auslöse- und „Grenzwerte“ für Lärm der LärmVibrationsArbSchV

Auslösewerte und Expositionsgrenzwerte		
	$L_{EX,8h}$	$L_{pC,peak}$
unterer Auslösewert	80 dB(A)	135 dB(C)
oberer Auslösewert	85 dB(A)	137 dB(C)
Expositionsgrenzwert in Verbindung mit dämmender Wirkung des persönlichen Gehörschutzes	Max. Expositions- werte unterhalb Gehörschutz 85 dB(A)	Max. Expositions- werte unterhalb Gehörschutz 137 dB(C)

Tageslärme xpositionspegel $L_{EX,8h}$

$$L_{EX,8h} = L_{pAeq,8h}$$

Tageslärme xpositionspegel aus den zu verschiedenen Teilzeiten ermittelten Schalldruckpegelmittelwerten

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{8h} \sum_{i=1}^n T_i \cdot \left(10^{0.1 L_{Aeq,i}} \right) \right] \text{ dB}$$

T_i = Teilzeit

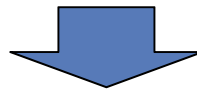
$L_{Aeq,i}$ = Mittelungspegel in der Teilzeit

Weber: arbeitet 8 Stunden unter 96 dB(A)



$$L_{EX,8h} = 96 \text{ dB}$$

Webmeister: arbeitet 60 min bei 95 dB(A) und
420 min bei 80 dB(A)



$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480 \text{ min}} \left(10^{9,5} \cdot 60 \text{ min} + 10^{8,0} \cdot 420 \text{ min} \right) \right] \text{ dB}$$

$$L_{EX,8h} = 86 \text{ dB}$$

Elektriker: arbeitet bei 75 dB(A) in der Werkstatt, einmal pro Schicht erfolgt für 12 min ein Kontrollgang in einer gekapselten Anlage bei einem Schalldruckpegel von 115 dB(A)

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480 \text{ min}} \left(10^{11,5} \cdot 12 \text{ min} + 10^{7,5} \cdot 468 \text{ min} \right) \right] \text{ dB}$$



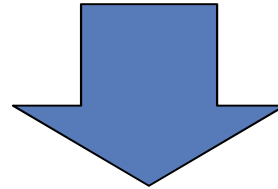
$$L_{EX,8h} = 98,99 \text{ dB}$$

Bei Annahme, dass nur 12 min unter Lärm bei 115 dB gearbeitet wird:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480 \text{ min}} \left(10^{11,5} \cdot 12 \text{ min} + 10^0 \cdot 468 \text{ min} \right) \right] \text{ dB}$$



$$L_{EX,8h} = 98,98 \text{ dB}$$



1 Minute bei 112 dB(A) bedeutet

$$L_{EX,8h} > 85\text{dB(A)}$$

Wochen-Lärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$

- Erfordert die Erfassung des über eine typische (repräsentative) Arbeitswoche einwirkenden Schalldruckpegels und Bezug auf die für die Arbeitswoche festgelegte Zeit von 40 Stunden.

$$L_{EX,40h} = 10 \log \left[\frac{1}{40h} \sum_{i=1}^n T_i \cdot \left(10^{0.1 L_{Aeq,i}} \right) \right] \text{ dB}$$

T_i = Teilzeit $L_{Aeq,i}$ = Mittelungspegel in der Teilzeit

- Die Ermittlung des Wochen-Lärmexpositionspegels kann zur Beschreibung einer Lärmsituation am Arbeitsplatz erforderlich werden, wenn die Lärmexposition von einem Tag zum anderen so stark schwankt, dass sich keine typische Lärmexposition für den Arbeitstag angeben lässt.

Wochen-Lärmexpositionspegel

Voraussetzungen für die Anwendung des Wochenpegels:

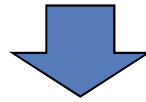
- Bei von einem Arbeitstag zum anderen erheblich schwankenden Lärmexpositionen kann der Arbeitgeber die Anwendung des Wochen-Lärmexpositionspegels gemäß § 15 (2) LärmVibrationsArbSchV bei der zuständigen Behörde beantragen.
- Die zuständige Behörde kann die Anwendung des Wochen-Lärmexpositionspegels jedoch nur genehmigen, wenn dieser 85 dB(A) nicht überschreitet und dies durch eine geeignete Messung nachgewiesen wird.

