

## 1 Small Signal Parameters – Thiele & Small Parameters

Die Thiele-Small-Parameter - oder auch Kleinsignalparameter - beziehen sich auf eine gedämpfte Schwingeinheit ersten Grades, i.e. mit einer kombinierten Masse, einer kombinierten Nachgiebigkeit sowie eines mehr oder weniger linearen mechanischen Widerstandes.

Kombinierte Masse:

- Masse des Membrankonusus
- Masse der Schwingspule & der Aufhängung

Kombinierte Nachgiebigkeit:

- Membransicke (Äussere Verbindung mit dem Chassis – Korb)
- Zentrierspinne

Die Formel für die Resonanzfrequenz eines SDF Systems (Single Degree of Freedom) lautet:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

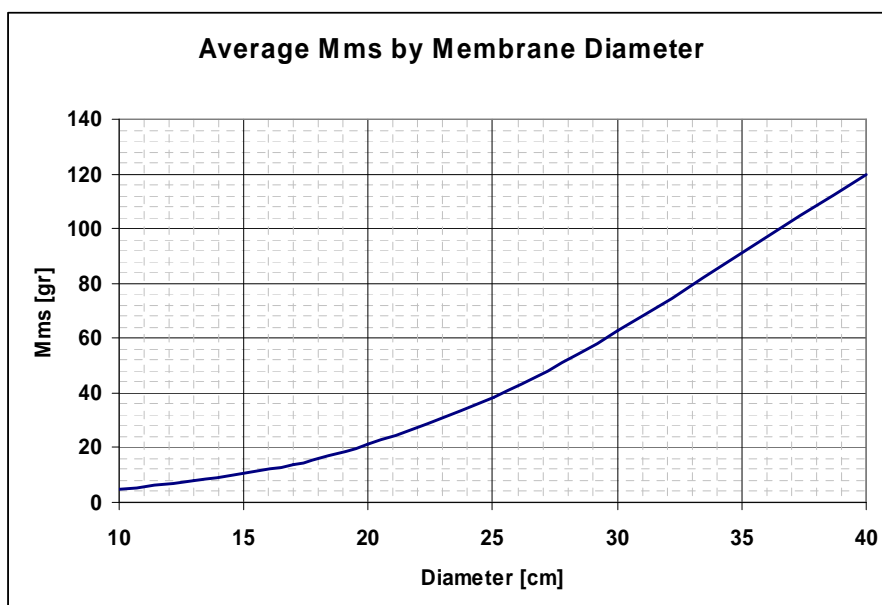
Dies ist der eigentliche Startpunkt für die Bestimmung der TSP. Aus der obigen Formel 1.1 ist ersichtlich, dass  $k$  und  $m$  variiert werden können, um die Resonanzfrequenz zu bestimmen.

- Delta Mass Method (Methode mit Zusatzgewicht auf der Membran)
- Delta Volume Method (Methode mit verändertem Einbauvolumen des Chassis)

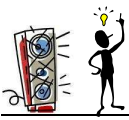
Die Delta Mass Method berechnet die Parameter indem die Membranmasse vergrößert wird und die Resonanzfrequenz somit verändert wird.

Die Delta Volume Method berechnet die Parameter indem die Nachgiebigkeit des Backvolumens des Chassis verändert wird.

Die Delta Mass Method hat sich als die Einfachere durchgesetzt, da Zusatzgewichte in genauer Masse relative einfach erhältlich sind. Die Zusatzmasse sollte sich im Bereich von 20...50% der Membranmasse bewegen. Die durchschnittliche Membranmasse von Chassis ist in Fig. 1.1 dargestellt:



**Fig. 1** – Durchschnittliches Mms relativ zum Membrandurchmesser des Chassis



## 2 Prozedur zur Bestimmung der TSP

### 2.1 Übersicht über die Parameter

Parameter	Beschreibung	Abhängigkeit	Herleitung
$f_s$	Freiluft-Resonanzfrequenz	-	Impedanzkurve
$f_{sa}$	Freiluft-Resonanzfrequenz mit Zusatzmasse	-	Impedanzkurve
$f_1, f_2$	Bandbreite der Resonanz (Q Faktor)	$Z_{max}, R_E, R_{ES}$	Eq. 1.6
$M_{MD}$	Bewegte Membranmasse	$M_a, f_s, f_{sa}$	Eq. 1.1
$M_{MR}$	Luftlast	$S_D$	Eq. 1.2
$M_{MS}$	Totale bewegte Masse & Luftlast	$M_{MD}, M_{MR}$	Eq. 1.3
$C_{MS}$	Nachgiebigkeit der Aufhängung	$M_{MS}, f_s$	Eq. 1.4
$R_E$	DC Widerstand der Schwingspule	-	Multimeter
$Q_{MS}$	Mechanische Güte Q	$f_1, f_2, f_s, \sqrt{r_c}$	Eq. 1.7
$Q_{ES}$	Elektrische Güte Q	$Q_{MS}, Z_{max}$	Eq. 1.8
$Q_{TS}$	Systemgüte Q	$Q_{MS}, Q_{ES}$	Eq. 1.9
$R_{MS}$	Mechanischer Widerstand	$f_s, Q_{MS}, C_{MS}$	Eq. 1.10
$B_L$	Dichte des Magnetfelds	$R_{MS}, R_{ES}$	Eq. 1.11

