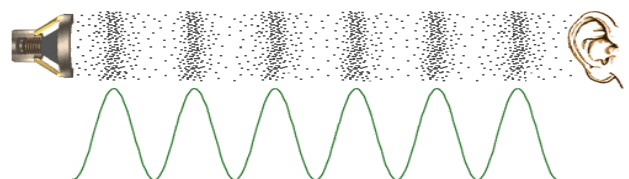
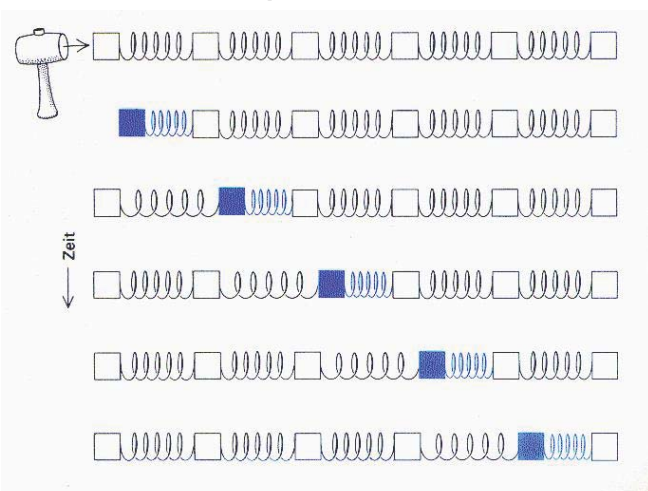


KENNZEICHNUNG UND WAHRNEHMUNG VON SCHALL



Was ist Schall?

- Schwankung der Dichte in Gasen / Flüssigkeiten / Festkörpern
- Wellenförmige Ausbreitung in allen Medien als Longitudinalwellen in Festkörpern auch als Transversalwellen



Kennzeichnung von Schall



- Schall: Schwankung der Dichte in Luft / Festkörpern / Flüssigkeiten

- Schallgeschwindigkeit in*:

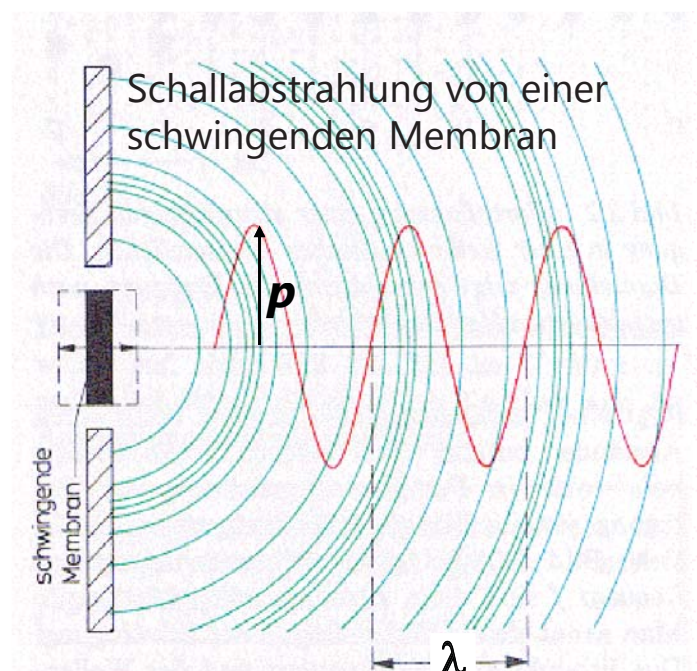
Luft	$c = 343 \text{ m/s}$	1.200 km/h
Wasser	5x so schnell	6.000 km/h
Stahl	15x so schnell	18.000 km/h
Diamant	50x so schnell	64.000 km/h

Luftschallschall / Körperschall / Wasserschall

*bei 20 °C, steigt mit zunehmender Temperatur, Longitudinalwellen

Kenngrößen von Schallwellen

- **Schallgeschwindigkeit c**
- **Frequenz f :**
Anzahl der Schwingungen je Sekunde
- **Wellenlänge λ :**
Abstand der Zustände gleicher Phase
 $\lambda = c / f$
- **Schalldruck p :**
„Stärke“ des Signals

