

Messdaten eines Nahfeld-Monitors

Manfred Zollner

Für eine laute Basswiedergabe, so lehrt es die Akustik [1], sind ein großes Gehäuse und eine große Membran erforderlich. Dennoch versprechen Hersteller z.B. für einen 7"-Tiefton-Lautsprecher, eingebaut in (netto) 14 Liter, eine Übertragung "ab 35 Hz", und geben in der nächsten Zeile "120 dB peak SPL" an. "Für beide Boxen". OK, also für eine Box 117 dB, sofern man sich nicht auf reine Monosignale beschränken und zentimetergenau in Boxenmitte abhören will. 35 Hz, 117 dB, aus 14 Liter Volumen, wie passt das zusammen? Im Folgenden wird diese Frage sowohl anhand der Theorie als auch durch Messungen beantwortet.

Einfache Lautsprechermodelle bilden die Membran durch eine Masse m , eine Steifigkeit s und einen Reibwiderstand W nach [1], ein idealer dynamischer Wandler mit Kraftfaktor (bzw. Wandlerkonstante) Bl bewirkt die elektromechanische Kopplung. Ergänzt man dieses Modell noch um die elektrischen Elemente der Schwingspule (R_s und L_s), können sowohl die Übertragungseigenschaften als auch die elektrische Impedanz in zufriedenstellender Qualität modelliert werden. Nicht ganz trivial ist die Ermittlung dieser Modellwerte – man möchte die Membran ja nicht zum Wiegen ausschneiden müssen. Doch da kann eine Messung der elektrischen Impedanz weiterhelfen. Die Membran erhält beim Betrieb ihre Schwingungsenergie aus der elektrischen Energie, also müssen die Membranelemente auch auf der elektrischen Seite des Wandlers messbar sein.

Abb. 1 zeigt den Impedanzfrequenzgang des ausgebauten Tiefton-Lautsprechers. Das Maximum der Messkurve weist auf die Hauptresonanz der Membran hin, in diesem Fall 32 Hz. Sie wird gebildet von der Federsteifigkeit s der Membranaufhängung und der schwingenden Masse, die zum größeren Teil aus der Membranmasse, aber auch aus einigen Gramm mit-schwingender Luftmasse besteht. Die Hauptresonanz berechnet sich zu $f_x = \sqrt{s/m}/2\pi$, und das ist die erste Bestimmungsgleichung. Weil mit m und s jedoch zwei Unbekannte vorliegen, ist noch eine weitere Bedingung erforderlich. Sie ergibt sich, wenn die Membran mit einer kleinen (bekannten) Zusatzmasse belastet wird. Die Massenerhöhung verringert die Resonanzfrequenz und liefert die benötigte zweite Bedingung, so dass s (812 N/m) und m (20 g) berechnet werden können. Der Gleichstromwiderstand der Schwingspule R_s ist leicht zu ermitteln, die Induktivität ist für Untersuchungen im Tieffrequenzbereich eigentlich unwichtig. Sie kann ganz einfach mit 0.35 mH angenommen werden (gestrichelte Kurve), oder mit Berücksichtigung der Wirbelstromverluste durch eine Reihenschaltung zweier RL-Glieder. Als letztes der Membranelemente fehlt nun nur noch der Reibwiderstand W . Zu seiner Ermittlung ist ein Blick auf das elektrische Ersatzschaltbild (ESB) hilfreich (Abb. 1). Der Wandler transformiert die mechanischen Membranelemente in den elektrischen Parallelschwingkreis. Der wird bei Resonanz hochohmig, konkret: sein Widerstand wird zu R_w . Der Gesamtwiderstand des ESB ist dann bei der Hauptresonanz in guter Näherung $R_s + R_w$, die Beiträge der Schwingspulen-Nachbildung sind tieffrequent belanglos. Jetzt fehlt nur noch der Schritt vom elektrischen Verlustwiderstand R_w zum mechanischen Verlustwiderstand W .

Die restlichen Seiten sind als PDF downloadbar: www.gitec-forum.de