

Weiterentwicklung der binauralen Hörstrategie: All Access Direktionalität und Ultra Focus

Jennifer Groth, MA, und Yaser Georgos

ZUSAMMENFASSUNG

Erwachsene Höreräteträger nutzen ihre Hörsysteme in anspruchsvollen und oft auch weniger komplexen akustischen Situationen, sie haben dabei unterschiedliche Wünsche und Ziele. Doch in jeder Situation ihres Alltags sollen sie das bestmögliche Hör-Erlebnis haben. Gemäß seiner Philosophie des organischen Hörens strebt ReSound nach technologischen Lösungen, die dem natürlichen Hören und Interagieren jederzeit so nah wie möglich kommen. Hörsystem ReSound ONETM nutzt dafür die neue All Access Direktionalität. Mit ihr wird ein neuartiger Ansatz zur Verwendung von Direktionalität weiter ausgebaut. Darüber hinaus kann nun der Ultra Focus genutzt werden, um in besonders lauten Umgebungen ein Plus an Sprachverstehen zu ermöglichen.

Oft zielt die Klangverarbeitung aktueller Hörsysteme darauf, Probleme in ganz bestimmten akustischen Umgebungen zu lösen. Eine Störgeräuschunterdrückung beispielsweise sorgt dafür, dass das Hör-Erlebnis an einer lauten Straße angenehmer ist; in einer anderen Umgebung hingegen ist diese Störgeräuschunterdrückung eher unerwünscht. Technologien zur Klangverarbeitung bringen grundsätzlich Vorteile; doch je nach Situation, Vorlieben und Intentionen kann jede Funktion auch mit Nachteilen einhergehen. Um dieses Dilemma zu lösen, nutzen aktuelle Systeme Steuerungsalgorithmen. Sie sollen die Verarbeitung in verschiedenen akustischen Umgebungen so steuern, dass der Nutzer profitiert, ohne selbst überlegen oder eingreifen zu müssen. Warum die automatische Steuerung komplexer Hörsystemfunktionen eine gute Idee ist, lässt sich gut anhand eines Beispiels aus MarkeTrak 10 zeigen: Während wir davon ausgehen, dass Richtmikrofone in Hörsystemen die Zufriedenheit der Nutzer erhöhen, waren sich lediglich 28% der befragten Hörsystemträger sicher, dass ihre Systeme Richtmikrofone haben.¹ Die Nutzer profitieren also von Funktionen, von denen sie nicht einmal wissen, dass es sie gibt, geschweige denn, wie man auf sie zugreift. Eine solche Funktion, die alle Premium-Systeme je nach akustischer Situation regeln, ist das Richtmikrofonsystem.

Richtmikrofone gelten als effektivste Lösung, um den Nutzern besseres Verstehen im Störgeräusch zu ermöglichen. Die meisten Hörsysteme nutzen heute nicht nur ein Richtmikrofonsystem, sondern auch noch eine automatische Steuerung dieser Technologie. Bei der Verarbeitung der eingehenden Signale könnte ein Hörsystem etwa unterschiedliche Grade der Komplexität berücksichtigen

und dementsprechend die Richtcharakteristik variieren. Welche Grade an Komplexität geeignet sind, wird in der Regel durch den Hörakustiker festgelegt. Die Arbeitsweise der Richtmikrofone im Höralltag wird dann automatisch gesteuert.

Wie die direktionale Signalverarbeitung vonstatten geht, trifft allgemein auf großes Interesse. Relativ wenig interessiert hingegen, wie die Direktionalität gesteuert wird. Es ist ungefähr so, also würde man den Ausgang eines Autorennens vorhersagen, und dafür die technischen Parameter eines Autos berücksichtigen – nicht jedoch die Fähigkeit seines Fahrers.

ORGANISCHES HÖREN ALS MASSSTAB FÜR DAS DIREKTIONALE SYSTEM

Üblicher Weise werden Richtmikrofone so verbaut, dass das Signal-Rausch-Verhältnis für Sprache von vorn auf Höhe des Ohres verbessert wird. Nicht berücksichtigt wird hingegen, wie die Verarbeitung dann auf einer höheren Stufe im Gehirn erfolgt oder welche Intentionen und Vorlieben ein Nutzer hat. Gemäß seiner Philosophie vom organischen Hören verfolgt ReSound seit mehr als zehn Jahren eine eigene, evidenzbasierte binaurale Strategie zur Einbindung der Richtmikrofontechnologie.² Der Begriff „binaurale Strategie“ steht für die Grundannahme, dass man die Komplexität, mit der das Gehirn den von beiden Ohren aufgenommenen Schall verarbeitet, weder nachbilden noch ersetzen kann. Vielmehr zielt die Strategie darauf ab, die binaurale Verarbeitung im Gehirn bestmöglich auszunutzen und zu unterstützen.

Mit fortschreitender Technologie wurde auch die binaurale Strategie weiterentwickelt. Auch ReSound ONE bleibt dem Grundsatz der binauralen Strategie treu. Zugleich aber nutzt es eine fortschrittliche Verarbeitung, die auf dem binauralen Beamforming von Ohr zu Ohr basiert: die All Access Direktionalität. Welche Motive hinter der binauralen Strategie von ReSound stehen und wie die All Access Direktionalität arbeitet, wird nachfolgend ausgeführt.