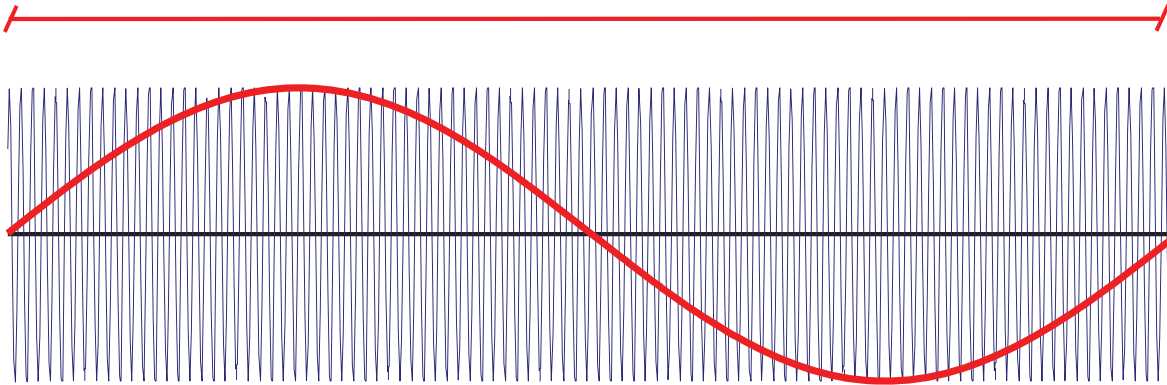


Frequenz - Tonhöhenwahrnehmung

Hörbeispiel: Sinusfolge

125 Hz 250 Hz 500 Hz 1kHz 2 kHz 4 kHz 8 kHz 16kHz
 alle Sinustöne zusammen

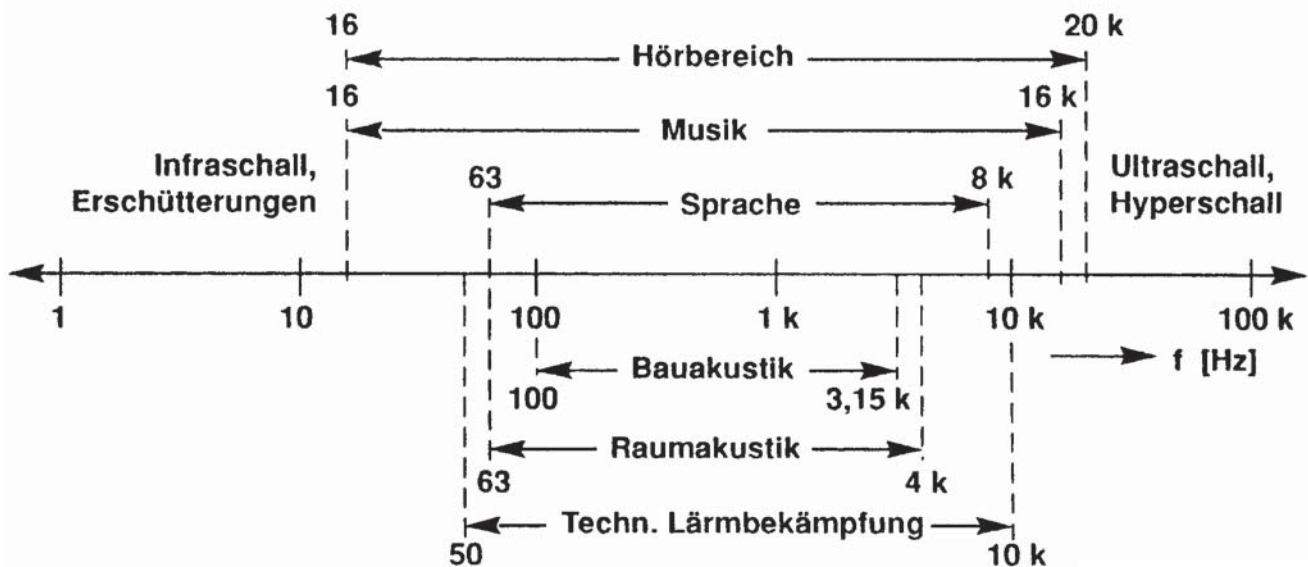
$f = 100 \text{ Hz}$ $\lambda = 3,4 \text{ m}$



