

# Schritt für Schritt Anleitung und Berechnung zum Thema

## "Elektrodynamische Tiefton-Lautsprecher"

### A) Vorgabe der 1) Einbaugüte $Q_a$ , Berechnung der 2) Einbauresonanzfrequenz $f_2$ und des 3) optimalen Netto-Gehäusevolumens $V_b$ (geschl. Box)

- a)  $f_3$  = Freiluftresonanzfrequenz [Hz]; (27 Hz)
- b)  $Q_3$  = Freiluftgüte [-]; (0,48)
- c)  $r_M$  = eff. Membranradius [m]; (109 mm); bis Mitte Membransicke selbst gemessen: (112,2 mm)
- d)  $m_3$  = eff. bewegte Freiluftmasse des Chassis [kg]; (67,3 g)
- e)  $H$  = max. lin. Membranhub [m]; (6,3mm)

#### 1) $Q_a$ Einbaugüte vorgeben:

- I) für rein passive LS-Boxen:  $Q_a \approx 1$
- II) für aktive Boxen mit entsprechender Frequenzgangverzerrung:  $Q_a \approx 0,5$   
(Empfehlung: 0,6)
- III) für aktive, geregelte Boxen:  $Q_a < 0,5$

#### 2) Einbauresonanzfrequenz $f_2 \approx 0,95 \cdot Q_a \cdot f_3 / Q_3$ [Hz] (32Hz)

#### 3) optimales Netto-Gehäusevolumen $V_b = 2,5 \cdot r_M^4 \cdot \kappa \cdot 10^4 / (m_3 \cdot (1,15 \cdot f_2^2 - f_3^2))$ [m<sup>3</sup>] (0,1312 m<sup>3</sup> = 131,2 l)

Wenn ein Gehäusevolumen  $V$  [m<sup>3</sup>] vorgegeben ist:

$$f_2 = \sqrt{(2,5 \cdot r_M^4 \cdot \kappa \cdot 10000 / (m_3 \cdot V) + f_3^2)} / 1,15 \quad \text{aus 3)}$$

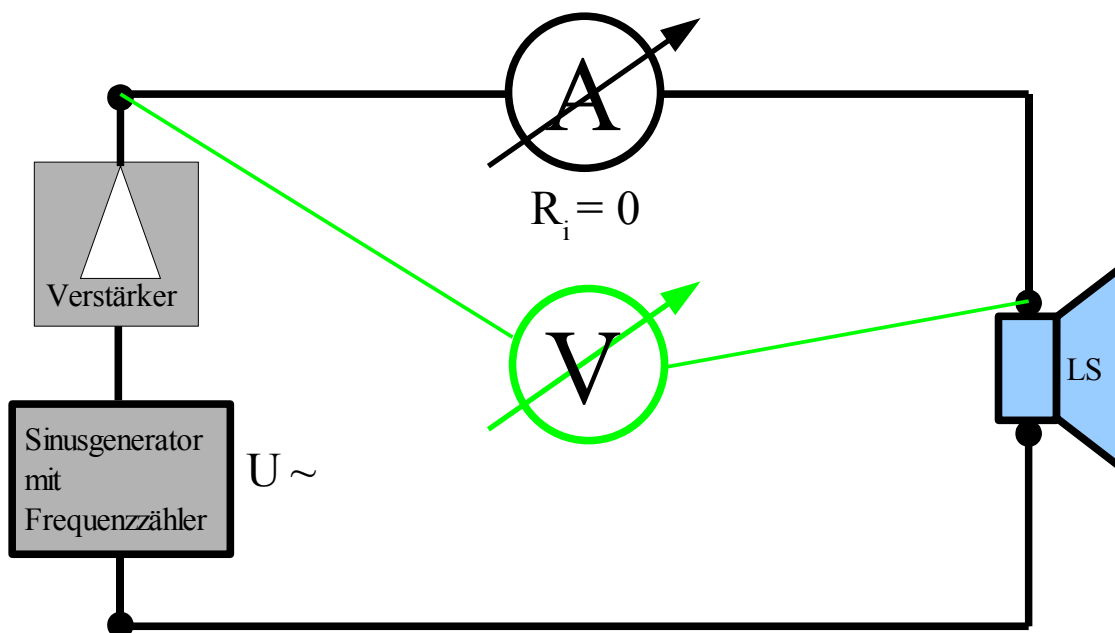
$$\text{die sich ergebende Einbaugüte } Q_a \approx f_2 \cdot Q_3 / (f_3 \cdot 0,95) \quad \text{aus 2)}$$

## Erweiterung

**B) Ermittlung der Freiluftresonanzfrequenz  $f_3$ , der Freiluftgüte  $Q_3$  und der ges. bewegten Masse  $m_3$  bei einem elektrodynamischen LS-Chassis** (falls keine Parameter bekannt bzw. zum Ausschluss der Toleranzen)