Hinweis:

- Arbeiten Beschäftigte an mehr als 5 Tagen in der Woche, so ist der Wochen-Lärmexpositionspegel als zusätzlichen Kennwert zu bestimmen und bei der Gefährdungsbeurteilung heranzuziehen.
Der jeweils höhere Wert ist aus Präventionsgründen für die Gefährdungsbeurteilung heranzuziehen.

$$L_{EX,40h} = L_{pAeq,T} + 10 \log T/40h$$

Annahme 1: Arbeitswoche hat nur 32 Stunden

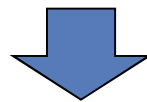


$$L_{EX,40h} = L_{pAeq,32h} + 10 \log \frac{32h}{40h} \quad \text{dB(A)}$$



$$L_{EX,40h} = L_{pAeq,32h} + (-1) \quad \text{dB(A)}$$

Annahme 2: Arbeitswoche hat 48 Stunden



$$L_{EX,40h} = L_{pAeq,48h} + (+1) \quad \text{dB(A)}$$

Verordnungen - Arbeitgeberverantwortung

1. Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

LärmVibrationsArbSchV (2007)

2. Arbeitsstättenverordnung

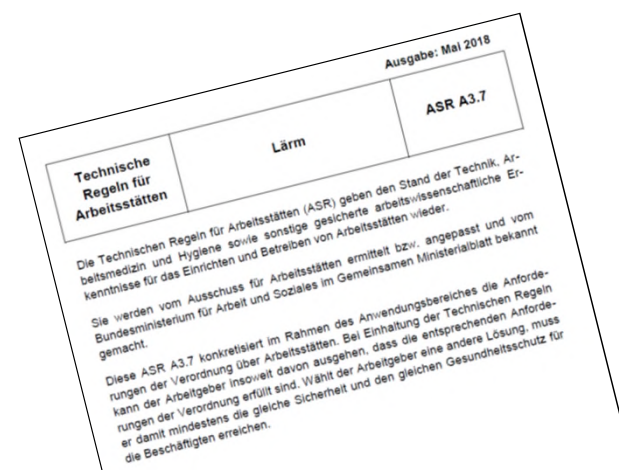
ArbStättV - Anhang Nr. 3.7 (2016)

ArbStättV (2016) Anhang Nr. 3.7 „Lärm“

„In Arbeitsstätten ist der **Schalldruckpegel** so niedrig zu halten, wie es nach der Art des Betriebes möglich ist.

Der Schalldruckpegel am Arbeitsplatz in Arbeitsräumen ist in Abhängigkeit von der Nutzung und den zu verrichtenden Tätigkeiten so weit zu reduzieren, dass **keine Beeinträchtigungen der Gesundheit** der Beschäftigten entstehen.“

ASR A3.7 „Lärm“ seit 18.05.2018 !



ASR A3.7 „Lärm“

2 Anwendungsbereich

- (1) Diese ASR gilt für das Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten und Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen, um **Gefährdungen und Beeinträchtigungen für Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten durch Lärmeinwirkungen zu vermeiden.**
- (2) **Nicht Gegenstand dieser ASR** sind Gefährdungen von Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten durch Lärmeinwirkungen einschließlich extraauraler Wirkungen im Hörschallbereich mit **Frequenzen zwischen 16 Hz und 16 kHz ab einem A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel von 80 dB(A).** ... => LärmVibrationsArbSchV

Erforderliche Schallereignisse, die der gezielten akustischen Information der Beschäftigten dienen, **werden von dieser ASR nicht erfasst.**

***Hinweis:** Schall dient der gezielten akustischen Information, wenn über das Gehör der Beschäftigten Schallereignisse erkannt oder überprüft werden müssen (z. B. Feueralarm, Statusmeldungen von Produktionsanlagen, Strömungsgeräusche an Ventilen, musikalische Übungen).*

ASR A3.7 „Lärm“

3 Begriffsbestimmungen

3.8 **Lärm** im Sinne dieser ASR ist jeder Schall, der zu einer Beeinträchtigung des Hörvermögens oder zu einer sonstigen mittelbaren oder unmittelbaren Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten führen kann.

= LärmVibrationsArbSchV

3.4 **Extraaurale Lärmwirkungen** im Sinne dieser ASR sind physiologische, psychische und soziale Wirkungen von Schall auf den Menschen, mit Ausnahme der Wirkungen, die das Hörorgan betreffen.

3.14 **Tätigkeit** im Sinne dieser ASR ist eine zielgerichtet mit einer Aufgabenerfüllung verbundene Arbeit, die ein bestimmtes Maß an Konzentration oder eine bestimmte Qualität der Sprachverständlichkeit erfordert.

3.16 **Tätigkeitskategorie** ist die Einteilung der Tätigkeiten nach dem Maß der für die Erfüllung der Arbeitsaufgabe erforderlichen Konzentration oder Sprachverständlichkeit.