$f = 10 \text{ kHz}$ $\lambda = 3,4 \text{ cm}$

hörbarer Schall: 16 Hz – 20 kHz	$\lambda = 22 \text{ m} - 17 \text{ mm}$	Faktor 1300
zum Vergleich sichtbares Licht	$\lambda = 380 \text{ nm} - 750 \text{ nm}$	Faktor 2

Frequenzbereiche



Sprache

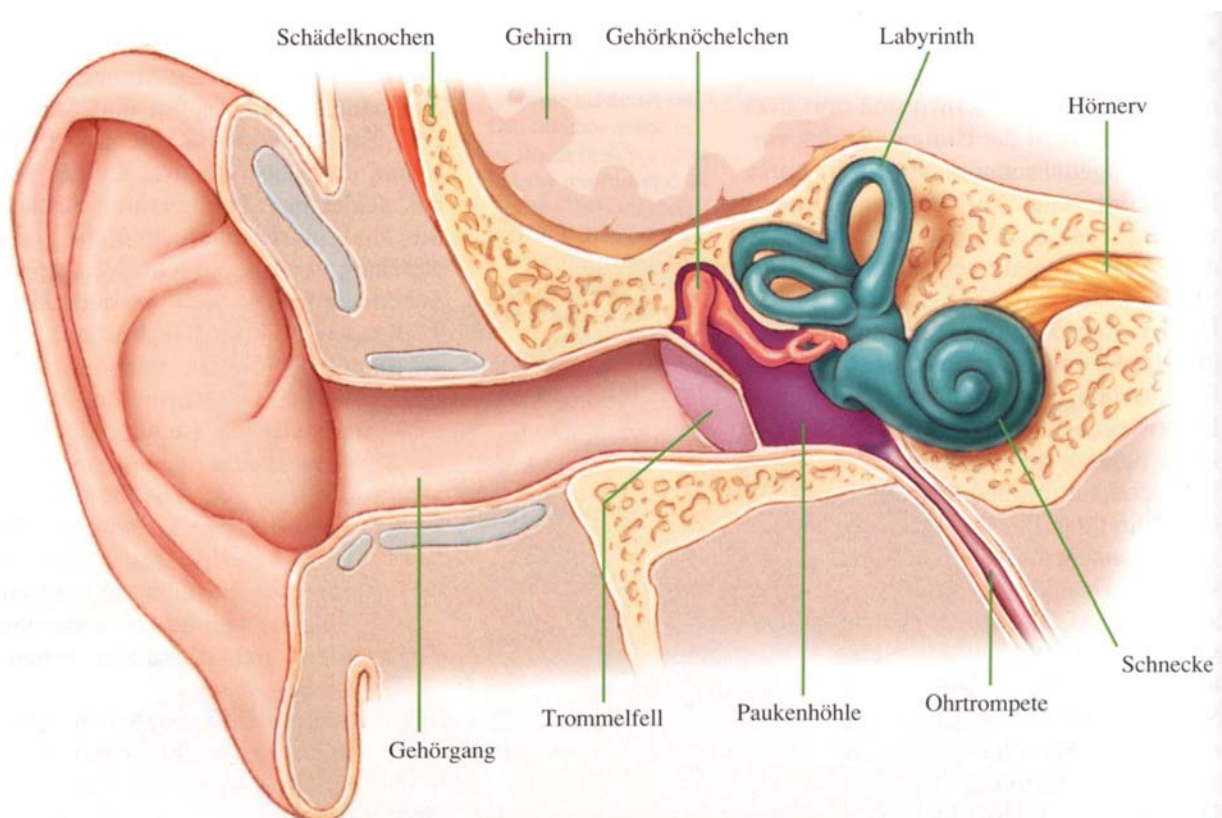
Schalldruck p - Schalldruckpegel L_p

- **Schalldruck p :** „Stärke“ des Signals
 Schwelle der Wahrnehmung: $20 \mu\text{Pa} = 0.00002 \text{ Pa}$
 Schmerzschwelle: 20 Pa
 zum vgl. Luftdruck: $100000 \text{ Pa} (= 1000 \text{ mbar})$
- **Schalldruckpegel L_p :**
 logarithmische Darstellung des Schalldruckes