VORTEILE UND PROBLEME DES BINAURALEN BEAMFORMING

ReSound ONE basiert auf einer neuen Plattform. Sie bietet auch die Option zum Soundstreaming von Ohr zu Ohr. Somit ist es möglich, mittels binauralem Beamforming eine starke Direktionalität herzustellen. In der Hörgeräte-Industrie sind derartige Funktionen nicht neu. Aus den Signalen aller vier Mikrofone eines Hörsystempaares wird ein monaurales, stark direktionales Signal gebildet. Dieses monaurale Signal wird dann zu beiden Ohren geliefert. Für binaurales Beamforming wurde nachgewiesen, dass sich das Sprachverstehen im Störgeräusch unter einfachen Laborbedingungen deutlicher verbessert als bei direktionalen Hörsystemen, die unabhängig voneinander arbeiten.³ Bei Tests unter komplexeren Bedingungen wog dieser Vorteil jedoch weniger schwer.^{4,5} Angenommen wird, dass dies auf die fehlenden räumlichen Hinweise beim binauralen Beamforming zurückzuführen ist. In komplexen, alltäglichen Situationen helfen uns die binauralen räumlichen Hinweise, miteinander konkurrierende Schallereignisse zu lokalisieren und zu trennen. In alltäglichen Situationen mit konkurrierenden Sprechern scheinen niederfrequente interaurale Zeitunterschiede (ITD) dem Hörenden eine entscheidende Hilfe zu bieten. Best et al.⁶ etwa führten Tests mit einem binauralen Hochpass-Beamformer durch, bei dem die Übergangsfrequenz so variiert wurde, dass räumliche Hinweise bei niedriger Frequenz bis zu einem gewissen Grad erhalten blieben. Wurde moduliertes Rauschen zur Maskierung genutzt, so hatten Probanden mit und ohne Hörverlust einen deutlichen Vorteil – unabhängig von der Übergangsfrequenz. Bei schwierigeren Bedingungen mit Sprachmaskierern fiel dieser Vorteil insgesamt jedoch geringer aus. Ein Vorteil ließ sich im Schnitt nur für Übergangsfrequenzen von 800 Hz und höher nachweisen. Es bestätigte sich also, dass die in den niedrigen Frequenzen enthaltenen ITD-Hinweise unter alltäglichen akustischen Gegebenheiten das Trennen und das Verarbeiten von Sprache erleichtern.

In engem Zusammenhang mit dem binauralen Beamforming steht ein Problem, das die Fähigkeit, Gesprächen in Alltagssituationen zu folgen, beeinträchtigen kann. Gemeint ist die Hörbarkeit von Geräuschen, die nicht im Blickwinkel des Zuhörers liegen. Um in den Gesprächen besser folgen zu können, müssen die Hörgeräteträger schnell zwischen unterschiedlichen Sprechern und Themen wechseln sowie sich überlagernde Sprecherstimmen voneinander trennen können. Sie müssen sich fortlaufend auf einen neuen Gesprächspartner orientieren. Im Gegensatz dazu werden Labortests zur Direktionalität von Hörgeräten oft so durchgeführt, dass die Zielsprache unverändert positioniert ist. Das vereinfacht die Anforderung. Die Probanden müssen gar nicht erst versuchen, die Zielsprache zu finden, denn sie wissen bereits, dass

diese immer innerhalb ihres Blickwinkels auftreten wird. Mehrere Untersuchungen zum binauralen Beamforming zeigten, wie das Erkennen von Sprache im Störgeräusch behindert wird, wenn die Zielsprache an einem unvorhersehbaren Ort auftritt.^{4,5} In einigen Studien wurden Geräte zur Aufzeichnung der Kopfbewegungen genutzt, um betrachten zu können, wie die Ausrichtung auf neue, im Raum auftretende Zielsignale mit der Direktionalität der Hörsysteme zusammenspielt. Eine stärkere Direktionalität beeinträchtigte die Fähigkeit der Probanden, Zielsignalen mit wechselnder Position zu folgen.^{7,8} Laut Schätzungen sind direktionale Mikrofone, die den Schall außerhalb der Sichtachse um mehr als 12 dB abdämpfen, unbrauchbar für bewegte Konversationen, wie sie in Gruppengesprächen üblicher Weise auftreten.⁸

Ein weiteres potentielles Problem besteht bei den meisten binauralen Beamformern darin, dass sie adaptiv sind. Dies soll eigentlich einen Vorteil bewirken. Ihre Richtcharakteristik wird verändert, um die dominanteste Schallquelle im Rücken auszulöschen. In Situationen mit schlechterem SNR haben sich Systeme mit adaptiven Richtmikrofonen jedoch als hinderlich für die Fähigkeit zur Lokalisierung erwiesen.⁹ Eine Theorie ist, dies könnte daran liegen, dass das direktionale System seine Charakteristiken schnell ändert, wenn die Geräusche im Hintergrund diffuser werden. Dies wiederum könnte die Unterschiede der interauralen Level (ILD) in unvorhersehbarer Art und Weise verzerren und somit die Fähigkeit zur Lokalisierung beeinträchtigen.

BINAURALES BEAMFORMING BEI RESOUND: ERHALTUNG VON HINWEISEN ZUR LOKALISIERUNG

Der binaurale Beamformer von ReSound, der bei der All Access Direktionalität genutzt wird, zielt auf eine Balance: Einerseits soll der SNR für Sprache vor dem Zuhörer maximiert werden, andererseits sollen ihm Signale außerhalb seines Blickfeldes sowie Hinweise zur Lokalisierung erhalten bleiben. Das soll dem Zuhörer ermöglichen, sich bei einer neuen oder bei einer sich bewegenden Zielsprache umorientieren zu können. Um dieses Ziel zu erreichen, ermöglicht ein System aus mehreren Bändern eine differenzierte Verarbeitung. Zusätzlich kann eine adaptive Gewichtung jenes Schalls, der auf dem weniger lauten Ohr ankommt, den Vorteil des binauralen Beamformers noch steigern, wenn die Umgebungsgeräusche ungleich verteilt sind.