ASR A3.7 Tätigkeitskategorien I - III

Tätigkeitskategorie I – andauernd hohe Konzentration oder hohe Sprachverständlichkeit

- starke Zuwendung zu einem Arbeitsgegenstand oder -ablauf
- exaktes sprachliches Formulieren, Verstehen komplexer Texte
- schöpferisches Denken, kreative Entfaltung von Gedankenabläufen
- hoher Entscheidungsdruck großer Tragweite ggf. unter Zeitdruck

Tätigkeitskategorie II – mittlere bzw. nicht andauernde Konzentration oder mittlere Sprachverständlichkeit

- üblicherweise Routineanteile
- Entscheidungen geringerer Tragweite (i.d.R. ohne Zeitdruck)
- für Kommunikationszwecke erforderliche Sprachverständlichkeit

Tätigkeitskategorie III – geringe Konzentration oder geringe Sprachverständlichkeit

- überwiegend vorgegebener Arbeitsabläufe, hohe Routineanteile
- geringere Anforderungen an die Sprachverständlichkeit stellen

ASR A3.7 Pegelwerte für Tätigkeiten

Maximal zulässige Beurteilungspegel L_r

**Tätigkeitskategorie I – andauernd hohe Konzentration oder
hohe Sprachverständlichkeit**

$\leq 55\text{dB(A)}$

**Tätigkeitskategorie II – mittlere bzw. nicht andauernde Konzentration oder
mittlere Sprachverständlichkeit**

$\leq 70\text{dB(A)}$

**Tätigkeitskategorie III – geringe Konzentration oder geringe
Sprachverständlichkeit**

Minimierung

(L_r unter Berücksichtigung betrieblicher Lärminderungs-
maßnahmen soweit wie möglich zu reduzieren)

Beurteilungspegel L_r DIN 45645-2: 2012-09

„Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung“

Verfahren zur Ermittlung

- der Geräuschimmission an Arbeitsplätzen bei Tätigkeiten mit erhöhten Anforderungen, z. B. an die Konzentration
- geeigneter Kennwert zur Beurteilung der Belästigung und Störwirkung (extraaurale Wirkungen).
- Ziel: Vergleichbarkeit von Geräuschimmissionen unabhängig von ihrer Art und ihrer Entstehung
- Nicht zur Beurteilung von Infraschall- und Ultraschallbelastungen

Beurteilungspegel L_r

Größe zur Kennzeichnung der typischen Schallimmission für eine Tätigkeit, bestimmt aus dem **äquivalenten Dauerschallpegel** L_{pAeq} **der Tätigkeit** unter Berücksichtigung von **Zuschlägen** $K_I + K_T$.

$$L_r = L_{pAeq} + K_I + K_T$$

Beurteilungspegel L_r

Auszuschließende Eigengeräusche

Geräusch an dem betreffenden Arbeitsplatz durch eigene Gespräche mit anderen Personen sowie dem Arbeitsplatz zugeordnete Kommunikationssignale

- Eigengespräche (Telefonate)
- Gespräche mit anderen Personen
- eigenes Telefon, Rufanlagen

Zu berücksichtigen sind aber z.B.:

- Gespräche und Arbeitsgeräusche anderer Personen
- PC-Geräusche (Betriebsbereitschaft)

Jede charakteristische Schallsituation ist eigenständig zu betrachten, wenn sie eine Stunde oder länger anhält. Für diese Zeiträume sind die Beurteilungspegel jeweils separat zu ermitteln.

Beurteilungszeit = Tätigkeitsdauer

Ermittlung des Beurteilungspegels (eine Tätigkeit)

Der Beurteilungspegel L_r für die zu beurteilende Tätigkeit ergibt sich als Summe aus dem A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} während der Tätigkeit und den bestimmten Zuschlägen für Impulshaltigkeit (K_I) sowie Ton- und Informationshaltigkeit (K_T)

$$L_r = L_{pAeq} + K_I + K_T$$

L_{pAeq}	A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel der Tätigkeit (DIN 45641) ohne Eigengeräusche
K_I	Impulzzuschlag
K_T	Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit

Impulszuschlag K_I & Ton- und Informationshaltigkeit K_T

Impulszuschlag K_I

zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung impulshaltiger Geräusche:

$K_I = 0 \text{ dB}$	falls $(L_{pAeq} - L_{pAeq}) = \text{kleiner als } 3 \text{ dB}$
$K_I = L_{pAeq} - L_{pAeq}$	falls $(L_{pAeq} - L_{pAeq}) = 3 \text{ dB bis } 6 \text{ dB}$
$K_I = 6 \text{ dB}$	falls $(L_{pAeq} - L_{pAeq}) = \text{größer als } 6 \text{ dB}$