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) \text{ dB} \quad \text{Einheit [dB = deziBel]}$$

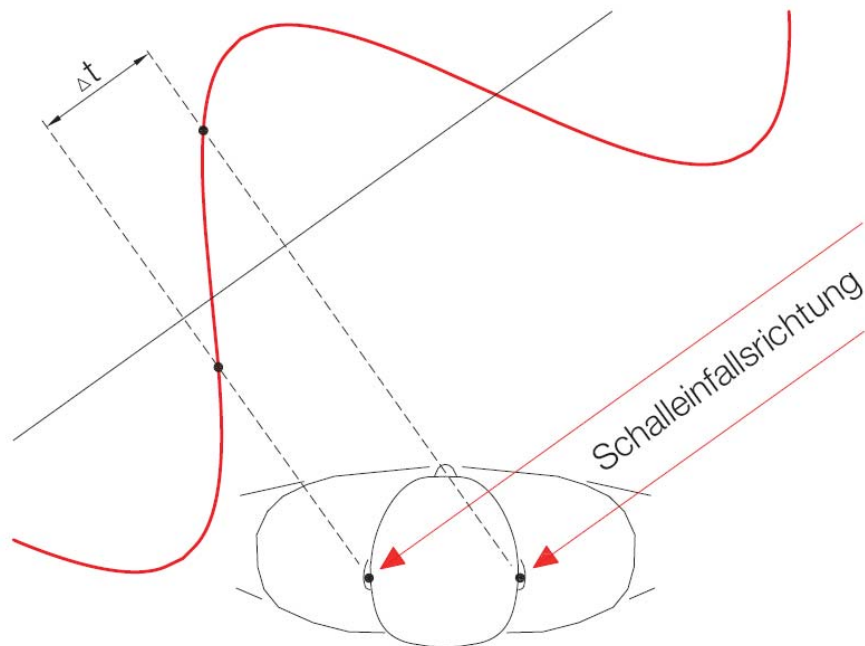
mit $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$

