

Richtmikrofontechnologien der Zukunft

Richtmikrofonsysteme sind immer noch die einzigen Systeme, um das Signal/Störschallverhältnis (SNR) zu verbessern (*Hawkins & Yacullo 1984, Dillon & Macrae 1984*). Selbst die ausgeklügeltsten Signalverarbeitungsstrategien können genau genommen das SNR nicht verbessern. Aus diesem Grund kommen Richtmikrofonsysteme auf breiter Front zum Einsatz. Es gibt heute im Wesentlichen zwei verschiedene Realisierungen. Es sind die seit langem bekannten Druckgradientenmikrofone sowie die dualen Mikrofonsysteme. Eines haben beide Mikrofonsysteme gemeinsam, eine Richtcharakteristik erster Ordnung. Hier herrscht oftmals ein weitverbreiteter Irrtum. Mit solchen Richtcharakteristiken kann man nicht »gezielt hinhören«, sondern eigentlich nur »gezielt weghören«.

Sich diesen Sachverhalt klar zu machen, ist immens wichtig für das Beratungsgespräch. Es ist nicht ausreichend, sich einem Sprecher in Störschallsituationen zuzuwenden, sondern viel wichtiger ist es, sich mit einem solchen System so zu platzieren, dass sich die stärkste Störquelle auf der Position der Polstelle im Polardiagramm befindet, also hinten bzw. seitlich hinten. Wie aus dem Polardiagramm ersichtlich, kann das System nur dann seine Leistungsfähigkeit voll ausspielen, wenn das Nutzsignal von vorn kommt, der Störschall aber von hinten. Ein häufig zu beobachtender Fehler: Im Restaurant sitzt der Höreräteträger mit dem Rücken an der Wand. Sein Gesprächspartner sitzt ihm gegenüber. Am Hörerät treffen nun Störschall und Nutzschall von vorn auf das Mikrofonsystem. In dieser Konstellation bringt ein Richtmikrofonsystem kaum Vorteile (nur Reflektionen werden etwas reduziert). Sitzt der Höreräteträger mit dem Rücken zum Restaurant und mit dem Gesicht zu seinem Gesprächspartner, dann kann ein Richtmikrofonsystem seine ganze Stärke ausspielen. Die Funktion von Richtmikrofonsystemen hängt also auch wesentlich von Verhalten des Höreräteträgers ab, das wird dem Höreräteträger in der Praxis nur selten vermittelt.

Die verschiedenen Hersteller bieten adaptive und/oder dynamisch arbeitende Richtmikrofonsysteme an. Adaptive Systeme adaptieren die Richtcharakteristik (die Lage der Polstellen) automatisch an die Lage der Störquelle. Der Richtwirkungsindex ist dann aber nicht immer der maximal mögliche. Dynamische Systeme hingegen schalten bei entsprechenden Störschallsituationen in eine fest definierte Richtcharakteristik. Diese wiederum ist auf den höchsten Richt-

wirkungsindex (DI) eingestellt. Hierbei ergibt sich eine hyperkardioidale Richtcharakteristik. Bei adaptiven Systemen wird die Lage der Polstellen durch die Beeinflussung der Signallaufzeiten des Mikrofonsystems gesteuert. Die Adaption an sich bewegende Störquellen funktioniert gut, solange man sich in einem freien Schallfeld befindet. In diffusen Schallfeldern, die die Regel darstellen, sind Freifeldbedingungen nur innerhalb des Hallabstandes anzutreffen. Starkey hat sich aus zwei Gründen für ein dynamisches Richtmikrofonsystem entschieden.

Der erste Grund:

In realen Räumen anzutreffende Hallabstände sind kaum größer als 70–80 cm, nur innerhalb dieses Abstandes würden adaptive Systeme Vorteile bringen.

Der zweite Grund:

Der größere Richtwirkungsindex führt in diffusen Schallfeldern zu einer größeren Reduktion der Reflektionen (und von direktem Störschall) aus der hinteren Hemisphäre. Der DI liegt bei dynamischen Systemen im Durchschnitt um

etwa 1 dB höher als bei adaptiven Systemen. 1 dB besseres SNR hingegen kann – abhängig von der Steigung der Diskriminationsfunktion – bis zu 10 Prozent Gewinn in der Sprachverständlichkeit bewirken.

