Der Nahbesprechungseffekt - Ein Entwurf

von Martin Litauer

UdK Berlin
Sengpiel
03.2007
Tutorium

Der Nahbesprechungseffekt ist ein Effekt, der in der Nähe der Schallquelle auftritt und sich bei Richtmikrofonen (Druckgradientenempfängern) als Bassanhebung bemerkbar macht. Eine etwaige auditive Wahrnehmung einer Bassanhebung bei der Annäherung an eine Schallquelle mit dem Ohr ist ein psychoakustischer Effekt und hat mit dem hier besprochenen Nahbesprechungseffekt nichts zu tun.

Zur Erklärung der physikalischen Zusammenhänge des Nahbesprechungseffekts kursieren drei Ansätze in der Fachliteratur. Bei allen dreien tauchen gewisse Schwierigkeiten auf:

1) "Schnelleansatz":

Druckgradientenempfänger werden häufig auch als Schnelleempfänger bezeichnet. Es ist bekannt, dass die Schnelle im Gegensatz zum Druck im Nahfeld eine andere Ortsabhängigkeit ($1/r^2$) als im Fernfeld ($1/r$) hat. Das Nahfeld ist frequenzabhängig, d. h. bei Annäherung an die Schallquelle befindet man sich schneller für tiefe Frequenzen im Nahfeld als für hohe. Somit kommt eine Überbetonung der Tiefen zustande.

Problem: Druckgradientenempfänger sind keine Schnelleempfänger!

2) "Krümmung der Kugelwelle":

Die Krümmung einer Wellenfront einer Kugelwelle 0. Ordnung ist umso größer, je näher man sich an der Schallquelle befindet. Diese Tatsache wird als Argument verwendet, dass sich der durch die unterschiedliche Phasenlage ohnehin vorhandene Druckgradient durch die Krümmung der Kugelwelle verstärkt.

Problem: Diese Krümmung ist frequenzunabhängig, bewirkt also keine Bassanhebung.

3) "Relevanz des $1/r$-Gesetzes":

Ebenso wie bei 2 wird hier mit einer Überlagerung des ohnehin vorhandenen phasenabhängigen

Druckgradienten argumentiert. Allerdings hier mit der Tatsache, dass das $1/r$-Gesetz implizit besagt, dass die absoluten Abstände zwischen zwei Punkten in der Nähe der Schallquelle einen größeren Druckunterschied bewirken als weiter von ihr entfernt. Anders ausgedrückt: das $1/r$-Gesetz wird in der Nähe der Schallquelle relevanter.

Problem: Das $1/r$-Gesetz ist ebenfalls frequenzunabhängig.

Alle drei Ansätze stiften wohl mehr Verwirrung als dass sie helfen, die Thematik aufzuklären. In diesem Fall ist es besser, anschauliche Erklärungen außen vor zu lassen und anhand von Formeln zu argumentieren.

Interessant ist, dass Erklärungsansatz 1 die einzige frequenzabhängige Komponente beinhaltet.

Die Schnelle nimmt mit $1/r^2$ im Nahfeld ab und könnte eine schlüssige Erklärung für den Effekt darstellen, nur "reagiert" das Mikrofon ja nicht auf die Schnelle. Fest steht allerdings, dass der Effekt bei Druckgradientenempfängern auftritt.

Die Frage ist also, wie verhält sich der Druckgradient im Nahfeld?

Der Einfachheit halber betrachtet man (wie üblich) eine Kugelwelle 0. Ordnung. Ziel ist also, das "Verhalten" des Druckgradienten einer Kugelwelle zu erfassen. Dieses soll im Folgenden geschehen.

Der Schalldruck (Wechseldruck) p einer Kugelwelle 0. Ordnung hat die Form:

$$p(r,t) = \frac{A}{r} e^{j(\omega t - kr)}$$

mit p Schalldruck
r Radius
A Konstante
k Kreiswellenzahl $k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$

Bei einer Kugelwelle hat p keine Winkelabhängigkeit, damit gilt für den Druckgradienten in Kugelkoordinaten:

$$\begin{aligned}
\nabla\, p &= \frac{dp}{dr} \\
&= \frac{d}{r}\left(\frac{A}{r} e^{j(\omega t - kt)}\right) \\
&= A e^{j\omega t} \frac{d}{dr}\left(\frac{1}{r} e^{-j\omega r}\right) \\
&= A e^{j\omega t}\left(-\frac{1}{r^2} e^{-jkr} - \frac{jk}{r} e^{-jkr}\right) \\
&= -\frac{A}{r}\left(\frac{1}{r} + jk\right) e^{j(\omega t - kr)}
\end{aligned}$$

Im Fernfeld gilt: $\frac{1}{r} \ll k$; und damit: $\nabla\, p \sim \frac{1}{r}$ Im Nahfeld gilt: $\frac{1}{r} \gg k$; und damit: $\nabla\, p \sim \frac{1}{r^2}$

Demnach haben Druckgradient und Schnelle überall die gleiche Ortsabhängigkeit.

Fazit: Da der Druckgradient im Nahfeld im Gegensatz zum Fernfeld umgekehrt proportional zu r^2 ist und das Nahfeld bei tiefen Frequenzen größer ist als bei hohen, macht sich der Nahbesprechungseffekt als Bassanhebung bemerkbar.