



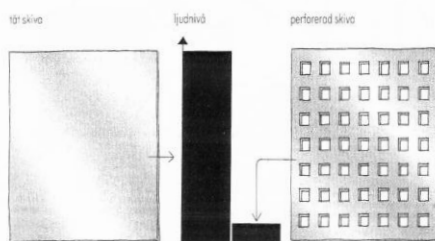
F5 – Spridning

Hur alstras ljud?

- Vibrerande ytor
- Strömmande gas/vätska
- Impulsjud

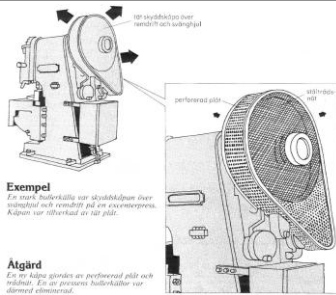
Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Vibrerande ytor



Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudutstrålning från vibrerande yta



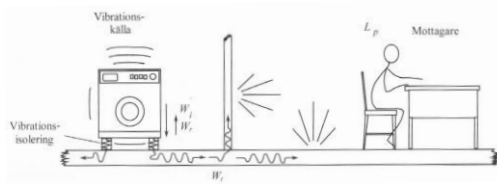
Exempel
En stark bullerkälla var skyddad genom överhängande och vridet på en exemplarerna. Någon var identifierad av låg plåt.

Åtgärd
En ny låda gjordes av perforerad plåt och vridet. En av personens bullerkällor var därmed eliminerad.

Figur i-13b (Bild: Asf, Bullerbekämpning, 1977, III: Claes Folkesson).

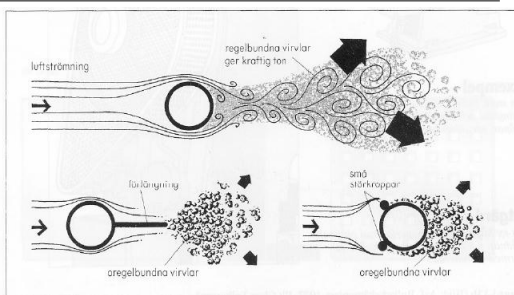
Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhålle / VTAF01

Vibrationsisoleriing



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhålle / VTAF01

Stråmmande luft – störellement

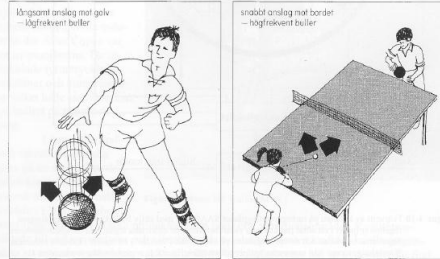


Figur i-14a (Bild: Asf, Bullerbekämpning, 1977, III: Claes Folkesson).

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhålle / VTAF01

Impuls ljud

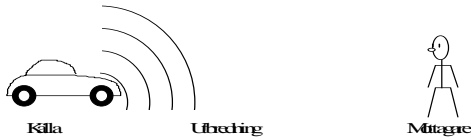
Princip



Figur I-11a (Bild: Asf, Bullerbekämpning, 1977, Ill: Claes Folkesson).

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudutbredning – avstånd

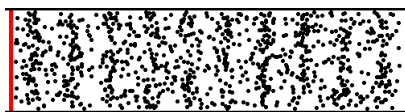


Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljud i luft – longitudinalvåg

- Tryck som funktion av läge och tid: $p(x,t)$
- Platta som sänder ut ljud i förlustfri kanal: *plan vågutbredning*

$$p(x,t) = \hat{p}e^{i(\omega t - kx + \phi)}$$

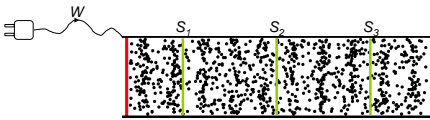


Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Akustisk effekt

- Utsänd effekt: $\Pi = \eta W$ (Högtalare: $\eta \sim 2-3\%$)
- Π bevaras när vågen fortskrider

$$\Pi_1 = \Pi_2 = \Pi_3$$



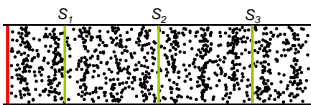
Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudintensitet

- Ljudintensitet = Effekt per ytenhet [W/m²]

$$I = \frac{d\Pi}{dS}$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = \frac{\Pi}{S_i}$$



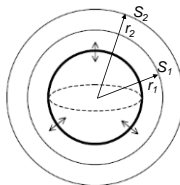
$S_i = S$ vinkelrät mot utbredningsriktningen

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudutbredning i frifält

- Punktkälla sänder ut ljudeffekten Π
- Sfärisk ljudutbredning
- Förlustfritt medium \Rightarrow effekten bevaras: $\Pi_1 = \Pi_2 = \Pi$
- Intensiteten:

$$I = \frac{\Pi}{S} = \frac{\Pi}{4\pi r^2}$$



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

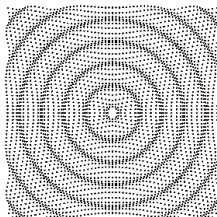
Sfärisk vågutbredning

$$\Pi = 4\pi r_1^2 I_1 = 4\pi r_2^2 I_2 = 4\pi r^2 I = \text{konstant}$$

$$I = \frac{\tilde{p}^2}{\rho c}$$

$$\tilde{p}^2(r) = \frac{\Pi \rho c}{4\pi r^2}$$

$$p(t) = \frac{A}{r} e^{i(\omega t - kr)}$$



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Avståndslagen

- Sfärisk utbredning (punktkälla)

$$\Delta L = L(r_2) - L(r_1) = -20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