MULTI-BAND-SYSTEME

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Aufbau und Arbeitsweise des binauralen Multi-Band-Beamformers. Abbildung 1 illustriert, wie der Sound in Bänder unterteilt wird; dabei wird der Output jedes dualen Mikrofon-Richtsystems zur jeweils anderen Seite gestreamt und zum dortigen Output hinzugefügt. Beim tieferen Band wird eine omnidirektionale Rückmeldung genutzt. Das entspricht dem Ansatz für Direktionalität, den ReSound seit über zehn Jahren verwendet: Man verteilt den Output auf mehrere Bänder, um die niederfrequenten ITD-Hinweise zu erhalten.

Es hat sich gezeigt, dass dieser Ansatz gegenüber einer Direktionalität mit einem vollen Band hinsichtlich der

Klangqualität^{10,11} und mit Blick auf die Fähigkeit zur Lokalisierung¹² bevorzugt wird. Die Spracherkennung im Störgeräusch entspricht bei diesem Ansatz der Spracherkennung bei einer vollbandigen Direktionalität mit offen angepassten Systemen. Bei geschlossener Anpassung jedoch steigt die Spracherkennung mit zunehmender direktonaler Bandbreite.¹³

Das mittlere Band deckt jenen Frequenzbereich ab, der für die Sprache besonders wichtig ist.¹⁴ Nur bei diesem Band wird binaurales Beamforming genutzt. Die Frequenz für den Übergang vom tiefen zum mittleren Band

wird je nach Audiogramm festgelegt. Höreräteträger mit stärkerem Hörverlust werden eher geschlossen versorgt, daher ist eine Direktionalität über einen breiteren Frequenzbereich für sie wahrscheinlich von Vorteil.¹¹ Aus diesem Grund wird bei ihnen eine niedrigere Übergangsfrequenz festgelegt als bei Nutzern mit leichtem bis mittelgradigem Hörverlust. Oberhalb von 5.000 Hz wird konstant eine monaurale Direktionalität festgelegt. Dadurch will man den hochfrequenten spektralen Hinweisen der Ohrmuschel näherkommen und zugleich mögliche Auswirkungen von adaptiven direktonalen Mustern auf das ILD minimieren.

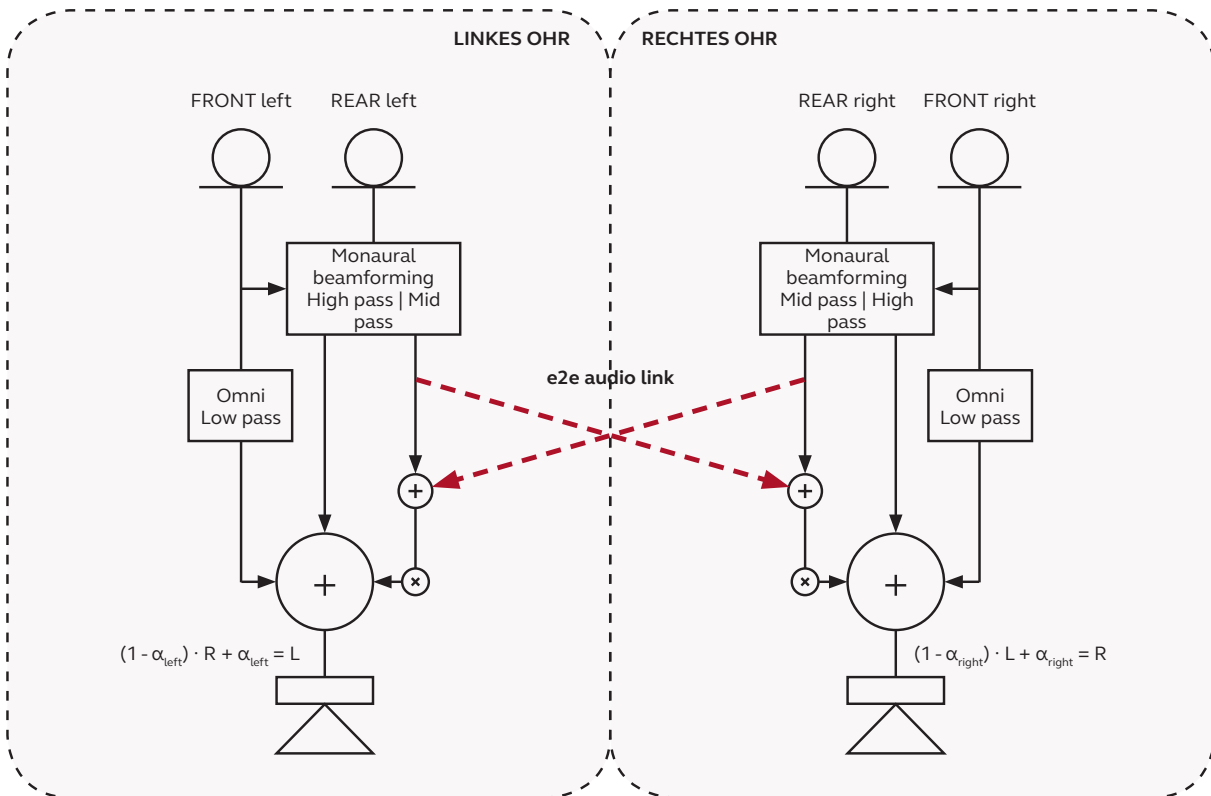


Abbildung 1. Aufbau des binauralen Beamformers von ReSound. Die roten Pfeile zeigen, wie der Sound vom dualen Richtmikrofonsystem jedes der Hörsysteme gestreamt und zum Output des anderen Systems hinzugefügt wird; hierdurch soll eine stärkere Richtwirkung erreicht werden. Dies geschieht jedoch nur in dem für Sprache wichtigen Frequenzband. In den anderen Bändern wird eine Verarbeitung genutzt, die die Hinweise für das räumliche Hören erhält.

