

# Elektronik für besseres Hören : Unterdrückung von akustischen Hintergrundgeräuschen

Autor(en): **Knecht, Wolfgang**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **90 (1999)**

Heft 3

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-901910>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Elektronik für besseres Hören

## Unterdrückung von akustischen Hintergrundgeräuschen

Eines der Hauptprobleme von Hörgeschädigten ist das Verstehen von Sprache in Umgebungen mit Lärm im Hintergrund. Dieser Artikel beleuchtet heutige und zukünftige Möglichkeiten der Störgeräuschunterdrückung, die das Hörgerät zum modernen Verstehgerät machen.

Aus Sicht der Schwerhörigen gehört das Verstehen von Sprache in Situationen mit Hintergrundgeräuschen oder in halligen Räumen zu den schwierigsten Hörproblemen. Je nach Art der Störsignale und Grad der Hörschädigung benötigen diese Patienten ein zwischen 2 dB und 16 dB höheres Signal-Rausch-Verhältnis, um den gleichen Prozentsatz von Worten zu verstehen wie Normalhörende. Hörhilfen können bereits in einem gewissen Masse Abhilfe schaffen. Umfragen zeigen aber, dass das schlechte Verstehen in Umgebungen mit Lärm auch weiterhin einer der Hauptkritikpunkte der Hörgeräteebenutzer bleibt [1]. In jüngster Zeit haben sich Systeme mit zwei oder mehr Mikrofonen zur Bildung einer räumlichen Richtwirkung durchgesetzt. Diese zeigen die grössten Erfolge bei der Verbesserung der Sprachverständlichkeit im Störlärm [2,4]. Die meisten Hörgerätehersteller bieten daher heute Geräte mit zwei Mikrofonen an.

Im folgenden wird beleuchtet, wie man Nutz- und Störsignale grundsätzlich voneinander trennen kann. Anschliessend werden Methoden mit einem und mehreren Mikrofonen betrachtet. Ein theoretischer Ansatz ergänzt den experimentellen Befund, dass Systeme mit mehreren Mikrofonen erfolgreicher als Systeme mit

nur einem Mikrofon sind. Am Ende wird ausserdem kurz auf FM-(Frequenz-Modulation)Übertragungssysteme eingegangen.

### Trennen von Nutz- und Störsignal

Zur Trennung von Nutzsignal und Hintergrundgeräusch kann man die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften dieser beiden Komponenten ausnützen. Bild 1 zeigt ein Beispiel aus der visuellen Welt. Der Hund und seine Umgebung haben ähnliche, aber nicht exakt identische Oberflächenstrukturen. Dieser minimale Unterschied reicht für einen Betrachter schon aus, eine Trennung zwischen Figur und Hintergrund vorzunehmen. In der akustischen Welt ist die Situation ähnlich: selbst wenn man sich auf einer Cocktailparty mit vielen Sprechern befindet, kann man dennoch einem gewünschten Sprecher folgen, obwohl die «Störsignale» in diesem Fall sehr ähnliche physikalische Eigenschaften haben wie das gewünschte Sprachsignal.

Welche physikalischen Unterschiede kann man sich nun zunutze machen? Als erstes wäre die *Frequenz* der beiden Signale zu nennen. Es ist zum Beispiel leichter, der Stimme einer weiblichen

Person (höhere Grundfrequenz) zu folgen mit einer männlichen Stimme im Hintergrund als mit einer zweiten weiblichen Hintergrundstimme.

Auch die *Modulationsfrequenz* kann als Unterscheidungsmerkmal benutzt werden. Wenn ein Sprecher schneller spricht als ein zweiter überlagerter Sprecher (Sprachsignal mit der kleineren Modulationsfrequenz), fällt es leichter, dem einen oder auch dem anderen in dem Stimmengemisch zu folgen und ihn zu verstehen.

Ein weiteres Merkmal ist die *Stationarität* eines Signals. Ein stationäres Signal ändert seine Eigenschaften (z.B. Frequenz und Modulationstiefe) im Verlauf der Zeit nicht. Typische Beispiele für stationäre Signale sind das Rauschen eines Ventilators, das Innengeräusch in

#### Adresse des Autors

Dr. Wolfgang Knecht, Geschäftsführer  
Zentrum für Neurowissenschaften  
der ETH und Universität Zürich  
Winterthurerstrasse 190, 8057 Zürich  
wknecht@neuroscience.unizh.ch

einem Auto bei konstanter Geschwindigkeit oder ein Sinuston mit konstanter Frequenz.

