

Musterlösung: 18. Juni 2014

1 Mikrofonübertragungsfunktionen

1) Was versteht man unter dem (Feld-)Übertragungsfaktor eines Mikrofons?

Lösung:

Der Übertragungsfaktor eines Mikrofons (engl. Sensitivity) ist das Verhältnis von ausgegebener Spannung zu anliegendem Schalldruck:

$$B = \frac{U}{p}$$

Die physikalische Einheit dieser Größe ist $\frac{mV}{Pa}$.

In Mikrofondatenblättern wird meistens eine Angabe folgender Art gemacht:

Sensitivity, nominal, ± 2 dB: 35 mV/Pa; -29 dB re. 1 V/Pa

In diesem Beispiel (B+K 4006, Kondensatormikrofon, Kugelrichtcharakteristik) wird zusätzlich ein Spannungspegel in Bezug auf 1V angegeben, was eine redundante Information darstellt.

2) Welche Komponenten haben einen Einfluss auf den Frequenzgang eines Mikrofons und in welcher Weise beeinflussen sie ihn?

Lösung:

1. Kapselkonstruktion

Druckempfänger weisen bei frontalem Schalleinfall einen konstanten Frequenzgang auf. Der Frequenzgang von Druckgradientenempfänger hingegen fällt zu tiefen Frequenzen hin stark ab.

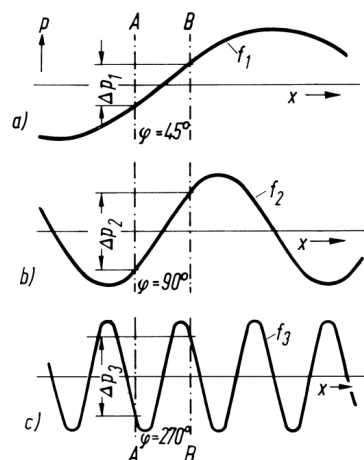


Abbildung 1: Schalldruckdifferenzen bei einem Druckgradientenempfänger

Ist die halbe Wellenlänge kleiner als die Wegdifferenz zwischen Vorder- und Rückseite der Membran, kommt es zu einem Kammfilter-Frequenzgang (siehe folgende Abbildung). Beispielsweise, bei 25mm Wegdifferenz, bekommt man: $f = \frac{c}{\lambda/2} = \frac{343m/s}{0.025m} = 13720Hz \rightarrow f_u = 6860Hz$. Ab dieser Frequenz treten Auslöschungen im Frequenzgang auf, wegen des 180 Grad Unterschiedes des Schalldruckes zwischen Vorder- und Rückseite der Membran. Die Auslöschungen treten auf für die Frequenz von $f = 13720 Hz$ und jedes Vielfache davon, also für jedes Vielfache von halbe Wellenlänge Abstand zwischen Vorder- und Rückseite.

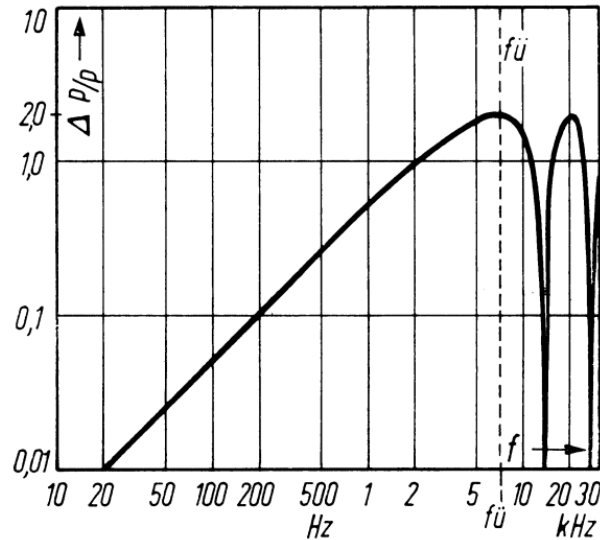


Abbildung 2: Frequenzgang eines Druckgradientenempfängers

2. Wandlungsprinzip

Man unterscheidet zwischen Auslenkungsempfängern (z. B. Kondensatormikrofone) und Schnellempfängern (z. B. elektrodynamische Mikrofone/Tauchspulenmikrofone). Im ebenen Schallfeld (also im Fernfeld einer Kugelquelle) ergibt sich bei konstantem Druck über alle Frequenzen eine konstante Schnelle ($Z_0 = \frac{p}{v} = \textit{konstant}$). Da die Auslenkung das Integral der Schnelle ist, ergibt sich ein Abfall mit $\frac{1}{j\omega}$ (man geht davon aus, dass die Auslenkung s und Schnelle v in einer harmonischen Schwingung betrachtet werden, also $s = \hat{s} \cdot e^{j\omega t}$):

$$v = \frac{d}{dt}s = j\omega\hat{s} \cdot e^{j\omega t} = j\omega s \rightarrow s = \frac{v}{j\omega}$$

3. Abstimmung

Durch die Lage der Resonanzfrequenz der Mikrofonmembran lässt sich der Frequenzgang ebenfalls beeinflussen. Man unterscheidet zwischen tief abgestimmten, mittenabgestimmten und hoch abgestimmten Membranen.