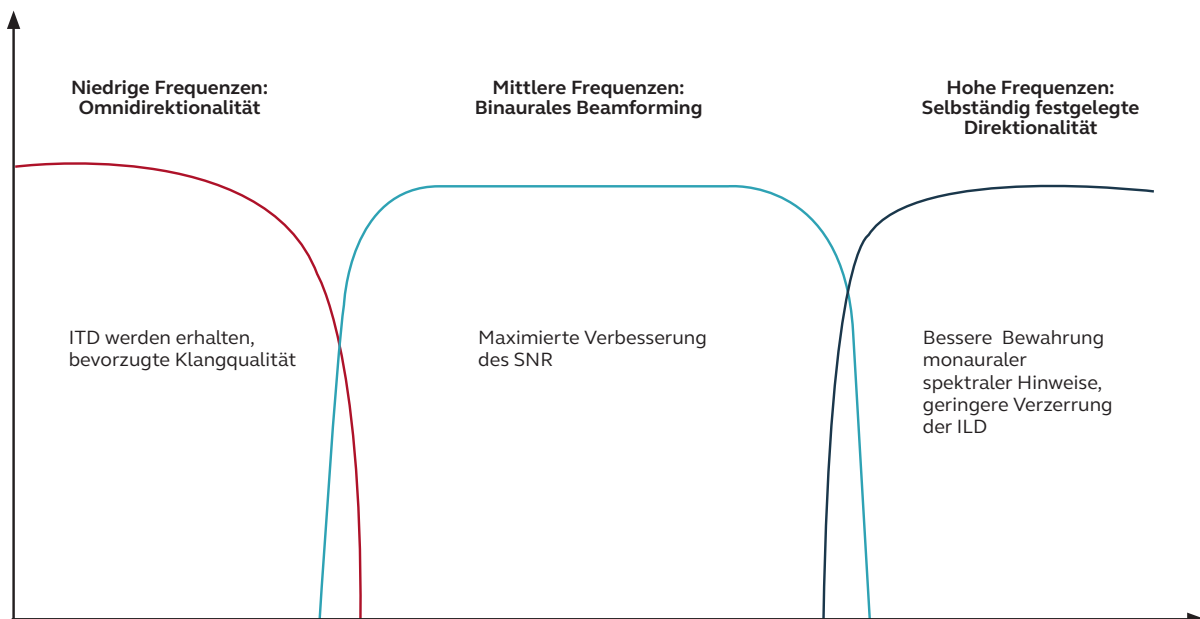


Abbildung 2. Der binaurale Beamformer von ReSound nutzt eine starke Direktionalität im mittleren Frequenzbereich. In den niedrigen und in den hohen Frequenzbändern hingegen bleiben die Hinweise für das räumliche Hören erhalten.

Verglichen mit der früheren direktionalen Technologie von ReSound kann der binaurale Beamformer die nach der Richtwirkung gewichtete Verständlichkeit (AI-DI)15 um ungefähr 2 dB verbessern. Abbildung 3 vergleicht die Verbesserung beim AI-DI in Relation zu Omnidirektionalität für vier Anordnungen. Verglichen wird einerseits der neue binaurale Beamformer mit den einander über-

kreuzenden Frequenzen und andererseits die frühere direktionale Technologie von ReSound mit unterteilten Bändern.

Eine weitere Funktion des binauralen Beamformers kann in solchen Alltagssituationen von Vorteil sein, in denen die störenden Geräusche nicht gleichmäßig verteilt auftreten. - Sie sitzen beispielsweise in einem Restaurant mit eher moderatem Geräuschpegel. Nun könnte es passieren, dass sich auf einer Seite Ihres Platzes ein Tisch befindet, an dem es lauter ist als an anderen Tischen. Für Situationen wie diese ist der binaurale Beamformer so ausgelegt, dass er den Kopfschatteneffekt nutzt: Er gewichtet dann adaptiv das Signal, das auf der Seite mit weniger Störgeräusch eintrifft, um eine starke Richtwirkung zu erreichen. Somit wird ein Teil des Störgeräuschs effektiv unterdrückt. Je größer die Unterschiede zwischen den Geräuschpegeln an beiden Ohren sind, desto mehr Gewicht wird jedem Signal eingeräumt, das auf der Seite mit weniger Störgeräusch eintrifft. Daraus folgt die Möglichkeit, den SNR in Umgebungen mit einem ungleichmäßig verteilten Geräuschpegel so zu verbessern, wie es mit einem Beamforming, bei dem die Signale beider Seiten paritätisch gemischt werden, nicht möglich ist.