Weiterhin spielt die *Signalrichtung* eine wichtige Rolle bei der Trennung von Signalen. Die Phasen- und Intensitätsverhältnisse des Nutzsignals an beiden Ohren unterscheiden sich von denen des Hintergrundgeräuschs, wenn die Signale aus verschiedenen Richtungen kommen. Diese Unterschiede machen sich technische Systeme mit zwei oder mehr Mikrofonen zunutze, worauf unten noch genauer eingegangen wird.

Der sogenannte *Präzedenzeffekt* ist beim Menschen dafür verantwortlich, dass er in halligen Umgebungen Sprache besser verstehen kann. Das Gehirn nutzt die Information aus, dass der Direktschall eine gewisse Zeit eher am Ohr eintrifft als der reflektierte Schall. Das Echo wird weniger störend wahrgenommen, und das Sprachverständnis in halligen Räumen wird erhöht.

Neben den rein physikalischen Unterschieden der beiden Signale existieren noch weitere Möglichkeiten, Sprache im Störlärm besser zu verstehen. Durch Lippenlesen, Mimik und Gestik sowie asso-



Bild 1 Beispiel zur Trennung zwischen Figur und Hintergrund von R.C. James 1966



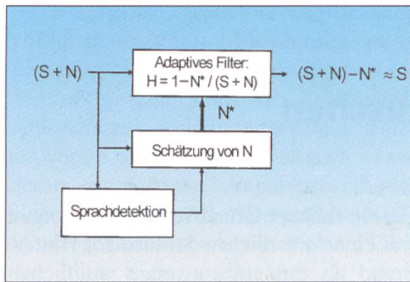


Bild 2 Spektrale Subtraktion/Wienerfilter zur Rauschunterdrückung mit einem Mikrophon

ziative Gedächtnisleistungen (z.B. kann man nicht wahrgenommene Worte aufgrund des Sinnzusammenhangs ergänzen) hilft man sich in schwierigen Situationen weiter.

### Verfahren mit einem Mikrophon

Das in Bild 2 dargestellte Prinzip zur Elimination von Störgeräuschen ist ein bekanntes und oft verwendetes Verfahren. Es funktioniert unter der Annahme, dass das Hintergrundgeräusch *stationär* ist. Ein Summensignalspektrum, bestehend aus einem Sprachsignalspektrum  $S$  und einem Störsignalspektrum  $N$ , liegt am Eingang des Systems an. Ein Sprachdetektor markiert die Zeiten, in denen stimmlose Laute bzw. Sprachpausen vorliegen. Da ein stationäres Störsignal über die Zeit sein Frequenzspektrum kaum ändert, bestimmt man in den Sprachpausen ( $S=0$ ) das Spektrum des Summensignals  $S+N$  und betrachtet dieses als Schätzung  $N^*$  des Störsignalspektrums. Die Schätzung  $N^*$  wird dann zur Steuerung eines adaptiven Filters mit der Übertragungsfunktion  $H = 1 - N^*/(S+N)$  verwendet. Das Eingangssignal wird mit diesem adaptiven Filter  $H$  verarbeitet und ergibt dann das Ausgangssignal  $H(S+N) = S + N - N^* \approx S$ . Offensichtlich hängt die Qualität des Ausgangssignalspektrums von der Genauigkeit der Schätzung von  $N$  ab. Ein Blick auf die Übertragungsfunktion  $H$  zeigt, dass das adaptive Filter in den Sprachpausen, das heisst bei schlechtem Signal-Rausch-Verhältnis, die Verstärkung  $H$  stark reduziert ( $N^* = S+N$  und damit  $H=0$ ).

Während des Sprachsignals, also bei sehr gutem Signal-Rausch-Verhältnis, ist  $S+N$  erheblich grösser als  $N^*$ , welches nur in den Sprachpausen geschätzt wird. Damit wird die Verstärkung  $H$  kaum oder gar nicht reduziert ( $N^* \ll S+N$  und somit  $H \approx 1$ ).

