

Kommunikationstechnik I

Prof. Dr. Stefan Weinzierl

5. Aufgabenblatt

Richtcharakteristik von Mikrofonen

Die Gleichung für die ideale Richtcharakteristik von Mikrofonen lautet

$$s(\theta) = A + B \cos\theta$$

$s(\theta)$: Übertragungsfaktor

A: Druckanteil

B: Gradientenanteil

mit $A+B = 1$

1. Berechnen und plotten Sie die idealen Richtcharakteristiken „Kugel“, „Niere“ und „Superniere“ in Matlab.

Siehe Matlab-File „polardiagramm3d“.

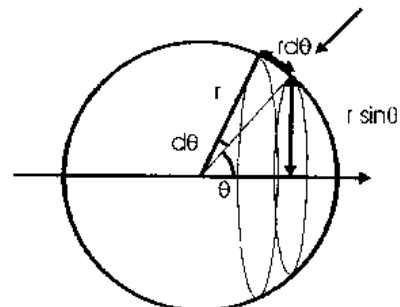
2. Als Bündelungsgrad γ bezeichnet man das Verhältnis der von einem idealen Kugelmikrofon aufgenommenen Leistung zu der von einem gerichteten Mikrofon mit gleichem Übertragungsfaktor aufgenommenen Leistung.

Als relativer Abstandsfaktor (Distance Factor DSF) bezeichnet man das Verhältnis des Abstandes, in dem ein gerichtetes Mikrofon weiter von einer Schallquelle im Raum positioniert werden kann als ein ideales Kugelmikrofon bei gleichem aufgenommenen Direkt-Diffus-Verhältnis.

Leiten Sie in Abhängigkeit der Größen A und B einen Ausdruck für den Bündelungsgrad des Mikrofons her.

Hinweis:

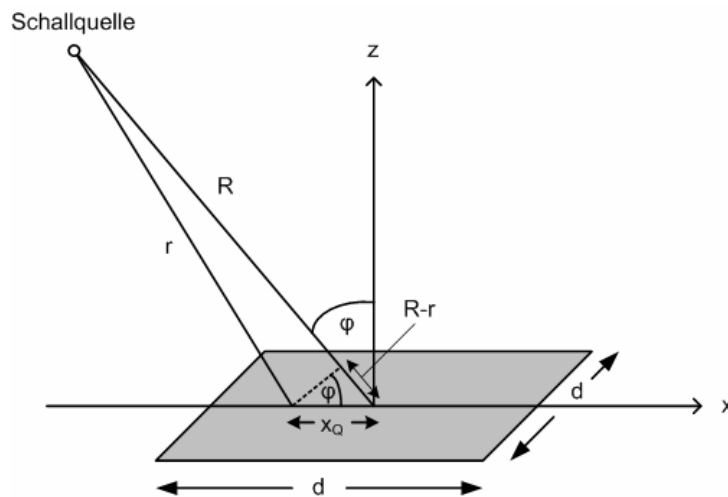
Das durch die Winkeländerung $d\theta$ gegebene Flächenelement auf einem Kreis mit dem Radius r hat die Fläche $dA = r d\theta 2\pi r \sin\theta$



3. Leiten Sie den allgemeinen Zusammenhang zwischen dem Bündelungsgrad γ und dem Distance Faktor ab und berechnen Sie den relativen Abstandsfaktor DSF für drei gängige Richtcharakteristiken (Breite Niere, Niere, Superniere) aus den Ergebnissen von 3. und einem idealisierten Verlauf von Direkt- und Diffusfeld im Raum.
4. Berechnen Sie die Richtcharakteristik eines Druckempfängers, die aufgrund des ortsabhängigen Schalldrucks auf der Membran entsteht.

Betrachten Sie dazu eine ebene Welle der Wellenzahl k , die im Winkel φ zur 0° -Einfallsrichtung (z -Richtung) auf eine quadratische Membran der Breite d (in x/y -Richtung) auftrifft. Plotten Sie als Ergebnis den richtungsabhängigen Übertragungsfaktor (als Pegel relativ zur 0° -Richtung) auf der x/z -Ebene als Polar-
diagramm für verschiedene Werte von $kd = \pi / 2\pi / 3\pi / 4\pi$.

Die Skizze der geometrischen Situation ergibt sich wie folgt:



Die Kraft, die der Druck p auf eine Fläche S ausübt, ist gegeben durch die Gleichung:

$$F = \int_S p \cdot dS$$

Dabei ergibt sich der Schalldruck entlang der x -Achse in Abhängigkeit des Einfallswinkels zu:

$$\begin{aligned} p &= p_0 \cdot e^{jk(R-r)} \\ &= p_0 \cdot e^{jkx \cdot \sin \varphi} \end{aligned}$$

Zur Berechnung der Kraft, die auf die Fläche S wirkt, bilden wir das Integral über die zwei Raumrichtungen x und y , wobei sich das Integral durch die Tatsache vereinfachen lässt, dass wir es mit einer ebenen Welle zu tun haben und sich der Druck somit in y -Richtung nicht ändert:

$$\begin{aligned}
F &= \int_S p \cdot dS \\
&= \int_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} \int_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} p_0 \cdot e^{jkx \sin \varphi} dx dy \\
&= d \cdot \int_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} p_0 \cdot e^{jkx \sin \varphi} dx \\
&= d \cdot p_0 \cdot \left[\frac{1}{jk \sin \varphi} e^{jkx \sin \varphi} \right]_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} \\
&= d \cdot p_0 \cdot \frac{1}{jk \sin \varphi} \left(e^{jk \frac{d}{2} \sin \varphi} - e^{-jk \frac{d}{2} \sin \varphi} \right) \\
&= d \cdot p_0 \cdot \frac{2j \sin \left(\frac{kd}{2} \sin \varphi \right)}{jk \sin \varphi}, \quad \text{mit } e^{j\alpha} - e^{-j\alpha} = 2j \sin \alpha \\
&= d^2 \cdot p_0 \cdot \frac{\sin \left(\frac{kd}{2} \sin \varphi \right)}{\frac{kd}{2} \sin \varphi} \\
&= d^2 \cdot p_0 \cdot \text{si} \left(\frac{kd}{2} \sin \varphi \right) \quad \left(\text{zur Erinnerung : } \text{si}(x) = \frac{\sin(x)}{x} \right)
\end{aligned}$$

Zur Berechnung der Polardiagramme:
Siehe Matlab-File „Aufgabe4.m“