

Exkurs Technik: Grundlagen und Berechnung von Laufzeitverzerrungen von Audiokabeln

Die grundlegende *Theorie der Leitungen* lässt sich auch auf den Audiobereich, also den Niederfrequenzbereich anwenden. Für diesen Bereich wird im folgenden nur die **Gruppenlaufzeit** des Kabels betrachtet.

Die jeder Leitung zugrundeliegenden Leitungsgleichungen führen frequenzabhängig zu folgenden Ergebnissen:

Für hohe Frequenzen können die Längswiderstände R' bzw. Querleitwerte G' gegenüber den Impedanzen vernachlässigt werden. Damit folgt für eine gegebene Länge des Kabels und frequenzunabhängige Leitungskenngrößen die Gruppenlaufzeit b zu

$$b_H = 2 \pi f \sqrt{L C}, \text{ linear mit der Frequenz } f$$

Für niedrige Frequenzen kann i. a. weiterhin G vernachlässigt werden, jedoch ergibt die Berücksichtigung des Widerstands R nun

$$b_L = \sqrt{\pi f R C}$$

d.h. *im Bereich starker Dämpfung verläuft die Phase nicht mehr linear, sondern nach einer Wurzelfunktion!*

Es ergeben sich Gruppenlaufzeitverzerrungen!

Die Übergangsfrequenz zwischen beiden Bereichen liegt bei

$$f_G = R/(4 \pi L) \text{ oder mit Berücksichtigung der Serienzeitkonstante } t_s = L/R \text{ bei } f_G = 1/(4 \pi t_s)$$

Die Laufzeit T einer Leitung ergibt sich zu $T = b / (2 \pi f)$, d. h. man kann für jede Frequenz f die Laufzeit und den Laufzeitfehler berechnen. Damit ergibt sich

$$T_H = \sqrt{L C} = \text{const. bzw. } T_L = \sqrt{R C / (4 \pi f)}$$

Die Laufzeit ist unterhalb der ermittelten Frequenz $f_G = R/(4 \pi L)$ frequenzabhängig!

Durch Einbringen der Serienzeitkonstante t_s ergibt sich damit der **Laufzeitfehler**

$$T = T_L - T_H = \sqrt{L C} * (\sqrt{1 / (4 \pi f t_s)} - 1)$$

Über alle Kabelparameter lassen sich also die Laufzeitfehler verringern.

Unberücksichtigt ist hier noch die Beschaltung des Kabels und die wesentlichen Veränderungen durch den Ausgangswiderstand R_A des Verstärkers und die Eingangskapazität C_E der Eingangsstufe (bei Nf-Kabeln) bzw. die Frequenzweiche des Lautsprechers sowie Fehlanpassungen an den Wellenwiderstand des Kabels.