Das menschliche Ohr



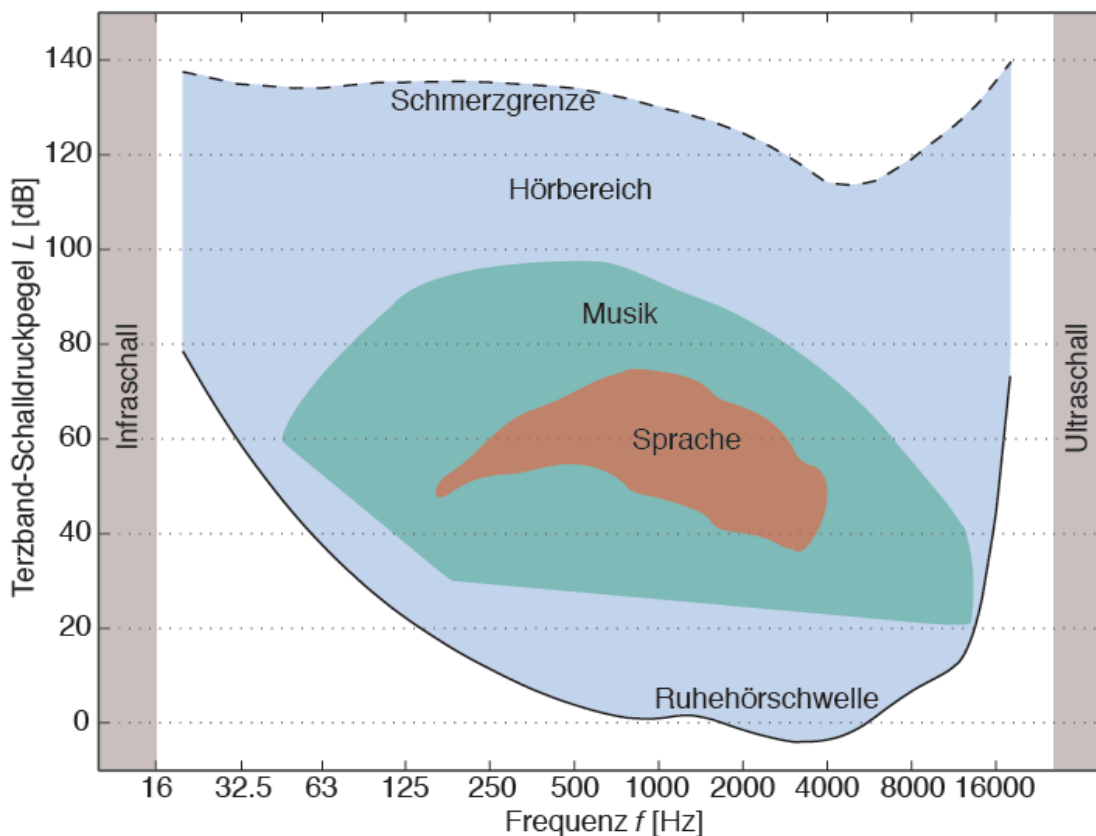
Binaurales Hören

Schallquellenlokalisierung

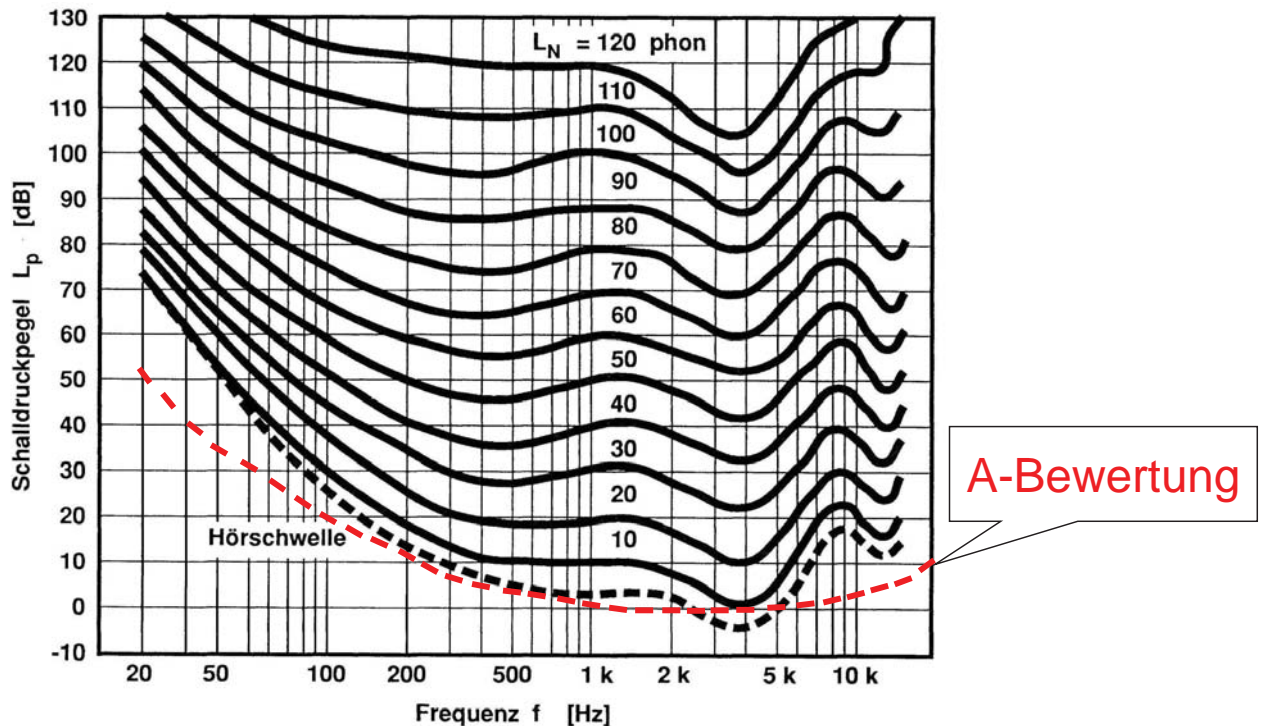


Grafik: Detail Praxis „Akustik und Schallschutz“

Frequenz – Schalldruckpegel