Grundsätzlich stellt sich die Frage, wie man die verschiedenen Algorithmen zur Reduktion von Störsignalen beurteilt.

Man führt dazu im allgemeinen zwei Tests durch. Der erste Test ist eine Messung der Sprachverständlichkeit (z.B. die Ermittlung der Zahl der korrekt erkannten Wörter). Der zweite Test besteht in einer subjektiven Beurteilung der Klangqualität. Es soll an dieser Stelle nicht genauer auf die Details dieser Tests eingegangen werden.

Die meisten technischen Verfahren mit einem Mikrophon arbeiten nach dem gleichen oder einem ähnlichen Prinzip wie hier beschrieben, und die Resultate sind daher meist ähnlich. Bild 3 zeigt die Ergebnisse einer Sprachverständlichkeitsmessung bei Schwerhöreren mit drei verschiedenen Arten von Störsignalen (weisses Rauschen, tieffrequentes Schmalbandrauschen, Stimmengemisch). Angegeben sind die Signal-Rausch-Verhältnisse (SRV) in dB, die die Versuchspersonen für eine Worterkennung von 70% benötigen. Je geringer das SRV, desto besser ist das Resultat. Die Signalverarbeitung nach Bild 2 hat praktisch

nur bei Schmalbandrauschen einen positiven Effekt. Für weisses Rauschen ist das verarbeitete Signal etwa gleich verständlich wie das unverarbeitete Kontrollsignal. Für das Stimmengemisch verschlechtert die Verarbeitung sogar die Verständlichkeit leicht.

Bild 4 zeigt die Ergebnisse einer subjektiven Beurteilung der Klangqualität. Die Testpersonen sollten bestimmen, ob das verarbeitete oder das Original-Signal die bessere Klangqualität aufweist. Angegeben sind die Prozentzahlen derjenigen Versuchspersonen, die die Klangqualität des verarbeiteten Signals vorziehen. Es zeigt sich, dass die Sprachsignalqualität bei hohen Eingangs-SRV (10 und 20 dB) durchweg für alle Störsignale erhöht wird.

### Verfahren mit mehreren Mikrofonen

Technische Systeme mit mehreren Mikrofonen nutzen die eingangs erwähnte

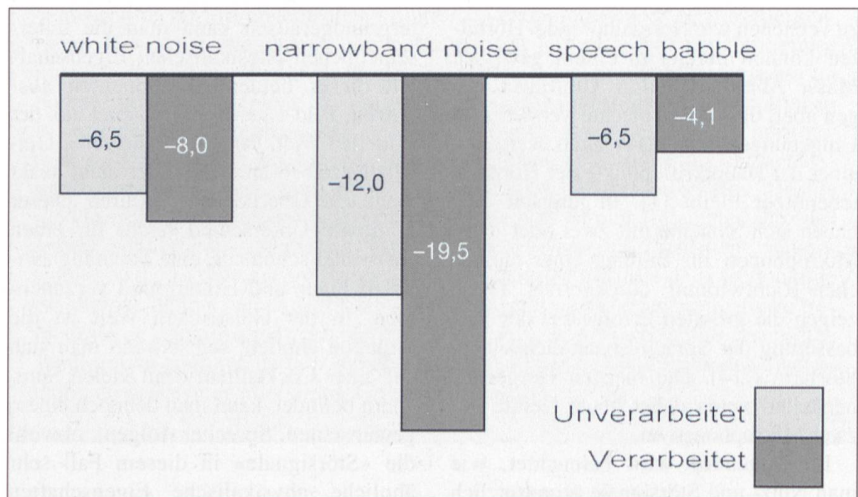


Bild 3 Messung der Sprachverständlichkeit mit und ohne Verarbeitung durch das Wienerfilter aus Bild 2. Die Daten sind aus [3] entnommen. Weitere Einzelheiten im Text.

