



# Elektrodynamische Schallwandler: Dynamisches Mikrofon, Tauchspul-Mikrofon

Nach Ivar Veit, "Technische Akustik", Vogel-Verlag, Würzburg, ISBN 3-8023-0063-7 - Seite 91

Wird der Leiter mit der Geschwindigkeit  $v$  im Magnetfeld bewegt, so wird in ihm die Wechselspannung  $U$  (Modulationsspannung) induziert.

$$U = B \cdot l \cdot v \quad \text{Hierbei ist } B = \text{magnetische Feldstärke, } l = \text{Länge des Leiters und } v = \text{Geschwindigkeit des Leiters}$$

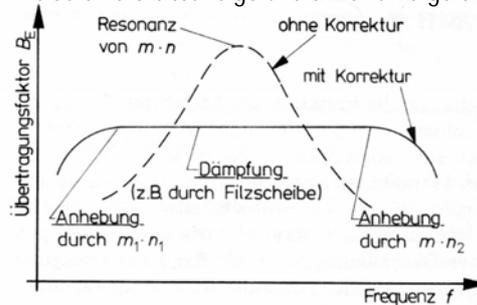
Zwischen der induzierten Spannung  $U$  und der Geschwindigkeit  $v$  der Bewegung besteht ein linearer Zusammenhang. Bei den meisten praktischen Ausführungen besteht der bewegliche Leiter  $l$  aus einer Schwingspule, die schwingfähig aufgehängt in einen Topfmagneten hineintaucht. Unmittelbar an der Schwingspule ist die Membran befestigt.

Das Tauchspulmikrofon ist ein Schalldruckempfänger. Die von ihm abgegebene elektrische Signalspannung wäre ohne zusätzliche Maßnahmen sehr stark frequenzabhängig, siehe Bild 1.

Um innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs nahezu frequenzunabhängige Übertragungseigenschaften zu erzielen, ist eine Frequenzgang-Korrektur erforderlich. Die Resonanzüberhöhung, die von der Membranmasse  $m$  und ihrer Einspann-Nachgiebigkeit  $n$  herrührt, lässt sich durch einen sinnvoll angebrachten Reibungswiderstand (Dämpfungsscheibe hinter der Schwingspule im Inneren des Topfmagneten; z.B. aus Filz) dämpfen. Außerdem kann die Übertragungskurve unterhalb und

oberhalb der Eigenresonanz  $\left[ \frac{1}{\sqrt{m \cdot n}} \right]$  durch je einen entsprechend abgestimmten Helmholtz-Resonator angehoben werden:

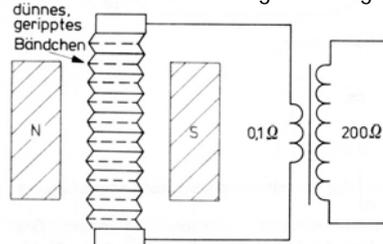
Die Luftpolster-Nachgiebigkeit  $n_1$  ergibt mit der Hohlraum-Masse  $m_1$  eines zusätzlich eingesetzten Ausgleichsrohres einen tieffrequent abgestimmten Resonator, während die Luftpolster-Nachgiebigkeit  $n_2$  mit der Membranmasse  $m$  einen Resonator ergibt, dessen Abstimmung im höherfrequenten Bereich liegt.  $n_2$  mit der Membranmasse  $m$  einen Resonator ergibt, dessen Abstimmung im höherfrequenten Bereich liegt. Das Luftpolster  $n_2$  ist einerseits durch die Membran und andererseits durch die Dämpfungsscheibe räumlich abgeschlossen. Die Dämpfungsscheibe wirkt bei hohen Frequenzen wie eine schallundurchlässige Wand. - Man bekommt auf diese Weise eine breitbandige und annähernd geradlinige Übertragungskurve, siehe Bild 1.



**Bild 1** Frequenzgang des Übertragungsfaktors  $B_E = U/p$  (Mikrofonspannung  $U$  pro Schalldruck  $p$  bei einem Tauchspulmikrofon)

Nach dem Tauchspul-Prinzip gibt es auch Zweiwegmikrofone mit getrennten Hoch- und Tieftonsystemen, frequenzunabhängiger Richtungscharakteristik und geradlinigem Frequenzgang über den gesamten Hörbereich. -

Zu den dynamischen Schallwandlern gehört auch das Bändchenmikrofon, siehe Bild 2. Es wurde 1924 von E. Gerlach entwickelt. Der bewegliche elektrische Leiter übernimmt in diesem Falle gleichzeitig die Funktion der Membran.



**Bild 2** Prinzipieller Aufbau eines Bändchenmikrofons. Die Impedanz des Bändchenmikrofons ist mit etwa  $0,1 \Omega$  bis  $0,2 \Omega$  außerordentlich niedrig; daher wird zur Spannungserhöhung (!) ein Übertrager eingesetzt, der dadurch die Impedanz bis zu der in der Studioteknik noch zulässigen Mikrofonimpedanz von  $200 \Omega$  hoch setzt.

Diese besteht aus einem dünnen, leichten Metallbändchen - meistens aus Aluminium - das zwischen den Polen eines Permanentmagneten hängt. Die im Bändchen induzierte elektrische Spannung  $U$  ist der Geschwindigkeit  $v$  der Bändchenbewegung proportional; sie ist außerdem frequenzunabhängig, sofern das Bändchen masse gehemmt schwingt:

Die Kraft  $F$ , die das Bändchen bewegt, nimmt mit  $\omega$  zu. Die sich einstellende Geschwindigkeit  $v$  ist aber nur dann frequenzunabhängig, wenn man dafür sorgt, dass diese Kraft ausschließlich auf die Bändchenmasse  $m$  zur Wirkung kommt und dieselbe beschleunigt.

$$F = m \cdot \frac{dv}{dt} = j \omega m \cdot v, \text{ bzw. } v = \frac{F(\omega)}{j \omega m}$$

Der Einfluss der Kraft auf die Nachgiebigkeit und den Reibungswiderstand des Bändchensystems muss dabei vernachlässigbar klein bleiben. Man bezeichnet das als Massehemmung. Diese Bedingung ist oberhalb der Eigenresonanz  $\omega_0$  des Bändchensystems erfüllt. Bändchenmikrofone arbeiten daher stets tief abgestimmt; ihre Eigenresonanz liegt unterhalb der untersten noch zu übertragenden Signalfrequenz. Das Bändchen darf deswegen auch nicht zu straff gespannt sein.

Normalerweise werden beide Seiten des Mikrofonbändchens dem Schalldruck des Schallfeldes ausgesetzt, so dass die auf das Bändchen wirkende Kraft dem Druckgradienten proportional ist. Bändchenmikrofone werden infolgedessen oft auch als Druckgradientenempfänger bezeichnet.

Schließt man die Rückseite des Bändchenmikrofons nach hinten ab, so dass der Schalldruck des Schallfeldes nur von einer Seite auf das Bändchen wirkt, so erhält man einen Schalldruckempfänger. Bändchenmikrofone sind vom Magnetgewicht her schwerer und nicht so robust und stoßunempfindlich wie Tauchspulmikrofone.