Frequenzbewertung: Lautstärkewahrnehmung durch den Menschen



17.01.2017

ITRS - Schalltag // Grundlagen

11

Frequenzbewertung: A, B, C

$$L_p = 20 \log(p / p_0) \text{ dB}$$

A-Bewertung

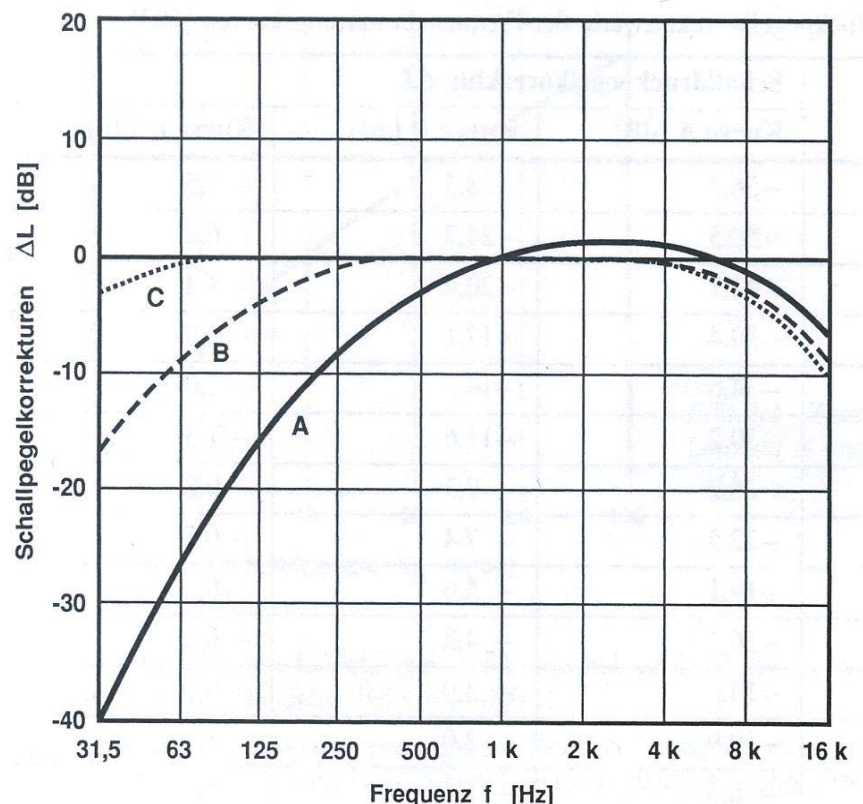
$$L_{p,A} = L_p + \Delta L_A(f) \text{ dB}$$

