

## MÖGLICHKEITEN ZUR VERBESSERUNG DES SIGNAL-STÖRVERHÄLTNISSSES DURCH GERICHTETE SCHALLAUFNAHME

Thomas Beckenbauer

Institut für Elektroakustik, Technische Universität München

In vielen alltäglichen Situationen wird die Wahrnehmung von Sprache durch gleichzeitig vorhandene Störgeräusche beeinträchtigt. Als charakteristische Größe für die Beschreibung des Schallintensitätsverhältnisses von Nutz- zu Störschall wird oft der Signal-/Rauschabstand in dB herangezogen. In den meisten Fällen kann man davon ausgehen, daß das Nutzsignal, beispielsweise Sprache, bezüglich des Abhörortes aus einer bestimmten Richtung einfällt, wogegen die Störgeräusche aus allen Richtungen eintreffen. Unter dieser Voraussetzung läßt sich der Signal-/Rauschabstand mit Hilfe gerichteter Schallaufnahme verbessern. Zu diesem Zweck stehen zum Beispiel in der Studiotchnik Richtmikrofone in Form von Rohrschlitzmikrofonen zur Verfügung, deren Abmessungen in der Größenordnung von einem Meter liegen.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, für den Sprachfrequenzbereich von 100 Hz bis 6 kHz eine Mikrofonanordnung zu finden, die bei kleinen Abmessungen in dem genannten Frequenzbereich sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung eine ausgeprägte Richtwirkung aufweist.

Ausgangspunkt der Überlegungen war die Tatsache, daß die Richtwirkung einer bestimmten Mikrofonanordnung durch Überlagerung eines weiteren Systems mit Richtwirkung erheblich gesteigert werden kann. Der resultierende Richtungsfaktor ist dann gleich dem Produkt der Richtungs faktoren der Einzelsysteme /1/. Dieser Effekt wurde bei der vorliegenden Richtmikrofonanordnung ausgenützt.

Als Schallempfänger werden Mikrofone mit Kardloid-Charakteristik verwendet. Eine solche Richtcharakteristik läßt sich bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen des Mikrofon realisieren und besitzt - zumindest theoretisch - den Vorteil der Frequenzunabhängigkeit. Weist die Kardloid-Richtcharakteristik Nullstellen bei 110° und 250° gegenüber der Richtung größter Empfindlichkeit auf, spricht man von Hypernieren-Charakteristik. Für die Anordnung von zwei Hypernieren-Richtmikrofonen nebeneinander auf einer geraden Linie ergibt sich eine zusätzliche Richtwirkung. In Abb.1 sind die berechneten Frequenzgänge der Bündelungsmaße sowohl für ein Mikrofon mit Hypernieren-Charakteristik (gestrichelt) als auch für die Anordnung zweier Mikrofone mit Kugelcharakteristik auf einer geraden Linie (punktliert) dargestellt. Der dritte Frequenzgang (durchgezogene Linie) beschreibt die Linienanordnung, bei der die beiden Kugelmikrofone durch Hypernieren-Richtmikrofone ersetzt wurden. Auf der Abszisse ist das Verhältnis der Frequenz  $f$  zur

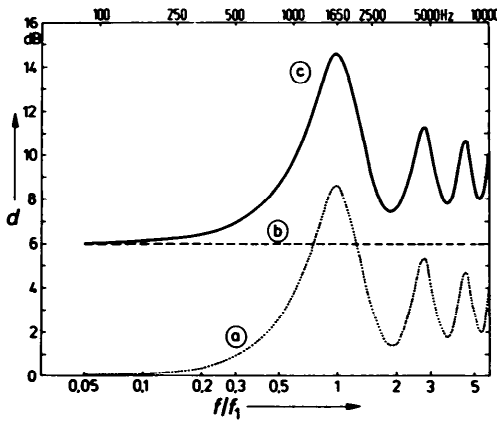


Abb.1: Frequenzgang der Bündelungsmaße verschiedener Mikrofon-Anordnungen: (a) zwei Kugelmikrofone auf gerader Linie im Abstand  $\Delta x$ , (b) Hypernieren-Richtmikrofon und (c) zwei Hypernieren-Richtmikrofone auf horizontaler Linie im Abstand  $\Delta x$ . Die Frequenz  $f_1$  kennzeichnet das erste Maximum der Linienanordnung zweier Mikrofone.