L_{pAeq}	A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel in der Zeitbewertung I (Impulse)
L_{pAeq}	A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel

Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit K_T (DIN 45645-2:2012-09)

zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung eines oder mehrerer Töne in einem Geräusch oder eines informationshaltigen Geräusches (Sprache):

- $K_T = 0 \text{ dB}$ falls ein Ton oder ein Geräusch mit Informationsgehalt im Arbeitsgeräusch nicht besonders hervortritt.
- $K_T = 3 \text{ dB}$ falls ein Ton oder ein Geräusch mit Informationsgehalt im Arbeitsgeräusch hervortritt, aber gegenüber dem Arbeitsgeräusch nicht dominant ist.
- $K_T = 6 \text{ dB}$ falls ein Ton oder ein Geräusch mit Informationsgehalt im Arbeitsgeräusch hervortritt und gegenüber dem Arbeitsgeräusch dominant ist.

Die **Summe beider Zuschläge** ist auf **6 dB(A)** begrenzt.

Hör- und Verstehbarkeit von Sprache

Schalldruckpegeldifferenz $L_{NA} - L_{pAS}$

VDI 4100:2012-10

L_{NA} Gesamtstörschalldruckpegel

L_{pAS} Schalldruckpegel der Sprache

Schalldruckpegel- differenz $L_{NA} - L_{pAS}$ in dB	Hör- und Verstehbarkeit von Sprache
-10	Einwandfrei zu verstehen
0	Noch zu verstehen
3	Im Allgemeinen nicht mehr zu verstehen, aber noch zu hören (Mindestwert zur Wahrung der Vertraulich- keit)
7	Nicht verstehbar
10	Nicht zu verstehen, kaum zu hören

Ermittlung des Beurteilungspegels L_r (Betrachtung von Teilzeiten)

$$L_r = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{m=1}^M T_m 10^{0,1 \cdot L_{p,m}} \right) \text{ dB}$$

$$L_{p,m} = L_{pAeq,m} + K_I + K_T$$

$L_{pAeq,m}$ A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel,
für die Teilzeit m zuzüglich der Zuschläge für die

K_I Impulshaltigkeit und

K_T Ton- und Informationshaltigkeit in dB

T_m die Zeitdauer der Teilzeit m

T Summe der Zeitdauern für alle Teilzeiten T_m

M Gesamtzahl der Teilzeiten m .

ASR A3.7 Methoden zur Beurteilung

1. Vereinfachtes Verfahren durch lärmbezogene Arbeitsplatzbegehung

Ziel: Feststellung, ob am Arbeitsplatz unter Betriebsbedingungen störender oder belästigender Schall (Lärm) auftritt.

- mindestens 2 Personen unabhängig voneinander
- Arbeitsplatz- und Raumgestaltung, Arbeitsorganisation (-> ASR Kap.7.1)

2. Ermittlung von Lärmpegeln für Tätigkeiten durch orientierende Messung

- A-bewerteter äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} während der Tätigkeit
- verkürztes und vereinfachtes Verfahren der DIN 45645-2 =>
- Beurteilungswerte für L_{Aeq} :
 - Tätigkeitskategorie I $L_{Aeq} \leq 46\text{dB(A)}$
 - Tätigkeitskategorie II $L_{Aeq} \leq 61\text{dB(A)}$

3. Ermittlung von Beurteilungspegeln L_r

- ASR A3.7 Kap 7.5 bzw. DIN 45645-2:2012-09

ASR A3.7

Akustische Anforderungen an Räume

Call Center	$T \leq 0,5s$	T Nachhallzeit im unbesetzten Raum in Oktavbändern von 250Hz bis 2000Hz
Mehrpersonen- /Großraumbüros	$T \leq 0,6s$	
Ein- und Zweipersonenbüro	$T \leq 0,8s$	
Räume in Bildungsstätten	$T_{soll} \leq (0,32 \lg V/m^3 - 0,17) s$ (in besetztem Zustand)	(DIN18041)

Sonstige Arbeitsräume in denen Sprachkommunikation erforderlich ist

1. Mindestens $\bar{\alpha} = 0,3$ beim eingerichteten Raum (für α jeweils arithmetischer Mittelwert 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz)
2. in größeren Räumen ($V > 1000 m^3$) Schalldruckpegelabnahme je Abstandsverdopplung $D_{L2} \geq 4dB$ im Abstandsbereich (0,75 m - 6 m, 0,5kHz, 1kHz, 2kHz, 4kHz)