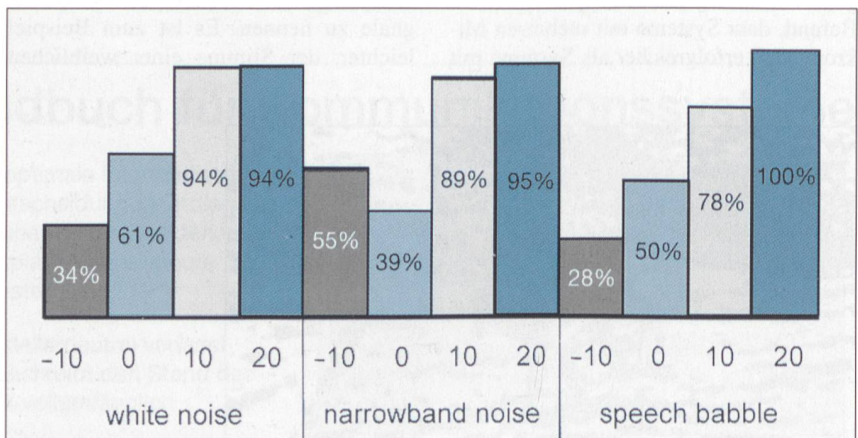


Bild 4 Messung der Klangqualität. Präferenz für das verarbeitete Signal in % der Versuchspersonen bei vier verschiedenen Eingangs-Signal-Rausch-Verhältnissen und drei verschiedenen Störsignalen. Die Daten sind aus [3] entnommen. Weitere Einzelheiten im Text.



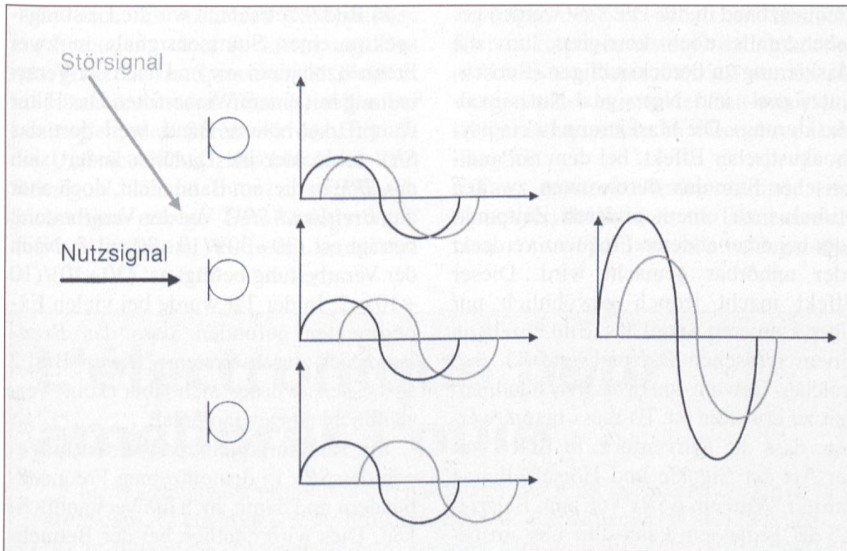


Bild 5 Beispiel zur Dämpfung eines Störsignals, wenn es aus einer anderen Richtung kommt als das Nutzsignal.

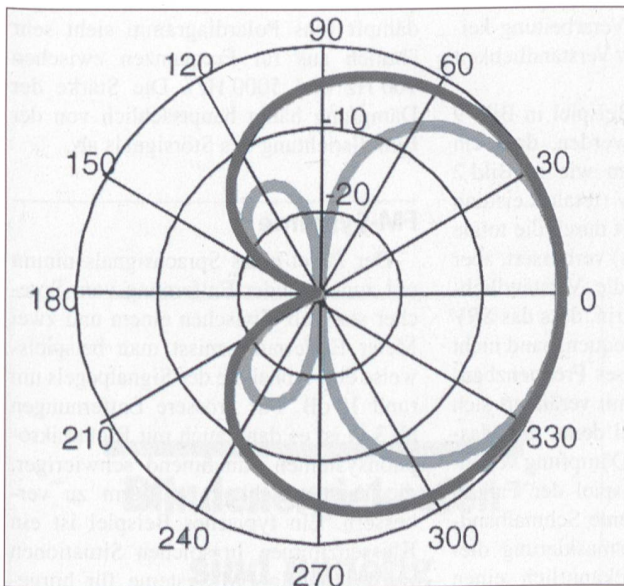


Bild 6 Polardiagramm mit Richtcharakteristiken von zwei Systemen erster und zweiter Ordnung bei der Frequenz 4 kHz. Dunkle Kurve: Kardioid. Helle Kurve: System zweiter Ordnung. Die Dämpfung ist in dB angegeben.