Frequenz  $f_1$  des ersten Maximums der Linienanordnung in einem logarithmischen Maßstab aufgetragen. Das Bündelungsmaß des Hypernieren-Mikrofons beträgt frequenzunabhängig 6 dB. Für die Linienanordnung zweier Kugelmikrofone ergibt sich für tiefe Frequenzen ein Bündelungsmaß von 0 dB, die Anordnung verhält sich demnach wie ein einziges Kugelmikrofon. Nach höheren Frequenzen steigt das Bündelungsmaß jedoch an und erreicht bei der Frequenz  $f_1$  ein erstes Maximum. Bei noch höheren Frequenzen werden abwechselnd weitere Maxima und Minima durchlaufen. Der Wert für die Frequenz  $f_1$  hängt vom Abstand  $\Delta x$  der beiden Mikrofone ab. Für einen Abstand von  $\Delta x = 12$  cm sind am oberen Rand der Abbildung einige Frequenzwerte angegeben. Das Bündelungsmaß für die Linienanordnung zweier Hypernieren-Mikrofone ergibt sich als Summe der Bündelungsmaße der Einzelcharakteristiken.

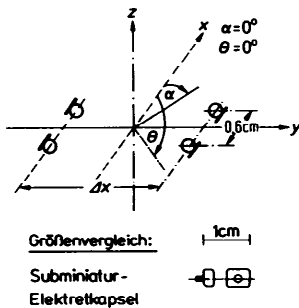


Abb.2: Schematischer Aufbau der Gesamtanordnung bestehend aus vier Einzelmikrofonen mit Kugelcharakteristik. Für die verwendeten Subminiatur-Elektretkapseln ist ein Größenvergleich angegeben.

Die Qualität der Richtwirkung der Gesamtanordnung hängt entscheidend von der Qualität der Richtwirkung der einzelnen Mikrofone mit Hypernieren-Richtcharakteristik ab. Aus diesem Grund wurde bei der Realisierung der Gesamtanordnung nicht auf handelsübliche Hypernieren-Richtmikrofone, die auch mit kleinen Abmessungen erhältlich sind, zurückgegriffen, sondern es wurde ein eigenes Miniatur-Richtmikrofon realisiert. Es setzt sich aus zwei Subminiatur-Elektretkapseln mit Kugelcharakteristik zusammen. Der Aufbau der Gesamtanordnung ist schematisch in Abb.2 dargestellt. Die beiden Mikrofonpaare sind auf einer geraden Linie im Abstand  $\Delta x$  angebracht. Zunächst werden die Ausgangssignale der beiden Mikrofone für jedes Mikrofonpaar gegenphasig überlagert. Die Richtwirkung eines Mikrofonpaares stimmt dann mit derjenigen eines Dipolempfängers überein. Zusätzlich wird diesem Differenzsignal eines der beiden Mikrofonausgangssignale nach geeigneter frequenzabhängiger Phasendrehung und Gewichtung der Amplitude überlagert. Je nachdem mit welchem Gewicht dieses dritte Signal überlagert wird, ergeben sich im Richtdiagramm eine oder zwei Nullstellen /2/. Liegen die beiden Nullstellen im Horizontalrichtdiagramm bei den Winkeln  $\alpha = 110^\circ$  und  $\alpha = 250^\circ$  gegenüber der Richtung größter Empfindlichkeit ( $\alpha = 0^\circ$ ), erhält man die gewünschte Hypernieren-Charakteristik, welche für die vorliegenden Richtmikrofone eingestellt wurde. Mit dieser Richtcharakteristik erreicht man einen guten Kompromiß zwischen dem Wert der Rückdämpfung und den Dämpfungswerten für die Richtungen  $\alpha = 90^\circ$  und  $\alpha = 270^\circ$  (Seitendämpfung). Die berechnete Rückdämpfung beträgt 6 dB, die Seitendämpfung jeweils 12 dB. In Abb.3 ist die gemessene Richtcharakteristik einer der beiden Hypernieren-Richtmikrofonanordnungen zu sehen. Wie berechnet, beträgt die Seitendämpfung bei  $\alpha = 90^\circ$  und  $\alpha = 270^\circ$  für alle Frequenzen etwa 12 dB. Für die Rückdämpfung ergeben sich Werte von etwa 10 dB.