Die Wirkung dieser Gewichtung wurde mit 10 Probanden getestet, deren Hörschwelle im normalen Bereich lag. Sie alle absolvierten eine Aufgabe, bei der Sprache in Störgeräusch erkannt werden sollte¹⁶, und zwar für vier

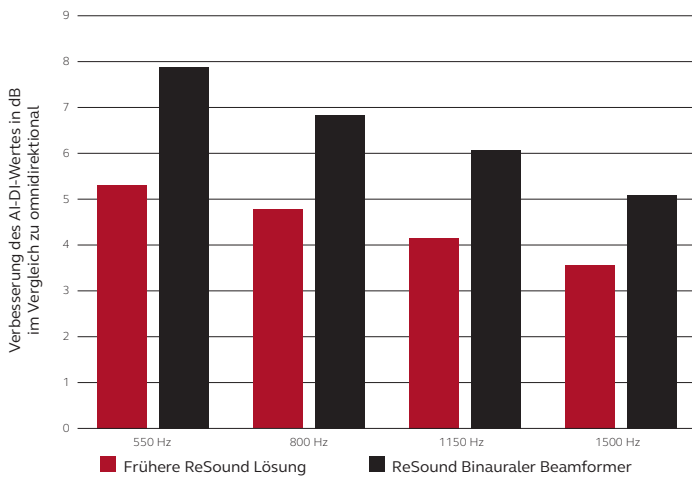


Abbildung 3. Verbesserung des AI-DI-Wertes im Vergleich zu omnidirektional für die frühere Direktionalität mit aufgeteiltem Band gegenüber dem neuen binauralen Beamformer von ReSound. Der Nutzen des binauralen Beamformers ist unabhängig von der Übergangsfrequenz größer.

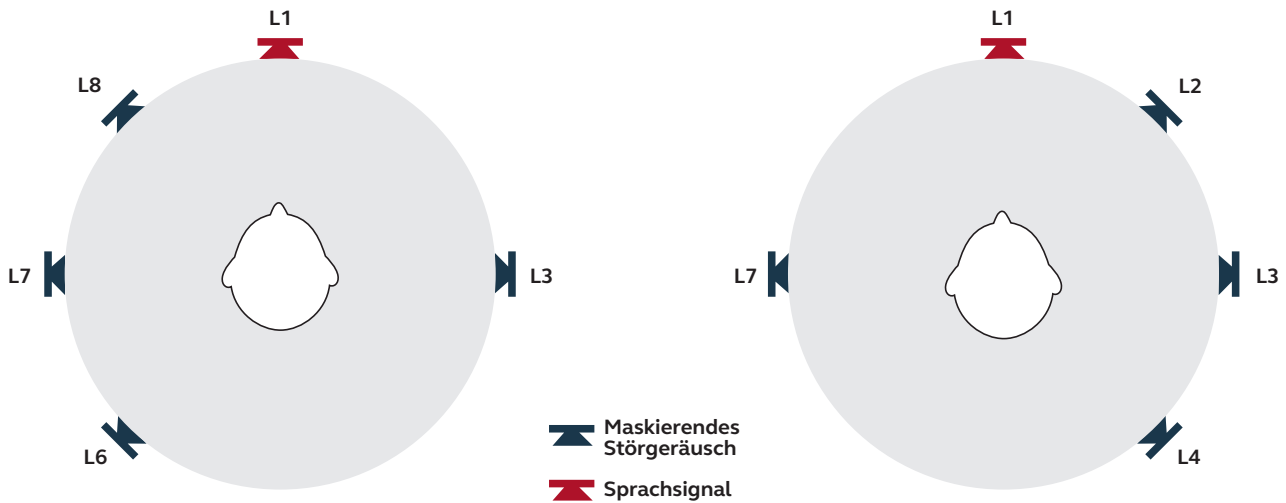


Abbildung 4. Versuchsanordnungen zum Testen der Gewichtung beim binauralen Beamformer. Das Cafeteria-Geräusch wurde vorrangig von rechts oder vorrangig von links präsentiert. Die Sprache kam von vorn.

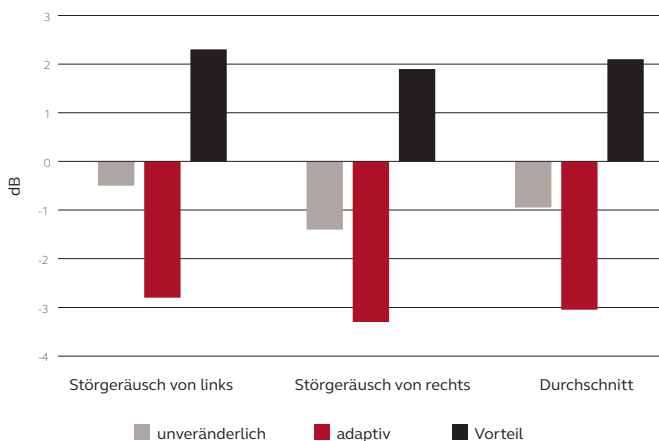


Abbildung 5. Wurde das störende Geräusch vorrangig von rechts oder vorrangig von links präsentiert, so verbesserte sich die Spracherkennung durch die adaptive Gewichtung des binauralen Beamformers um über 2 dB.

verschiedene Versuchsanordnungen, bei denen jeweils die Geräusche einer Cafeteria zur Maskierung genutzt wurden. Wie in Abbildung 4 illustriert, wurde das Störgeräusch entweder vorrangig von rechts oder vorrangig von links präsentiert. Durchgeführt wurde der Test in jeder dieser Konstellationen einmal mit und einmal ohne Gewichtung der weniger beeinträchtigten Seite mittels binauralem Beamforming. Die Ergebnisse für viel Störgeräusch auf der linken bzw. auf der rechten Seite unterschieden sich sowohl beim gewichteten als auch beim ungewichteten Beamforming leicht, jedoch nicht signifikant voneinander (siehe Abbildung 5).