- Cylindrisk utbredning (linjekälla)

$$\Delta L = L(r_2) - L(r_1) = -10 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

- Plan våg

$$\Delta L = L(r_2) - L(r_1) = 0$$

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudnivåändring vid avståndsfördubbling

- Sfärisk utbredning (punktkälla)

$$\Delta L = L(2r_1) - L(r_1) = -6\text{dB}$$

- Cylindrisk utbredning (linjekälla)

$$\Delta L = L(2r_1) - L(r_1) = -3\text{dB}$$

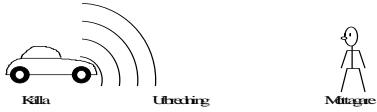
- Plan våg

$$\Delta L = L(2r_1) - L(r_1) = 0$$

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

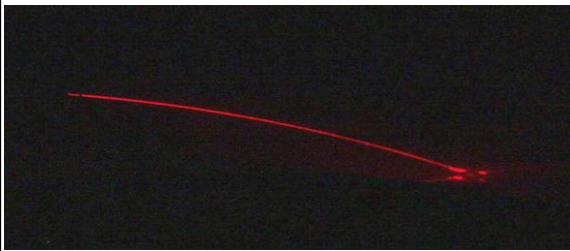
Ljudutbredning

- Väder och vind
- Hindrande objekt
- Reflektion



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Laserstråle i sockerlösning

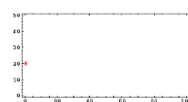
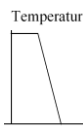
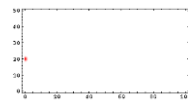
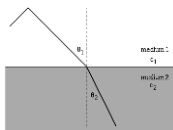


<http://www.mna.hkr.se/~pej/optikdemo.htm>

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Temperaturvariation

- Olika c – brytning



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Temperaturvariation

a) Temperatur

b) Temperatur

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Vind

- Är i regel större än temperaturberoendet

Vindhastighet

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Diffraction – ljudets böjning

- Om $d > \lambda$ så uppstår skugga
- Om $d < \lambda$ så böjs ljudet runt hindret

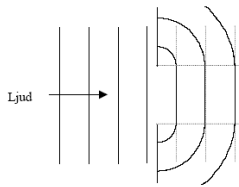
a) Skugga

b) Ej skugga

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Diffraktion

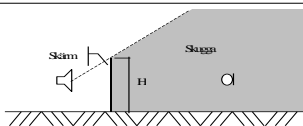
- Öppning $\ll \lambda$: sfärisk våg efter hindret
- Öppning $\gg \lambda$: plan våg efter hindret



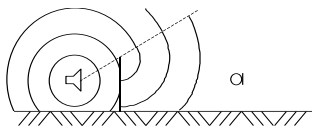
Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Bullerskärm

- $\lambda \ll H$

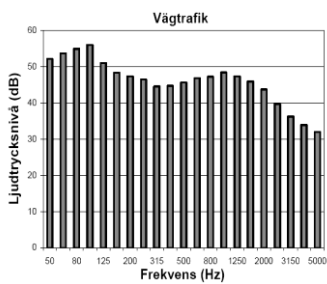


- $\lambda \gg H$



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Bullerspektrum – vägtrafik



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Korrelerade signaler – interferens

- Två lika källor i fas: $p_1(t) = p_2(t)$

$$\tilde{p}_{tot}^2 = 4\tilde{p}_1^2$$

$$L_{p,tot} = L_{p,1} + 10 \log 4 \approx L_{p,1} + 6 \text{dB}$$

- Två källor i motfas: $p_1(t) = -p_2(t)$

$$p_{tot} = 0$$

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Fas

- Två signaler är i fas om argumentet är samma $\pm 2n\pi$,
dvs fasskillnaden mellan de två signalerna är $\varphi = \pm 2n\pi$.
- och i motfas om argumentet skiljer sig med $\pi \pm 2n\pi$,
dvs fasskillnaden mellan de två signalerna är $\varphi = \pi \pm 2n\pi$.

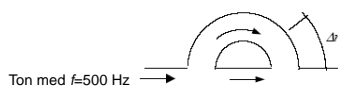
$$p_1(x, t) = \hat{p}_1 e^{i(\omega t - kx)}$$

$$p_2(x, t) = \hat{p}_2 e^{i(\omega t - kx + \varphi)}$$

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ex: korrelerade signaler

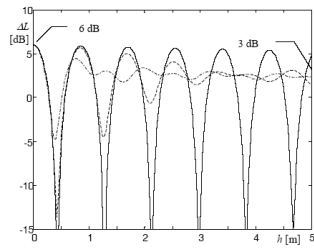
- Hur mycket längre ska omvägen Δr vara för att få destruktiv interferens?



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudmätning vid hård fasad

- Ljudet interfererar med sin egen reflex!



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01