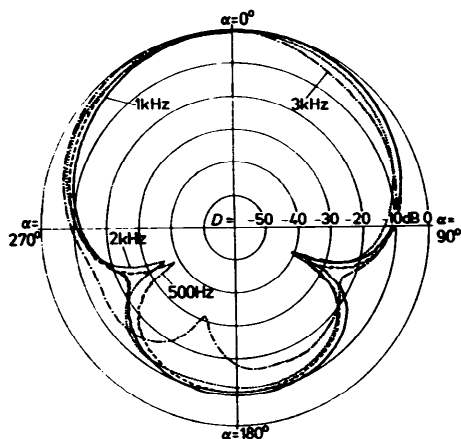


Abb.3: Horizontal-Richtcharakteristik eines Hypernieren-Richtmikrofons für verschiedene Frequenzen:  $f = 500$  Hz (---),  $1$  kHz (—),  $2$  kHz (.....) und  $3$  kHz (-·-·-).

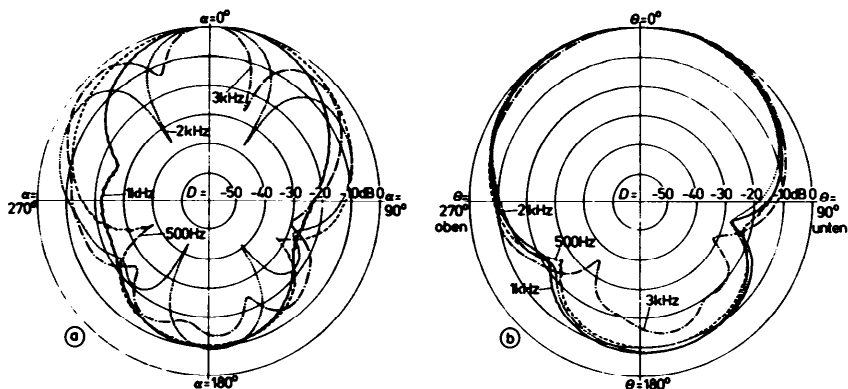


Abb.4: (a) Horizontal-Richtcharakteristik und (b) Vertikal-Richtcharakteristik der Gesamtanordnung ( $\Delta x = 12$  cm) bei verschiedenen Frequenzen:  $f = 500$  Hz (---), 1 kHz (—), 2 kHz (.....) und 3 kHz (-.-.-).

Die Abbildungen 4a und 4b zeigen das aus der Anordnung zweier Hypernieren-Richtmikrofonanordnungen auf einer horizontalen Linie im Abstand von  $\Delta x = 12$  cm resultierende Horizontal- und Vertikalrichtdiagramm. Im Vertikalrichtdiagramm in Abb.4b spiegelt sich im wesentlichen die Richtcharakteristik der einzelnen Richtmikrofonanordnungen wider, so daß für die zur Mikrofonenebene senkrecht stehenden Richtungen ( $\theta = 90^\circ$  und  $\theta = 270^\circ$ ) ein Dämpfungswert von im Mittel 12 dB angegeben werden kann. Die Rückdämpfung beträgt wiederum 10 dB. Im Horizontalrichtdiagramm in Abb.4a wird die Wirkung der Linienanordnung sichtbar. Für die Richtungen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  bleiben die Richtcharakteristiken der einzelnen Mikrofonpaare unbeeinflusst, wohingegen für die dazwischenliegenden Richtungen frequenzabhängige Einschnürungen in der Richtcharakteristik auftreten. Betrug die Seitendämpfung bei  $\alpha = 90^\circ$  und  $\alpha = 270^\circ$  für die jeweilige Hypernieren-Richtcharakteristik 12 dB für die Frequenz  $f = 1$  kHz, wächst sie bei der Linienanordnung auf Werte von 22 dB an. Bei höheren Frequenzen wird die Seitendämpfung wieder geringer, gleichzeitig treten jedoch mehr und mehr zusätzliche Minima in der Richtcharakteristik auf. Diese Effekte führen zu einer Erhöhung des Bündelungsmaßes gegenüber dem Mikrofonpaar mit Hypernieren-Richtcharakteristik. Bei Anwendung der hier beschriebenen Richtmikrofonanordnung in lärmgefüllter Umgebung kann auf diese Art und Weise der Signal-/Störabstand erheblich verbessert werden, wenn der Störschall diffus und der Nutzschall gerichtet einfällt.

- /1/ Meyer, E. und Neumann, E.G. (1974): Physikalische und Technische Akustik, Vieweg Verlag, Braunschweig  
 /2/ Zwicker, E. und Zollner, M. (1984): Elektroakustik, Hochschultext, Springer Verlag, Berlin