Bei Richtmikrofonsystemen müssen die Mikrofoncharakteristiken, insbesondere die Empfindlichkeit und die interne Laufzeit genau aufeinander abgestimmt sein. Ist das nicht der Fall, dann verschlechtert sich der Richtwirkungsindex dramatisch, ein »Mis-match« der Mikrofonempfindlichkeit von 1 dB kann schon zu einer Reduzierung des Richtwirkungsindex von 2–3 dB führen. Dieses rührt daher, dass im Falle der Beschallung von der Rückseite zwei nahezu gleiche Signale voneinander subtrahiert werden. Ebenso kritisch ist die Übereinstimmung der internen Laufzeiten, insbesondere wenn man bedenkt, dass die internen Laufzeiten Frequenzabhängigkeiten aufweisen. In der Regel differieren die internen Laufzeiten der Mikrofone im unteren Frequenzbereich. Wenn dieses nicht berücksichtigt wird, dann kann es sein, dass ein Mikrofonsystem im unteren Frequenzbereich von hinten

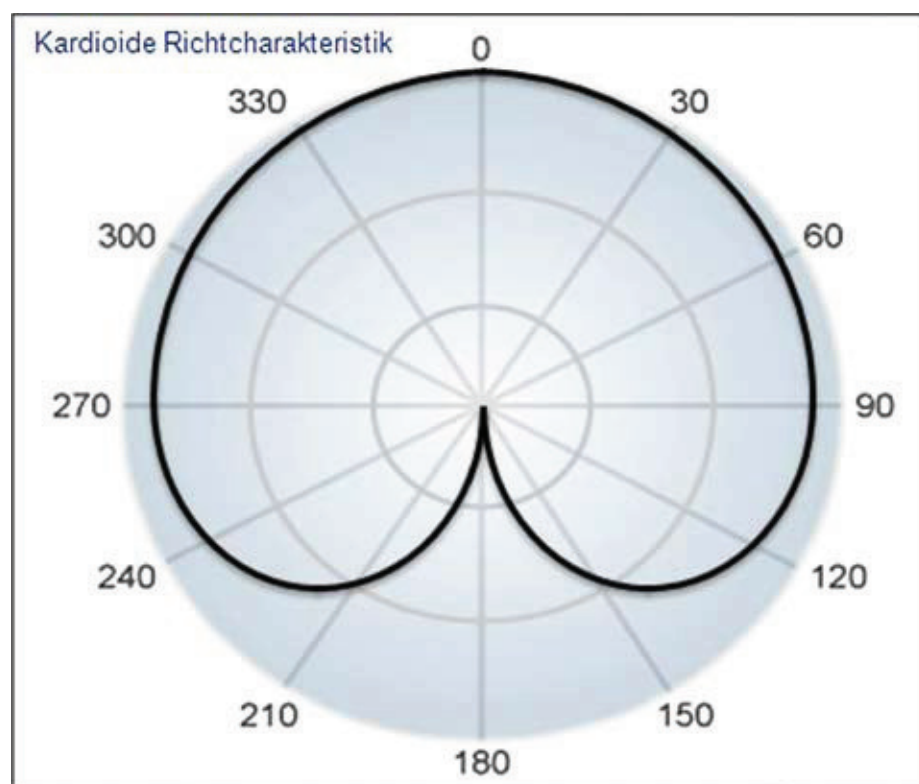
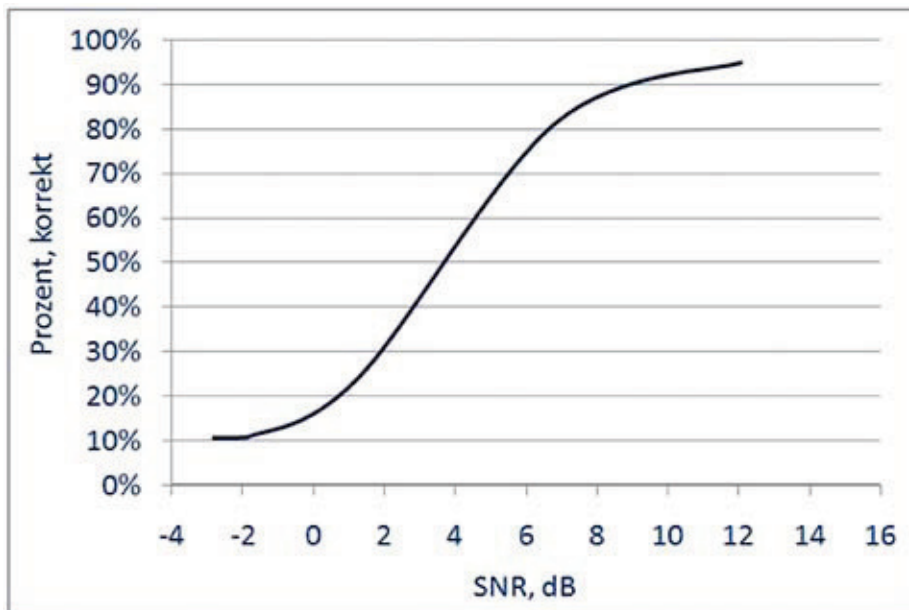


Abb. 1: Kardioidale Richtcharakteristik



(Abbildungen: Starkey)

Abb. 2: Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit vom Signal/Rauschabstand
In realen Hörumgebungen bieten dynamische Richtmikrofonsysteme den größeren Nutzen.

besser überträgt als von vorne (früher ist das im Reparaturfall häufiger vorgekommen, wenn z. B. nur ein Mikrofon gewechselt wurde, da nur eines defekt war, deswegen ist i. d. R. immer das Mikrofonpaar zu erneuern). Besonders kritisch können diese Sachverhalte werden, wenn man die Driften der Mikrofone aufgrund von Alterung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit einbezieht. Die Verhältnisse werden umso kritischer, je dichter die Mikrofone beieinanderliegen.