Die bauartbedingten Frequenzgänge ergeben sich wie folgt:

3) Welchen prinzipiellen Frequenzgang weist ein Mikrofon auf, das

1. auf den Schalldruck reagiert,
2. als Auslenkungsempfänger arbeitet
3. hoch abgestimmt ist?

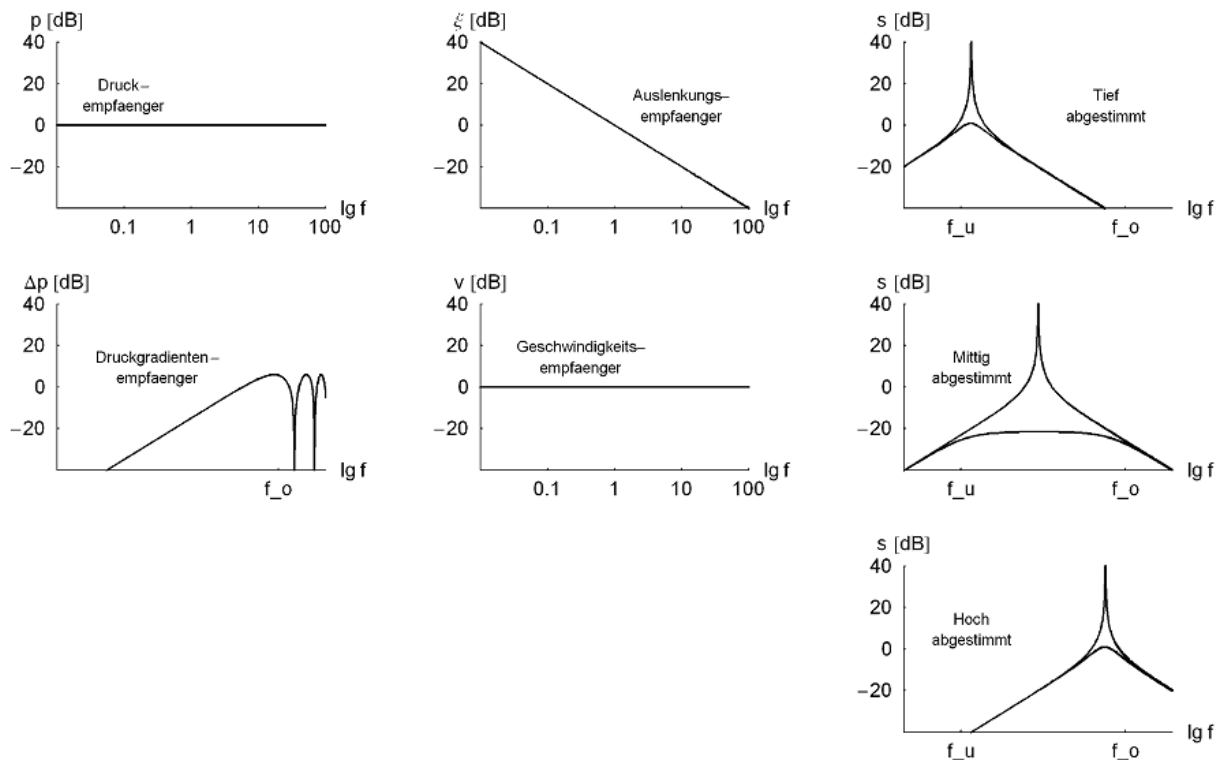


Abbildung 3: Prinzipielle Frequenzgänge von Mikrofonen

Lösung:

Der Frequenzgang des Mikrofons ergibt sich aus der Überlagerung der Frequenzgänge, die sich durch die einzelnen Komponenten ergeben. In diesem Fall also den Frequenzgang eines Druckempfängers (idealerweise über den gesamten Frequenzbereich konstant), eines Auslenkungsempfängers (Abnahme mit $1/\omega$, also 6 dB pro Oktave) und einer hohen Abstimmung (Zu- und Abnahme unterhalb und oberhalb der Grenzfrequenz mit 6 dB/Oktave).

Qualitativ ergibt sich demnach ein Frequenzgang, der bis zur Resonanzfrequenz der Membran konstant verläuft, da sich die Frequenzgänge, die sich durch den Auslenkungsempfänger und die hohe Abstimmung ergeben sich kompensieren. Oberhalb der Resonanzfrequenz fällt der Frequenzgang schliesslich mit 12 dB/Oktave ab.

4) Wodurch ist die obere Grenzfrequenz des Systems gegeben und wie lässt sie sich konstruktiv nach oben ausdehnen?

Lösung:

Die obere Grenzfrequenz ist durch die Resonanzfrequenz der Membran gegeben. Um diese Frequenz weiter nach oben zu verschieben, wäre es denkbar, die Membran stärker einzuspannen, bzw. die Masse der Membran zu verkleinern.