Tatsache aus, dass das Nutzsignal oft aus einer anderen Richtung kommt als das Störsignal. Durch eine Verarbeitung der Mikrophonsignale wird eine Richtwirkung des Systems erzeugt, so dass Signale aus beliebigen Richtungen gegenüber dem Nutzsignal aus einer bestimmten Richtung abgeschwächt werden. Bild 5 demonstriert das Prinzip an einem einfachen Beispiel. Zwei Sinustöne kommen aus zwei verschiedenen Richtungen, wobei die Nutzsignalrichtung durch den schwarzen Pfeil von links dargestellt ist. Die drei Diagramme direkt nach den Mikrofonen (Kreise) zeigen die Amplituden der beiden Signale als Funktion der Zeit. Das Störsignal (rote Kurve) trifft dabei zuerst am oberen, dann am mittleren und zuletzt am unteren Mikrofon ein. Das Nutzsignal (schwarze Kurve) je-

doch erscheint gleichzeitig an allen drei Mikrofonen. Hierbei ist angenommen, dass es sich um ebene Wellen handelt. Eine einfache Verarbeitung besteht nun aus der Addition der drei Mikrophonsignale. Das Diagramm ganz rechts in Bild 5 zeigt das Summensignal. Wegen der Phasenverschiebung des Störsignals an den drei Mikrofonen erreicht man durch die Addition, dass das Signal-Rausch-Verhältnis im Summensignal grösser ist als jenes an jedem einzelnen Mikrofon.

Bild 6 zeigt ein sogenanntes Polardiagramm, in dem die Dämpfung eines Signals in Abhängigkeit von seinem Einfallswinkel dargestellt ist. Die grüne Kurve stellt die Richtcharakteristik eines heute in Hörgeräten oft verwendeten Systems mit zwei Mikrofonen dar – das

sogenannte Kardioid, ein Richtmikrofon erster Ordnung. Die rote Kurve beschreibt die Richtcharakteristik eines Systems mit mindestens drei Mikrofonen – ein Richtmikrofon zweiter Ordnung. Hier ist besonders die Dämpfung von der Seite höher als beim Kardioid. Bislang konnte das Mikrofon zweiter Ordnung noch nicht in Hörgeräten realisiert werden, da die Richtwirkung sehr sensitiv gegenüber kleinsten Toleranzen der Mikrophone ist.

Bild 7 gibt eine Zusammenfassung einer Messung der Sprachverständlichkeit bei Hörgeschädigten mit vier verschiedenen Mikrophonsystemen. Es wurde jeweils das Signal-Rausch-Verhältnis in dB für eine Worterkennung von 50% gemessen. Das einfache Kardioid (CA) mit zwei Mikrofonen erhöht die Verständlichkeit bereits um 3–4 dB gegenüber einem System mit einem omnidirektionalen Mikrofon. Ein optimiertes System mit fünf Mikrofonen erhöht die Verständlichkeit um weitere 2 dB gegenüber dem Kardioid. Dabei muss aber beachtet werden, dass das optimierte System eine Länge von 10 cm aufweist, während das Kardioid gewöhnlich ein Ausmass von 1,0–1,5 cm hat. Es wird nun verständlich, warum man heute ausschliesslich Kardioiden in kommerziellen Hörgeräten findet. Die Realisierung ist relativ einfach, der Energieverbrauch sehr gering, die Grösse des Systems ist kosmetisch vertretbar und der Nutzen ist hoch.

Da Richtmikrophonsysteme linear und zeitinvariant sind, verändern sie die Sprachqualität nicht ausser durch eine lineare Filterung, die am Ausgang des Richtmikrophons durch ein inverses Filter kompensiert werden kann. Dies ist ein weiterer Vorteil gegenüber dem obigen adaptiven System mit einem Mikrofon.