EINE BINAURALE STRATEGIE ZUR NUTZUNG VON DIREKTIONALITÄT IM ALLTAG

Je nach akustischer Umgebung, Absichten und Zielen verwenden wir im täglichen Leben verschiedene natürliche, unbewusste Hörstrategien. Spazieren Sie beispielsweise in einer ruhigen Straße oder in einem Park, dann werden Sie auf andere Art zuhören als bei einem Gespräch auf einer Party, bei der viele Leute durcheinanderreden und im Hintergrund Musik läuft. Auf der ruhigen Straße werden Sie nebenbei immer noch wahrnehmen, was um Sie herum geschieht. Vielleicht hören Sie, wie sich ein Jogger von hinten nähert, und Sie wissen dann, dass Sie etwas Platz machen sollten, damit er Sie überholen kann. Oder jemand könnte Ihnen einen Gruß zurufen und Sie wüssten intuitiv, wohin Sie schauen müssten, um gleichfalls zu grüßen. Vielleicht lauschen Sie aber auch dem Gesang der Vögel und dem Rauschen der Blätter; also sollen diese Geräusche natürlich und authentisch klingen.

Ganz anders verhält es sich in der lauten Party-Umgebung: Wenn Sie sich hier unterhalten, schauen Sie auf Ihren Gesprächspartner, um auch visuelle Informationen zu nutzen. Sie könnten näher an ihn herantreten oder auch leicht Ihren Kopf neigen, um seine Stimme so gut wie möglich zu erfassen. Die Hörbarkeit und die Klarheit dieser Stimme sind jetzt das Wichtigste.

Die Art und Weise, wie Sie zuhören, unterscheidet sich also je nach Situation und in Abhängigkeit von Ihren Intentionen. Daher sollte auch die Technologie von Hörsystemen so konzipiert sein, dass sie verschiedene Arten des Hörens unterstützt, anstatt alles in starre Schemen zu pressen. Die All Access Direktionalität nutzt die Analyse der akustischen Umgebung, um ReSound ONE Hörsysteme zu steuern, die beidseitig angepasst wurden. Dabei wird aus drei verschiedenen Hör-Modi ausgewählt, die die optimalen Einstellungen für jene Hörstrategien unterstützen, die wir auch natürlicher Weise nutzen. Diese drei Modi sind die Erhaltung von Hinweisen zur räumlichen Wahrnehmung, das binaurale Hören und die Sprachverständlichkeit.

ERHALTUNG VON HINWEISEN ZUR RÄUMLICHEN WAHRNEHMUNG

Beim Modus zur Erhaltung von Hinweisen der räumlichen Wahrnehmung betont die All Access Direktionalität die Natürlichkeit sowie die gesamte Klangqualität. Zwar helfen Richtmikrofone beim Hören in lauter Umgebung,

sie gehen jedoch auch mit Abstrichen in der Klangqualität einher. In bestimmten Situationen kann genau das in entscheidender Weise stören. So wurde nachgewiesen, dass Nutzer in ruhigen Umgebungen mit geringer Komplexität die Klangqualität der omnidirektionalen Verarbeitung einer direktionalen Verarbeitung vorziehen.^{17,18,19} Da der durchschnittliche Nutzer seine Hörsysteme in leisen Umgebungen sogar häufiger trägt als in lauten, ist sein Hör-Erlebnis hier natürlich ebenso wichtig. Darüber hinaus belegen Umfragen wie MarkeTrak und EuroTrak durchweg, dass die Nutzer mit den Vorteilen beim Hören in diesen Situationen sehr zufrieden sind. Es sind deshalb keine offensiven Strategien zur Verbesserung des SNR oder zur Reduzierung von Störgeräuschen erforderlich, die andererseits das Signal verzerren und die generelle Klangqualität beeinträchtigen könnten.²¹ Eine Möglichkeit, die Klangqualität zu verbessern, besteht darin, Hinweise für das räumliche Hören so weit wie möglich zu erhalten. Die Nutzer können die Schallinformationen aus ihrem Umfeld isolieren sowie die Richtung und die Entfernung von Schallquellen ermitteln. Spatial Sense hilft dabei, diese räumlichen Hinweise zu erhalten. Das Hörsystem des Nutzers verwendet sie, um eine klangliche Vorstellung vom Umfeld zu ermöglichen.

Spatial Sense begegnet drei Schwierigkeiten, die die Berücksichtigung raumakustischer Hinweise durch Hörsysteme beeinträchtigen können. Zum einen fallen bei Hinter-dem-Ohr-Systemen (HdO) sowie bei Receiver-im-Ohr-Systemen (RIE) durch die Platzierung der Mikrofone oberhalb der Ohrmuschel spektrale Hinweise der Pinna weg.^{22,23} Zudem verzerrt die Platzierung oberhalb der Ohrmuschel auch die ILD.²⁴ Und zum dritten kann die selbständig arbeitende Wide Dynamic Range Compression (WDRC) zweier beidseitig angepasster Hörsysteme die ILD ebenfalls verzerren.²⁵ Für Standard-RIE-Hörer bietet Spatial Sense einen Algorithmus zur Pinna-Kompensation, der sich an den Eigenschaften eines durchschnittlichen Ohres orientiert. Verglichen mit Omnidirektionalität verbessert dieser Algorithmus die Lokalisierung für vorn und hinten²⁶ und er verringert Fehler beim Abschätzen der ILD.²⁷ Spatial Sense verfügt aber auch über einen Algorithmus zur binauralen Kompression. Er ist dafür ausgelegt, natürliche interaurale Level (ILD) zu bewahren. Beim neuen M&RIE-Hörer, der beim ReSound ONE für leichte bis mittelgradige Hörverluste genutzt werden kann, wird ein Mikrofon im Gehörgang des Nutzers platziert. Die spektralen Filtereigenschaften der natürlichen Ohrmuschel bleiben somit vollständig erhalten. Ergebnis ist eine bessere Klangqualität gegenüber der bei Omnidirektionalität sowie gegenüber der bei Verwendung einer Ohrmuschelkompensation.²⁸