Ermittlung (Messen) von  $f_2$  und  $Q_a$  (Einbauparameter), also Chassis im eingebauten Zustand, kann genauso erfolgen (Verhalten des LS im Frequenzbereich („Frequenzgang“) und im Zeitbereich („Impulsfestigkeit“)):

### Messaufbau



- Verstärker, der später verwendet wird
- Kabel, die später verwendet werden (mit  $R_{\text{kabel}} = \rho \cdot l / A$  [ $\Omega$ ])
- alternative NF-Strommessung mit Voltmeter über das Kabel ( $I = U_{\text{kabel}} / R_{\text{kabel}}$ )
- $f_{\text{res}}$  ( $f_2, f_3$ ) =  $f$  bei  $I_{\text{min}} = f$  bei  $Z_{\text{emax}}$  (el. Impedanz/Wechselstromwiderstand des LS)
- $Z_e = U \sim / I$
- $Q_{(2,3)}$ -Berechnung (und  $m_3$ ) siehe unten!

**d. h. Bestimmung von  $f_{\text{res}}$  und  $Q_{(2,3)}$  mittels einfachstem Messen rein elektr. Größen!**

1)  $R_e$  = Schwingpulenwiderstand (DC) [ $\Omega$ ]

2)  $Z_{e3}$  = el. Impedanz bei  $f_3$  [ $\Omega$ ]

3)  $f_3$  = Freiluftresonanzfrequenz [Hz] ( $f_{res}$ )

4)  $r_c = |Z_{e3}|/R_e$

5)  $f_u$  und  $f_o$  bei Impedanz =  $R_e \cdot \sqrt{r_c}$  [Hz]

6)  $\Delta f = f_o - f_u$  [Hz]

7)  $Q_{m3} = \frac{f_3 \cdot \sqrt{r_c}}{\Delta f}$  mech. Freiluftgüte

8)  $Q_3 = Q_{m3}/r_c$  gesamte Freiluftgüte

9)  $m_3 = \frac{m_H}{\frac{f_3^2}{f_H^2} - 1}$  ges. bewegte Masse [kg]

( $m_H$  = Hilfsmasse auf Membran;  $f_H$  =  $f_{res}$  mit  $m_H$ )

(bekannte Hilfsmasse)

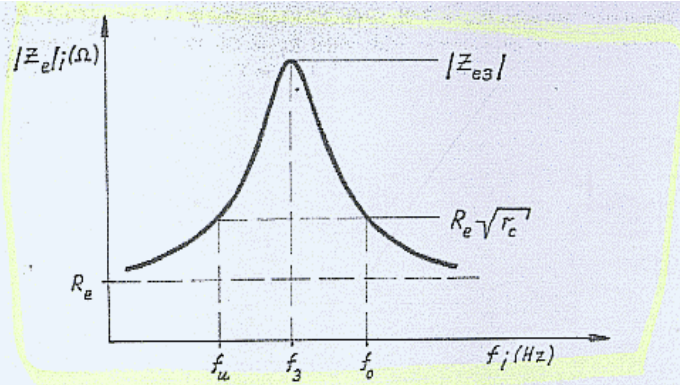


Abb. 12.1 Betrag der elektrischen Impedanz  $Z_e$  im Bereich der Resonanzfrequenz  $f_3$  eines freistehenden Lautsprecherchassis mit zugehörigen Größen zur meßtechnischen und rechnerischen Ermittlung der Freiluftgüten  $Q_{m3}$ ,  $Q_{e3}$  und  $Q_3$  des Lautsprechers (das Verfahren ist ebenso auf Boxen übertragbar)

## Optimale aktive Frequenzgangentzerrung (mit Schutz gegenüber tiefen Frequenzen), ohne LS-Regelung

$$Q_a =! 1/\alpha$$

$Q_a$  = Einbaugüte; Vorgabe:  $Q_a \approx 0,6$

$\alpha$  = Dämpfung (zur Berechnung des Hochpasses)

Schalldruck bei  $f_2 = 20 \cdot \lg Q_a$  [dB] (gegenüber 0dB)

Ausführung siehe <http://www.rudihaberstroh.de/weiche2.html>

## Akustische Leistung (Schallpegel) gemäß der Chassisverhältnisse ( $r_M$ und $H$ ) und erforderliche el. Leistung

Welchen Schallpegel „kann“ der Lautsprecher maximal aufgrund seiner Bauart?

$$P_{ak} \approx 112\text{dB} + 10\lg(1,08 \cdot r_M^4 \cdot f^4 \cdot H^2) \text{ [dB]} \quad (90,5 \text{ dB bei } 32\text{Hz})$$

hierfür erforderliche elektrische Leistung ( $SPL = 86,8 \text{ dB/W}$ ):

$$P_{el} = 10^{(P_{ak}-SPL)/10} \text{ [W]} \quad (2,36 \text{ W})$$