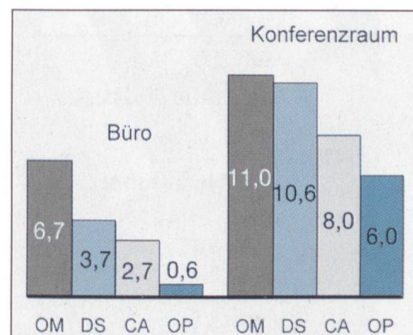
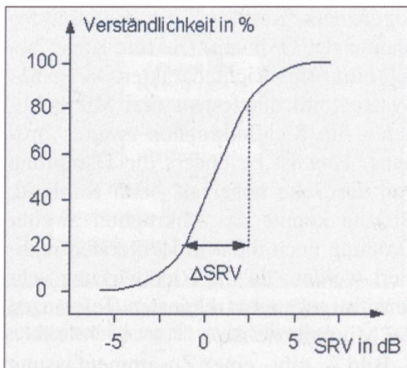


Bild 7 Signal-Rausch-Verhältnis in dB für 50% Worterkennung in zwei Räumen und für vier verschiedene Mikrophonsysteme: OM = omnidirektionales Mikrofon (keine Richtwirkung), DS = Delay and Sum System (ähnlich wie Verarbeitung in Bild 5 mit fünf Mikrofonen und 10 cm Länge), CA = Kardioid (mit zwei Mikrofonen, siehe Bild 6), OP = Optimum Processing (mit fünf Mikrofonen und 10 cm Länge). Die Daten sind aus [4] entnommen.





**Bild 8** Die Sprachverständlichkeit als Funktion des Signal-Rausch-Verhältnisses (SRV) vor der Verarbeitung.

Hier ist  $SRV = \sum_i w(i) \cdot SRV_{ein}(i)$ . Erklärung im Text.

Bei diesen treten im allgemeinen irreversible Verzerrungen des Nutzsignals auf, speziell wenn die Dämpfung des Systems in Bild 2 zu stark und die Zeitkonstanten zu klein gewählt werden.

**Theoretischer Ansatz**

Für Normalhörende und zum Teil auch für Schwerhörende kann die Erhöhung der Sprachverständlichkeit durch Signalverarbeitung mit einem Modell zu einem gewissen Grad vorausgesagt werden [5]. Dabei wird die Veränderung des Signal-Rausch-Verhältnisses ( $\Delta SRV$ ) geschätzt, die für eine gleiche Verständlichkeit vor und nach der Verarbeitung benötigt wird. Die Schätzung lautet:

$$\Delta SRV = \sum_i w(i) [SRV_{aus}(i) - SRV_{ein}(i)] \quad (1)$$

Hierbei bedeutet  $w(i)$  das Verständlichkeitsgewicht des  $i$ -ten Frequenzbandes,  $SRV_{aus}(i)$  und  $SRV_{ein}(i)$  sind die Signal-Rausch-Verhältnisse am Ausgang und am Eingang des Systems, gemessen im  $i$ -ten

Frequenzband in dB. Die  $SRV$  werden gegebenenfalls noch korrigiert, um die Maskierung zu berücksichtigen (Rausch-Nutzsignal- und Nutzsinal-Nutzsignal-Maskierung). Die Maskierung ist ein psychoakustischer Effekt, bei dem ein auditorischer Stimulus durch einen zweiten Stimulus zu einem anderen Zeitpunkt oder bei einer anderen Frequenz verdeckt oder unhörbar gemacht wird. Dieser Effekt macht jedoch gewöhnlich nur einen kleineren Anteil aus. Bild 8 stellt an einem typischen Beispiel grafisch dar, welcher Gewinn an Sprachverständlichkeit zu erwarten ist. Es muss betont werden, dass die Kurvenform in Bild 8 mit der Art der Signale und Hörschädigung variiert. Wird ein  $\Delta SRV$  von zum Beispiel 3,5 dB gemessen, kann dies hier im besten Fall die Verständlichkeit von 20% auf 85% erhöhen bei einem  $SRV$  von  $-1,25$  dB vor der Verarbeitung. Falls aber das  $SRV$  vor der Verarbeitung bereits 5 dB beträgt, wird die Verarbeitung keinen weiteren Gewinn an Verständlichkeit erbringen können.

