Der Nahbesprechungseffekt

von Martin Litauer

UdK Berlin
Sengpiel
06.2008
Tutorium

Der Nahbesprechungseffekt ist ein Effekt, der in der Nähe der Schallquelle auftritt und sich bei Druckgradientenempfängern als Bassanhebung bemerkbar macht. In der Fachliteratur gibt es verschiedene anschauliche Erklärungsversuche, die im Grunde alle korrekt sind, aber immer wieder Verwirrung stiften.

Um den Nahbesprechungseffekt erklären zu können, kann man alle diese Erklärungsversuche außer Acht lassen. Zu untersuchen ist lediglich die Ortsabhängigkeit des Druckgradienten, denn der Effekt tritt ausschließlich bei Druckgradientenempfängern in Abhängigkeit zur Entfernung des Mikrofons von der Schallquelle auf. Deshalb zunächst ein bisschen Mathematik:

Der Einfachheit halber betrachtet man eine Kugelwelle 0. Ordnung ("atmende Kugel"). Der Schalldruck (Wechseldruck) p einer Kugelwelle 0. Ordnung ist eine Funktion von Zeit (t) und Radius (r) und hat die Form:

$p(r,t) = \frac{A}{r} e^{j(\omega t - kr)}$ mit ω: Kreisfrequenz, A: Konstante, k: Kreiswellenzahl $\left(k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}\right)$

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

$$\nabla p = \frac{dp}{dr}$$

$$\Rightarrow \quad \nabla p = \frac{d}{dr}\left(\frac{A}{r} e^{j(\omega t - kr)}\right)$$

$$\Rightarrow \quad \nabla p = A e^{j\omega t} \frac{d}{dr}\left(\frac{1}{r} e^{-jkr}\right) \qquad \text{(denn } e^{a+b} = e^a e^b \text{ und } A e^{j\omega t} \text{ nicht abhängig von } r\text{)}$$

$$\Rightarrow \quad \nabla p = A e^{j\omega t}\left(-\frac{1}{r^2} e^{-jkr} - \frac{jk}{r} e^{-jkr}\right) \qquad \text{(denn } (x^{-1})' = -x^{-2}, (e^{ax})' = a e^{x} \text{ und Produktregel)}$$

$$\Rightarrow \quad \nabla p = -\frac{A}{r}\left(\frac{1}{r} + jk\right) e^{j(\omega t - kr)}$$

Im Fernfeld gilt: $\frac{1}{r} \ll k$ oder auch $r \gg \frac{1}{k} = \frac{\lambda}{2\pi}$. Der Faktor $(\frac{1}{r} + jk)$ vereinfacht sich zu jk, da $\frac{1}{r}$ nicht mehr ins Gewicht fällt. Damit gilt: $\nabla p \sim \frac{1}{r}$

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

Also: **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.**

Damit wäre alles hinreichend hergeleitet. Auffällig ist jedoch die Übereinstimmung mit dem interessantesten Erklärungsversuch in der Fachliteratur: Die Schallschnelle nimmt ebenfalls im Nahfeld mit $1/r^2$ und im Fernfeld mit $1/r$ ab. Druckgradientenempfänger werden oft als Schnelleempfänger bezeichnet, womit der Nahbesprechungseffekt erklärt wäre. Wieso wird dieses aber immer wieder gleich gesetzt, obwohl Druckgradient und Schnelle nicht das Gleiche sind?

Nach der "Euler-Gleichung" gilt: $\frac{dp}{dr} \sim \frac{dv}{dt}$. Der Druckgradient ist also proportional zur Schallbeschleunigung. Die Schnelle hat aber in unserem Ansatz einer "atmenden Kugel" ebenfalls eine harmonische Zeitabhängigkeit der Form $e^{j\omega t}$. Wie oben schon gezeigt, bewirkt die Ableitung (in diesem Fall nach t) nur einen Faktor $j\omega$. Die Ortsabhängigkeit der Schallschnelle ist also bis auf diesen Faktor die Gleiche wie die der Schallbeschleunigung und damit ebenfalls proportional zum Druckgradienten. Somit kann man tatsächlich **hinsichtlich der Ortsabhängigkeit** Druckgradientenempfänger etwas "lapidar" auch als Schnelleempfänger bezeichnen.