Die Konstrukteure von Richtmikrofonsystemen kennen diese Problematiken sehr genau und berücksichtigen diese auch bei der Entwicklung der Systeme. Die Digitaltechnik erlaubt es heute, raffinierte Strategien zu realisieren, um diese Effekte zu minimieren und so weit wie möglich zu reduzieren, genannt sei hier nur z. B. der Abgleich der Mikrofone zueinander durch das automatische Justieren der AD-Wandler, welche jedem Mikrofon nachgeschaltet sind.

Eine Richtwirkung höherer Ordnung zu erreichen, was nur durch den Einsatz weiterer Mikrofone möglich ist, ist unter Berücksichtigung der Toleranzproblematik aus Kostengründen kaum realisierbar. Man benötigt dazu nicht nur zwei Mikrofone, die genau zueinander passen müssen, sondern jeweils drei oder mehr Mikrofone, die in ihren Kennwerten übereinstimmen, das ist bei einer Serienfertigung kaum zu realisieren. Ein Ausweg aus dieser Misere ist der Einsatz von Mikrofonen, bei denen sich die Toleranzen im

Fertigungsprozess relativ genau steuern lassen. Dieses ist bei den sogenannten MEM-Mikrofonen (Micro-Electro-Mechanical) wesentlich besser machbar als bei den geläufigen Elektretmikrofonen. Bei den so genannten MEMs wird das Mikrofon direkt auf dem Silizium realisiert. Diese Realisierung erlaubt es Mikrofone herzustellen, die besonders enge Toleranzen aufweisen. Mit solchen Mikrofonen scheinen Richtcharakteristiken höherer Ordnung in greifbare Nähe zu rücken.

Die Konstrukteure müssen lediglich ein weiteres Mikrofon in dem Gehäuse unterbringen und auf den Verstärker einen weiteren AD-Wandler integrieren. Systeme mit einem Richtwirkungsindex weit jenseits von 6 dB können so verwirklicht werden, das »gezielte Hinhören« ist damit möglich.

Ein Problem wird jedoch größer: Je höher die Ordnung eines Richtsystems wird, umso mehr rauscht das System. Schon bei heutigen Systemen erster Ordnung werden Vorkehrungen getroffen, um in ruhigen Umgebungen das Eigenrauschen zu minimieren. Fast jedes System lässt sich heute manuell oder automatisch in ruhigen Umgebungen auf omnidirektionalen Betrieb schalten, um in diesen Situationen (ohne Störschall) das SNR so hoch wie möglich zu halten. Das erhöhte Rauschen des Mikrofonsystems im direktionalen Betrieb rührt daher, dass das Eigenrauschen der einzelnen Mikrofone zum Teil



Dipl.-Ing. Gerd Bannert ist
Leiter der Audiologie bei Starkey

addiert wird (Rauschen ist ein stochastisches Signal), die Signale selbst aber voneinander subtrahiert werden. Das SNR wird hierdurch schlechter, was in lauten Störschallsituationen wenig kritisch ist, da das Mikrofonrauschen vom Störgeräusch überlagert wird. In ruhigen Situationen kann der erhöhte Rauschpegel aber, je nach Hörverlust, schon störend sein. Aber auch für dieses Problem werden die Entwicklungsingenieure eine Lösung finden. Richtmikrofonsysteme höherer Ordnung bieten aus heutiger Sicht den einzigen Weg, um das SNR und damit das Sprachverstehen in Situationen mit Störgeräusch deutlich zu erhöhen. Mit den sogenannten MEM-Mikrofonen sind solche Systeme zu einem akzeptablen Preis denkbar.

Es bleibt spannend, denn die Richtmikrofontechnik wird Vorteile bieten, die bei heutiger Prozessortechnik durch keine Signalverarbeitungsstrategie realisierbar sind.

Gerd Bannert

Literatur

- Hawkins DB, Yacullo WS. Signal-to-noise ratio advantage of binaural hearing aids and directional microphones under different levels of reverberation. *J Speech Hear Disorders*. 1984;49,278-286
- Dillon H, Macrae J. Derivation of Design Specifications for Hearing Aids. National Acoustics Laboratories Report Number 102. Canberra, Australia: Australian Government Publishing Service; 1984.