An einem weiteren Beispiel in Bild 9 soll nun verdeutlicht werden, dass ein quasi-stationäres System wie in Bild 2 zwar das *Breitband-SRV* (totale Leistung des Nutzsignals dividiert durch die totale Leistung des Störsignals) verbessert, aber im allgemeinen nicht die Verständlichkeit. Der Grund liegt darin, dass das  $SRV$  in einem bestimmten Frequenzband nicht durch das Dämpfen dieses Frequenzbandes verändert wird. Damit verändert sich auch nicht  $\Delta SRV$ , es sei denn, die Maskierung wird durch die Dämpfung verringert. Dies ist zum Beispiel der Fall in Bild 3 für das tieffrequente Schmalbandrauschen. Die Aufwärtsmaskierung dieses Störsignals hat bekanntlich einen messbaren Effekt auf die Verständlichkeit.

In Bild 9 betrachten wir die Leistungsspektren eines Summensignals in zwei Frequenzbändern vor und nach der Verarbeitung mit einem Wienerfilter. Das Filter dämpft das höhere Band, weil dort das  $SRV$  schlechter ist. Dadurch ändert sich das  $SRV$  in diesem Band nicht, doch aber das *Breitband-SRV*. Vor der Verarbeitung beträgt es:  $(30 + 30)/(10 + 30) = 1,5$ . Nach der Verarbeitung beträgt es:  $(30 + 10)/(10 + 10) = 2$ . In der Tat wurde bei vielen Experimenten gefunden, dass das *Breitband-SRV* durch Systeme wie in Bild 2 verbessert wurde, sich aber kein Verständlichkeitsgewinn ergab.

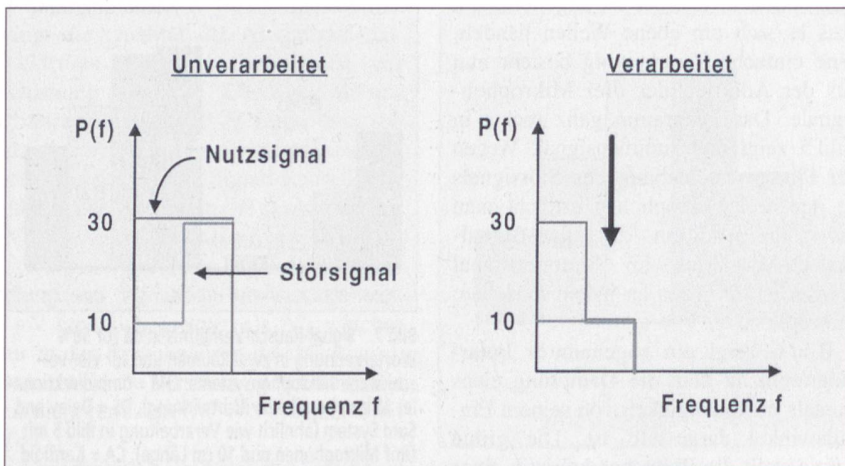
Ein Richtmikrofon verbessert hingegen das  $SRV$  in den einzelnen Frequenzbändern und damit auch die Verständlichkeit. Dies wird deutlich bei der Betrachtung von Bild 6. Das Störsignal aus einer beliebigen Richtung wird gegenüber dem Nutzsignal von null Grad für jedes Frequenzband um einen gewissen Betrag gedämpft (das Polardiagramm sieht sehr ähnlich aus für Frequenzen zwischen 100 Hz und 5000 Hz). Die Stärke der Dämpfung hängt hauptsächlich von der Einfallrichtung des Störsignals ab.

**FM-Systeme**

Der Pegel eines Sprachsignals nimmt mit zunehmender Entfernung vom Sprecher stark ab. Zwischen einem und zwei Meter Entfernung misst man beispielsweise eine Abnahme des Signalpegels um rund 10 dB. Für grössere Entfernungen ab 3 m ist es dann auch mit Richtmikrophonsystemen zunehmend schwieriger, die Verständlichkeit im Lärm zu verbessern. Ein typisches Beispiel ist ein Klassenzimmer. In solchen Situationen werden häufig FM-Systeme für hörgeschädigte Schüler benutzt. Hierbei hat der Lehrer ein Mikrofon nahe beim Mund, und das Signal wird mit einem FM-System gesendet. Der Schüler trägt einen Empfänger, der das Signal weiter an das Hörgerät leitet. Auf diese Weise erreicht man Verbesserungen des  $SRV$  von 16 dB bis 20 dB!

