

Herleitung der Formel für den Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{P_{ak}}{P_{el}} = \frac{E_k^2}{\rho \cdot c} \cdot \frac{4\pi \cdot r_0^2}{\gamma}$$

$$\rightarrow J = \frac{P_{ak} \cdot \gamma}{4\pi \cdot r^2} \Leftrightarrow P_{ak} = \frac{J \cdot 4\pi \cdot r^2}{\gamma}; J = \frac{\tilde{p}^2}{Z_0}$$

$$\rightarrow E_k = \frac{\tilde{p}_d}{\sqrt{P_S}} \cdot \frac{r}{r_0} \Leftrightarrow E_k^2 = \frac{\tilde{p}_d^2}{P_S} \cdot \frac{r^2}{r_0^2} \Leftrightarrow \tilde{p}_d^2 = \frac{E_k^2 \cdot P_S \cdot r_0^2}{r^2}$$

$$\Rightarrow P_{ak} = \frac{\frac{E_k^2 \cdot P_S \cdot r_0^2}{r^2} \cdot 4\pi \cdot r^2}{Z_0 \cdot \gamma}$$

$$\Rightarrow \frac{P_{ak}}{P_{el}} = \frac{E_k^2 \cdot r_0^2 \cdot 4\pi}{Z_0 \cdot \gamma} = \frac{E_k^2}{\rho \cdot c} \cdot \frac{4\pi \cdot r_0^2}{\gamma}$$

Beispiel: Lautsprecher mit  $L_k = 84 \text{ dB}$ ,  $L_{p,\max} = 114 \text{ dB} \rightarrow$  Frage: Welche elektrische Leistung  $P_{el}$  kann dem Lautsprecher maximal zugeführt werden, bevor er verzerrt.

Lösung 1:

$$\Delta L = 30 \text{ dB} \rightarrow \text{Faktor } 1000 \rightarrow L_k \text{ bezieht sich auf } 1 \text{ W in } 1 \text{ m Abstand} \rightarrow P_{el,\max} = 1000 \text{ W}$$

Lösung 2:

$$L_k = 84 \text{ dB} = 20 \cdot \lg\left(\frac{E_k}{E_{k0}}\right) \Rightarrow E_k = 0,317 \left(E_{k0} = 2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Pa}}{\sqrt{\text{VA}}}\right)$$

$$L_{p,\max} = 114 \text{ dB} = 20 \cdot \lg\left(\frac{\tilde{p}}{\tilde{p}_0}\right) \Rightarrow \tilde{p} = 10,02 \text{ Pa} \left(\tilde{p}_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\right)$$

$$\Rightarrow E_k = \frac{\tilde{p}_d}{\sqrt{P_S}} \cdot \frac{r}{r_0} \Rightarrow P_S = \frac{\tilde{p}_d^2}{E_k^2} \cdot \frac{r^2}{r_0^2} = \frac{100,48}{0,1} \text{ W} = 1004,8 \text{ W}$$

Lautsprechergruppe:

- Wirkt bei tiefen Frequenzen wie eine große Membran
- Membran  $\rightarrow d' = 2 \cdot d, m' = 4 \cdot m, F' = 4 \cdot F, a' = 2 \cdot a$

$$p = Z_0 \cdot \pi \cdot a^4 \cdot F^2 \cdot \frac{1}{2c^2 \cdot m^2}$$

$$p' = Z_0 \cdot \pi \cdot (2 \cdot a)^4 \cdot (4 \cdot F)^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot c^2 \cdot (4 \cdot m)^2}$$

$$\frac{p'}{p} = \frac{Z_0 \cdot \pi \cdot 16 \cdot a^4 \cdot 16 \cdot F^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot c^2 \cdot 16 \cdot m^2}}{Z_0 \cdot \pi \cdot a^4 \cdot F^2 \cdot \frac{1}{2c^2 \cdot m^2}} = 16$$

➔ Abgestrahlte Leistung erhöht sich auf das 16-fache, obwohl nur die 4-fache Leistung aufgenommen wird

➔ Jenes gilt bis  $f_g = \frac{c}{2\pi \cdot a}$  (Bündelung ab ca.  $k \cdot a = 1$ )

Beispiel (idealisiert):

ein LS, im Freien,  $d = 30 \text{ cm} \rightarrow L(r = 10 \text{ m}) = 90 \text{ dB}$

$$\Delta L = 12 \text{ dB} \rightarrow L(r = 10 \text{ m}) = 102 \text{ dB}$$

$$4 \text{ LS} \rightarrow \text{für } f = \frac{c}{2\pi \cdot (2 \cdot 12,5)} \approx 200 \text{ Hz}$$

Bei Einzel-LS setzt Bündelung ein ab  $\rightarrow$  ca. 440 Hz

$\rightarrow$  für  $f \gg f_g \Rightarrow \Delta L = +6 \text{ dB}$

Exponentialtrichter:

- Rohr, dessen Querschnittsfläche sich mit wachsender Länge exponentiell ändert
- Zwei besondere Eigenschaften
  - o Unterhalb von  $f_g = \frac{\varepsilon \cdot c}{2\pi}$  kann der Exponentialtrichter nicht übertragen
  - o Zur Übertragung tiefer Frequenzen:  $\varepsilon$  klein wählen, denn  $D \gg \lambda \rightarrow$  langer Trichter, gefalteter Trichter („W-Bin“)
  - o Für Frequenzen oberhalb von  $f_g \rightarrow$  Strahlungswiderstand ist  $\rho \cdot c = Z_0$

Mehrweglautsprecher (Vor- und Nachteile von aktiven und passiven Systemen):

- Passive Frequenzweiche:
  - o Verluste durch die Frequenzweichen
  - o Keine eigene Stromversorgung nötig
  - o Rauschen im Filter wird nicht verstärkt
  - o Nicht mit digitalen Filtern zu realisieren
- Aktive Frequenzweiche:
  - o Jeder LS braucht Stromversorgung
  - o Verstärkung kann einzeln geregelt werden