- Aufzeichnen beider Impedanzkurven (mit und ohne Zusatzmasse) und Bestimmung der beiden Resonanzfrequenzen. Das Zusatzgewicht [ $M_a$ ] muss sehr genau ermittelt werden.
- Bestimmung der beiden Resonanzfrequenzen:  
 $f_s$  = Resonanzfrequenz ohne Zusatzgewicht  
 $f_{sa}$  = Resonanzfrequenz mit Zusatzgewicht
- Bestimmung des Membrangewichts  $M_{MD}$  ( $M_{MD}$  = Totale bewegte Masse des Chassis)

$$M_{MD} = \frac{M_a}{\left(\frac{f_s}{f_{sa}}\right)^2 - 1}$$

- Berechnen der Luftlast  $M_{MR}$  mittels Formel 1.2:

$$M_{MR} = 0.575 \cdot S_D^{1.5}$$

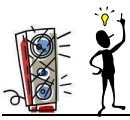
- Berechnen von  $M_{MS}$ , dem Gesamtgewicht der Membran und deren Antriebs sowie der Luftlast mittels Formel 1.3:

$$M_{MS} = M_{MD} + M_{MR}$$

- Berechnen der Chassis-Compliance,  $C_{MS}$ , mittels Formel 1.4:

$$C_{MS} = [(2\pi f_s)^2 \cdot M_{MS}]^{-1}$$

- Messen des DC Widerstands des Chassis mithilfe eines präzisen Multimeters.

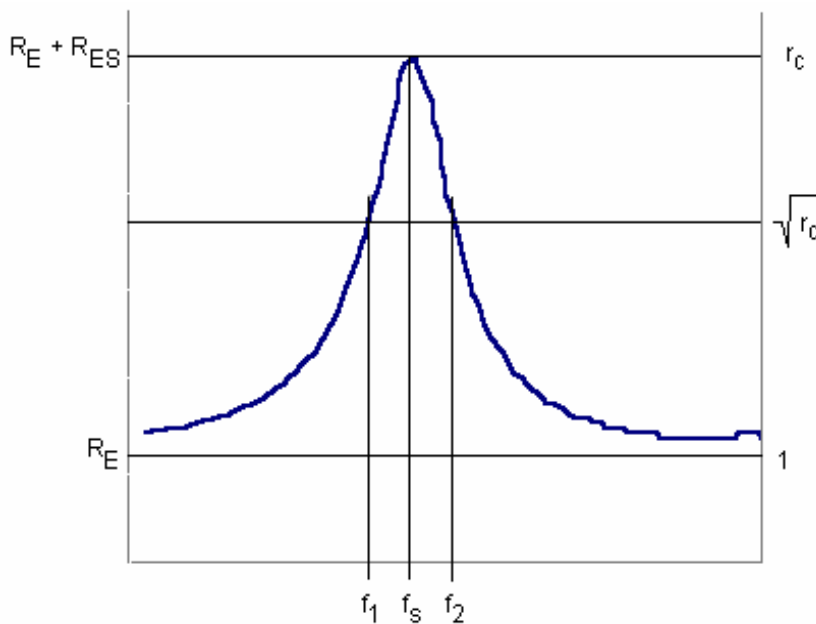


- Bestimmen der Bandbreite der Impedanzkurve. Aus der Impedanzkurve in Fig. 2 kann mithilfe der Formel 1.5 die Bandbreite abgelesen werden:

$$Z_{\max} = (R_E + R_{ES})$$

$$R_{ES} = Z_{\max} - R_E$$

Für die Bestimmung der folgenden Parameters ist eine Impedanzkurve mit den folgenden relevanten Informationen notwendig – ref. Fig. 2:



**Fig. 2** – Übersicht über die Ablesepunkte der Impedanzkurve

- Bestimmung der Werte von  $Z_E$  zur Bestimmung von  $f_1$  und  $f_2$  mittels Formel 1.6:

$$|Z_E| \partial \sqrt{r_c} = R_E \left( \frac{R_E + R_{ES}}{R_E} \right)^{0.5}$$

- Die Werte für  $f_1$  und  $f_2$  können nun dem Graph entnommen werden.

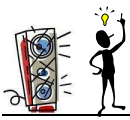
Um die Validität der Ablesung zu bestätigen, bitte folgenden Quercheck durchführen:

$$(f_1 f_2) = f_s^2$$

Das Resultat sollte innerhalb von 2% von  $f_s$  liegen.

- Berechne  $Q_{MS}$  mit der Formel 1.7:

$$Q_{ms} = \frac{f_s \sqrt{r_c}}{f_2 - f_1}$$



- Berechne  $Q_{ES}$  mit der Formel 1.8:

$$Q_{es} = \frac{Q_{ms}}{(r_c - 1)}$$

- Berechne  $Q_{TS}$  mit der Formel 1.9:

$$Q_{ts} = \frac{Q_{es} Q_{ms}}{Q_{es} + Q_{ms}}$$

- Berechne  $R_{MS}$  mit der Formel 1.10:

$$R_{MS} = 1/(\omega_s \cdot Q_{MS} \cdot C_{MS})$$

- Berechne  $BL$  mit der Formel 1.11:

$$(BL)^2 = R_{MS} \cdot R_{ES}$$

Le voila – damit ist die Berechnung der Thiele-Small-Parameter abgeschlossen. Bitte beachten dass die Chassis vor dem Vermessen der Thiele-Small-Parameter eingefahren werden müssen, damit die Parameter bei eingeschwungenem Chassis gemessen werden. Andererseits besteht die Gefahr, dass die Gehäuseabstimmung für das Chassis sich im Verlauf der Zeit ändern könnte und somit beim Musikhören nicht mehr die optimale Berechnungsgrundlage sein könnte.