**Zusammenfassung**

Systeme mit einem Mikrofon erhöhen, bis auf wenige Ausnahmesituationen, die Sprachverständlichkeit im Lärm nicht. Jedoch wird das verarbeitete Signal bei hohen *Eingangs-SRV* meist angenehmer empfunden. Bei *niedrigen Eingangs-SRV* treten bei vielen Systemen Verzerrungen des Nutzsignals auf. Der Gewinn durch solche Systeme ist daher relativ beschränkt.



**Bild 9** Beispiel zur Berechnung des Breitband-SRV vor und nach der Dämpfung des höheren Frequenzbandes durch ein System mit einem Mikrofon. Einzelheiten im Text.



Systeme mit mehreren Mikrofonen zur Erzeugung einer Richtwirkung können generell die Sprachverständlichkeit im Lärm verbessern. Dies ist selbst bei konkurrierenden Sprechern der Fall, da die Unterscheidung zwischen Nutz- und Störsignal anhand ihrer verschiedenen Richtungen erfolgt. Der Realisierungsaufwand ist gering. Es treten keine Ver-

zerrungen des Nutzsignals auf. Einfache Richtmikrophone erster Ordnung können auf kleinstem Raum realisiert werden und werden daher in neuester Zeit von vielen Hörgeräteherstellern in ihren Produkten integriert.

Die grössten Verbesserungen der Sprachverständlichkeit im Lärm erreicht man mit FM-Systemen. Gegenüber

etwa 3–4 dB bei Richtmikrofonen (Kardioid) kann man mit FM das Signal-Rausch-Verhältnis um 16–20 dB verbessern.

**Literatur**

- [1] Stock et al.: Über das Tragen von Hörhilfen – Ergebnisse einer epidemiologischen Studie. *Audio-logische Akustik* 34(1995)3, pp. 104–124.
- [2] S. Kochkin: Customer Satisfaction and Subjective Benefit with High Performance Hearing Aids. *The Hearing Review* 3(1996)12, pp. 16–26.
- [3] D. G. Jamieson et al.: Evaluation of a Speech Enhancement Strategy with Normal-Hearing and Hearing-Impaired Listeners. *Ear & Hearing* 16(1995)3, pp. 274–286.
- [4] G. H. Saunders et al.: Speech Intelligibility Enhancement using Hearing-Aid Array Processing. *Journal of the Acoustical Society* 102(1997)3, pp. 1827–1837.
- [5] J. E. Greenberg et al.: Intelligibility-weighted Measures of Speech-to-Interference Ratio and Speech System Performance. *Journal of the Acoustical Society* 94(1993)5, pp. 3009–3010.

## L'électronique pour améliorer l'ouïe

L'un des principaux problèmes des malentendants, c'est la compréhension de la parole dans les environnements bruyants. Cet article examine les possibilités actuelles et futures de réduction de bruit de fond, afin de transformer les prothèses auditives en de véritables correcteurs intelligents. Il aborde en particulier les systèmes FM promettant une amélioration considérable de l'intelligibilité en tenant compte de l'éloignement du locuteur.

projektieren ▪ dokumentieren ▪ verwalten

### Blindenergiekosten sind unnötig detron

### setzt Kosten auf Null

Wir beraten, analysieren, beurteilen Elektroenergieverbräuche und schlagen wirkungsvolle Lösungen zur Reduktion des Blindenergieverbrauches vor, so beseitigen wir Blindenergiekosten. Mehr als 30 Jahre Erfahrung, die richtige Gerätepalette und unsere Fachkompetenz sind Garant für langlebige, wirtschaftliche Lösungen.



**detron ag**

Industriautomation - Zürcherstrasse 25 - CH4332 Stein  
Telefon 062-873 16 73 Telefax 062-873 22 10

**CeBIT99**  
 HANNOVER  
 Halle 20, Stand B16  
 18. – 24. März 1999

# Kommunikations- netz Management

- Nachrichtenwege
- Kapazitätsverwaltung
- Kabelmanagement
- Netzdokumentation
- Belegungsinformation

## **CONNECT MASTER®**

*Physical Network Management*

Dynamic Design AG, InformationSystems, Durisolstr. 11, CH-5612 Villmergen  
Info-Telefon 0 56 6198 607, Fax 0 56 6210 292 · <http://www.dynamic-design.com>