B-Bewertung

$$L_{p,B} = L_p + \Delta L_B(f) \text{ dB}$$

C-Bewertung

$$L_{p,C} = L_p + \Delta L_C(f) \text{ dB}$$

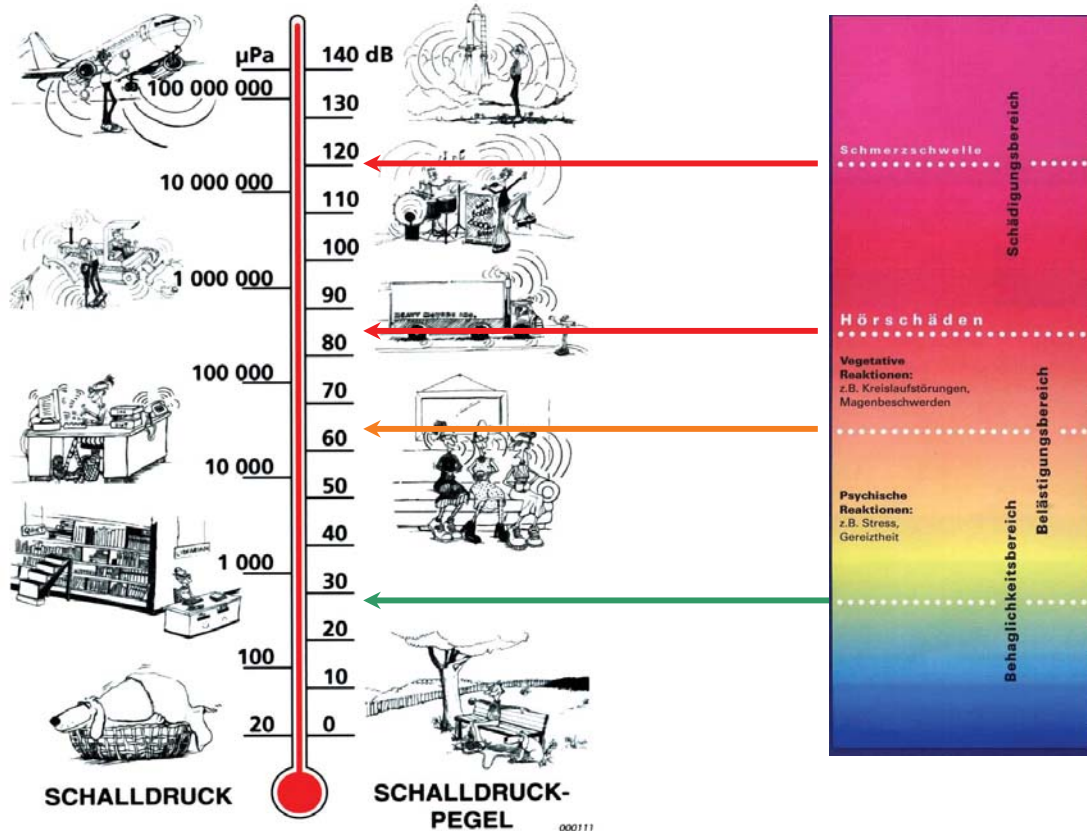


17.01.2017

ITRS - Schalltag // Grundlagen

12

Wahrnehmung - Schallquellen



17.01.2017

ITRS - Schalltag // Grundlagen

13

Auswirkungen von Geräuschbelastungen

Schalldruckpegel	Wirkung auf den Menschen
> 25 dB(A)	Störend im Pianissimo (Konzert)
> 30 dB(A)	Schlafstörungen
> 40 dB(A)	Behinderung der Kommunikation
> 45 ... 55 dB(A)	Beeinträchtigung der Konzentrationsfähigkeit
> 85 dB(A)	Gehörschädigung

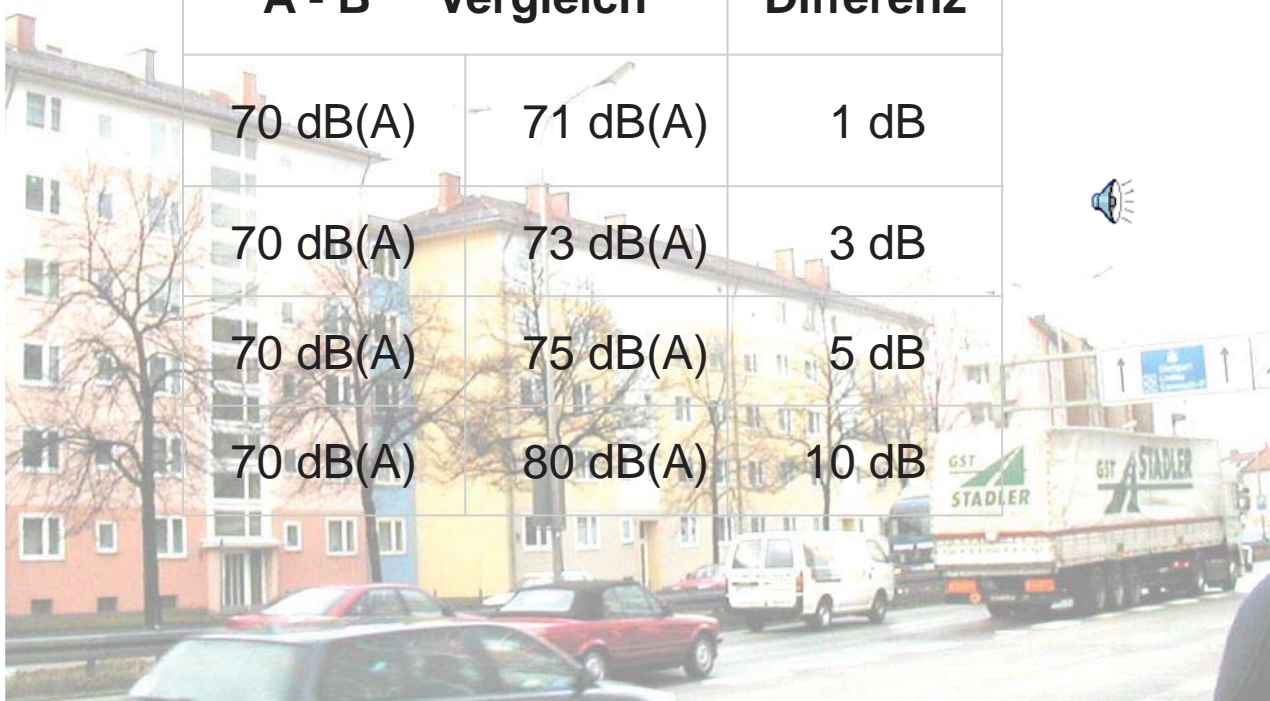
17.01.2017

ITRS - Schalltag // Grundlagen

14

Hörbarkeit von Pegelunterschieden

A - B	Vergleich	Differenz
70 dB(A)	71 dB(A)	1 dB
70 dB(A)	73 dB(A)	3 dB
70 dB(A)	75 dB(A)	5 dB
70 dB(A)	80 dB(A)	10 dB



17.01.2017

ITRS - Schalltag // Grundlagen

15

Hörbarkeit von Pegelunterschieden

Differenz	Wirkung auf den Menschen
1 dB	gerade wahrnehmbar
3 dB	wahrnehmbar
5 dB	deutlich wahrnehmbar
10 dB	Verdopplung der Lautstärke



17.01.2017

ITRS - Schalltag // Grundlagen

16

Rechnen mit Pegeln



$$L_{\text{ges}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

	+ 3 dB	+6 dB	+10 dB
x1	x 2	x 4	x 10
60dB	63 dB	66 dB	70 dB

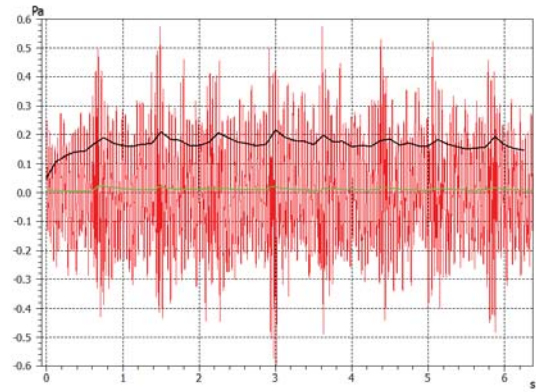
Auswirkungen von Geräuschen auf Sprachkommunikation

Sprache	Störgeräusch	Differenz
60 dB(A)	70 dB(A)	- 10 dB
60 dB(A)	60 dB(A)	0 dB
60 dB(A)	55 dB(A)	+ 5 dB
60 dB(A)	50 dB(A)	+ 10 dB
60 dB(A)	< 40 dB(A)	> 20 dB



Zeitbewertung

- "S"-Slow (Langsam),
beide Zeitkonstanten $\tau = 1000$ ms
- "F"-Fast (Schnell),
beide Zeitkonstanten $\tau = 125$ ms
- "I"-Impuls (Impuls),
Zeitkonstante für Pegelanstieg $\tau_1 = 35$ ms
Zeitkonstante für Pegelabfall $\tau_2 = 1500$ ms
- „Peak“-Spitzenwert
Zeitkonstante für Pegelanstieg ca. $\tau_1 = 0,05$ ms
- „FT“-Taktmaximal
Zeitkonstante für Pegelanstieg $\tau_1 = 125$ ms
Zeittakt: z. B. 5 s



Frequenz- und/oder Zeitbewertung

- Messungen von gebäudetechnische Anlagen ISO 10052
(z. B. Aufzug, Wasserinstallationen, elektrische Antriebe)
Maximalpegel $L_{AFmax,n}$
- Gewerbebetriebe (TA-Lärm, DIN 4109)
Beurteilungspegel L_r ist A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel L_{Aeq} und zusätzlich Zu- oder Abschlüge abhängig von Dauer, Art des Geräuschs (Ton-, Impulshaltigkeit)