BINAURALES HÖREN

Viele akustische Umgebungen des Alltags sind nicht allzu komplex und dynamisch. Es können mehrere Sprecher oder andere Geräuschquellen vorhanden sein und ihre Position im Raum kann wechseln. Für jemanden mit uneingeschränktem Gehör ist es kein Problem, die interessierenden Schallinformationen auszuwählen und sich auf diese zu konzentrieren. Diese Person wäre ebenso in der Lage, ihre Aufmerksamkeit von einem Hintergrundgeräusch auf ein anderes zu verlagern und Schallinformationen je

nach Interesse wahrzunehmen oder auszublenden. Auch Gesprächen verschiedener Gesprächspartner könnte sie folgen. Doch die meisten Hörsysteme gehen bei der Steuerung der Richtmikrofone von zwei Annahmen aus: Das interessierende Signal befindet sich entweder vor dem Nutzer oder es ist das lauteste wahrnehmbare Signal. Im Prinzip wird der Nutzer somit in jeder Situation mit Hintergrundgeräuschen in einen bestimmten Hör-Modus gezwängt. Denn fraglos steht die angenommene Intention des Nutzers mitunter im Widerspruch zu seiner tatsächlichen Intention. So fanden etwa Cord et al.²⁹ heraus, dass sich die Quelle des interessierenden Signals entweder bewegt oder dass der Zuhörer ein Drittel der Zeit nicht zu ihr schaut. Verwenden beide Hörsysteme in einer solchen Situation eine Richtmikrofon-Einstellung, so kann das für ihren Träger alles andere als hilfreich sein.

Der Modus für binaurales Hören basiert auf der Beobachtung, dass Ohren je nach Belieben so ausgerichtet werden können, dass Umgebungsgeräusche verstärkt oder verringert werden. Ist die akustische Umgebung nicht allzu komplex, so ist man erst einmal nicht auf räumliche Hinweise angewiesen. Stattdessen verlässt man sich auf das Ohr, das das gewünschte Signal am besten aufnehmen kann. Man nutzt sozusagen das „bessere Ohr“. Die Fähigkeit zur Fokussierung wird von der Richtcharakteristik beider Ohren unterstützt und es entscheidet der SNR am besseren Ohr.³⁰ Diese Annahme wurde auf die Verwendung von Richtmikrofonen in Hörsystemen übertragen, was nachweislich richtig ist. Verwendet man ein Richtmikrofon auf der einen und ein omnidirektionales Mikrofon auf der anderen Seite, so schneiden Probanden bei den üblichen Tests für Sprachverstehen im Störgeräusch ebenso gut ab wie mit Richtmikrofonen auf beiden Seiten.^{31,32} Jenes Ohr, das den Richtcharakteristik hat, bestimmt, wo der Vorteil für die Wahrnehmung liegt. Für einen Träger von Hörsystemen folgt aus der Wechselbeziehung zwischen eigener Intention und akustischem Umfeld, dass das „bessere Ohr“ nicht zwingend ein Richtmikrofon benötigt; vielmehr kann die Richtcharakteristik den Zugriff auf das interessierende Signal erschweren.

Schöpferische Auseinandersetzung führte zu einem Ansatz, bei dem die Richtcharakteristik so eingesetzt wird, dass sie die Fähigkeit des Gehirns zur Verlagerung der Aufmerksamkeit ausnutzt. Vermieden wird zugleich der größte Nachteil Richtcharakteristik: nämlich die beschränkte Hörbarkeit von Signalen, die sich nicht innerhalb des Richtstrahls befinden. Der Modus für binaurales Hören optimiert für beide Ohren die Richtcharakteristik. Somit ist sichergestellt, dass es jederzeit ein „besseres Ohr“ für jene Signale gibt, die der Nutzer hören möchte – unabhängig davon, wo sich die Quelle des Signals befindet. Die Vorteile, die dieser Modus gegenüber modernen Hörsystemen mit starker Richtcharakteristik beim Erkennen und beim Verstehen von Sprache bietet, wurden von Jespersen et al.⁵ nachgewiesen. Demnach ist die Leistung nahezu gleichwertig, wenn das interessierende Signal vor dem Nutzer auftritt; kam es jedoch von der Seite oder von hinten, so war der binaurale Modus deutlich überlegen. Wie erwähnt, wurden die Nachteile starker Richtcharakteristik für das Auffinden und das Verfolgen interessierender Signale auch von anderen Forschern nachgewiesen.

Die All Access Richtcharakteristik ergänzt den binauralen Hörmodus um eine starke Richtcharakteristik in Kombination mit binauraler Beamforming-Technologie. Das soll den Richtcharakteristik erhöhen, wenn das interessierende Signal von vorne kommt. Auf den ersten Blick scheint dies im Widerspruch zum Zweck des binauralen Hör-Modus zu stehen, aber dem ist nicht so. Die starke Richtcharakteristik wird zwar aus den Signalen beider Ohren gebildet; es wird jedoch nur an ein Ohr übertragen, während das andere Ohr optimiert omnidirektional hört und somit auch Signale aufnehmen kann, die sich nicht vor dem Nutzer befinden. Durch die Kombination der Richtcharakteristiken entsteht ein schärferer Kontrast zwischen dem, was linkes und rechtes Ohr aufnehmen. Der Nutzer hat mehr Möglichkeit, sich auf sein „besseres Ohr“ zu verlassen.

SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT

Manche akustischen Umgebungen bestehen aus einem diffusen Gemisch aus Schall, in dem sich auch die Stimmen einzelner Sprecher befinden. In einer solchen Umgebung wird der Zuhörer wahrscheinlich eine Strategie nutzen, bei der er seinem Gesprächspartner vis-à-vis gegenübersteht, um dessen visuelle Hinweise wahrzunehmen und um die Hörbarkeit seiner Stimme zu maximieren. Für Situationen mit diffusem Hintergrund wurde zudem gezeigt, dass das Erkennen der Sprache von vorn bei einer beidseitig Richtcharakteristik besser sein kann als bei einer asymmetrischen Richtcharakteristik.^{33,34} Um diese Strategie optimal zu unterstützen, nutzt der Modus für Sprachverständlichkeit unter Verwendung der binauralen Beamforming-Technologie in beiden Hörsystemen eine stark Richtcharakteristik. Wie bereits beschrieben, besteht die Einzigartigkeit dieser Technologie darin, dass sie den SNR in den für Sprache wichtigen Frequenzen verbessert, während zugleich binaurale Hörsignale erhalten bleiben.

ULTRA FOCUS

In manchen Gesprächssituationen möchte sich der Hörer ausschließlich auf die Worte seines Gegenübers konzentrieren. Hier kann der Nutzer das Programm Ultra Focus wählen, das mit den ReSound ONE Hörsystemen erstmals angeboten wird. Unter diesen besonderen Bedingungen ermöglicht es dem Nutzer, die automatischen Einstellungen auszuschalten. Denken wir zum Beispiel an eine Situation in einem lauten Flughafengebäude. Hier könnte es schwierig werden, die Aussage eines Service-Mitarbeiters zu verstehen. Kommt Sprache im unmittelbaren Umfeld aus mehreren Richtungen, so wird die All Access Richtcharakteristik in jenen Modus wechseln, der binaurales Hören unterstützt. Der Nutzer hingegen möchte in dieser herausfordernden Umgebung genau diesen einen Service-Mitarbeiter verstehen. Das wird ihm am besten gelingen, wenn er manuell zum Ultra Focus wechselt, der den SNR und die Sprachverständlichkeit in genau solchen Eins-zu-eins-Gesprächen maximiert.

Zu den Einstellungen beim Ultra Focus gehört die Aktivierung des binauralen Beamformers bei der niedrigsten Übergangsfrequenz von 550 Hz. Der SNR wird um bis zu 2 dB verbessert, was einem Plus an Spracherkennen von

etwa 30% entspricht. Priorität hat beim Ultra Focus zudem die Klarheit des Signals.

Ein Schema mit einer niedrigen Zeitkonstanten wird verwendet. Durch dieses wird nicht nur der zeitlich variierende Tonumfang der Sprache erhalten. Gleichfalls erhalten bleiben kurzfristige Wechsel im spektralen Muster des Schalls, die Sprachinformationen übermitteln.^{35,36} Und es werden kurzfristige Schwankungen in der Lautstärke bewahrt, so dass Hinweise zur Lokalisierung, die auf dem ILD basieren, nicht merklich unterbrochen werden.

Akustische Situationen, in denen Nutzer den Ultra Focus aktivieren möchten, sind wahrscheinlich sowohl Situationen mit großem Nachhall als auch laute Situationen. Die Störgeräuschunterdrückung durch den NoiseTracker II ist daher auf ein moderates Level für minimale Signalverzerrungen eingestellt.²¹ Berücksichtigt werden hier neueste Erkenntnisse, die belegen, dass durch die Verwendung einer starken Störgeräuschunterdrückung im Nachhall der SNR und die Spracherkennung beeinträchtigt werden; die Höranstrengung nimmt zu, während sich der Hörkomfort nicht signifikant erhöht.³⁷

ÜBER DIE AUTOREN

Jennifer Groth, MA ist Director Audiology Communications der Global Audiology bei GN ReSound. Zuvor war sie bereits als Produktmanagerin und als Senior Research Audiologist bei GN ReSound tätig. Vor ihrem Einstieg in das Unternehmen arbeitete sie als klinische Audiologin im Universitätskrankenhaus Gentofte (Dänemark), und sie koordinierte in Kopenhagen ein Projekt zum OAE-Hörscreening für Neugeborene. Sie besitzt einen M.A.-Abschluss in Sprachpathologie und Audiologie, den sie an der Universität Iowa (USA) erworben hat.

ZUSAMMENFASSUNG

Hörsysteme mit Richtmikrofonen können vorteilhaft für ihre Nutzer sein und deren Zufriedenheit bezüglich der Hörtechnik steigern. Viele Nutzer von Hörsystemen kennen die modernen Features ihrer Hörsysteme jedoch gar nicht. Zudem hängt es immer von der Situation ab, welche Auswirkungen Funktionen wie etwa die Richtmikrofone haben. Ein Mechanismus zur Kontrolle der Richtmikrofonen ist daher ebenso wichtig wie die Technologie zur Klangverarbeitung. Im Sinne der Philosophie des organischen Hörens setzt ReSound ONE auf eine evidenzbasierte binaurale Hörstrategie, bei der Richtmikrofonen mittels All Access Richtmikrofonen gesteuert werden. Zugleich wird fortschrittliches binaurales Beamforming von Ohr zu Ohr genutzt. Dieses verbessert die Spracherkennung im Störgeräusch, ohne dabei räumliche Hinweise zu eliminieren, die für das natürliche Hörerlebnis wichtig sind.

Yaser Georgos ist Fachlicher Leiter Audiologie der GN Hearing GmbH in Münster. Der Hörakustiker-Meister arbeitete mehr als zehn Jahre in Hörakustik-Fachgeschäften, ehe er 2012 zur GN Hearing wechselte. Hier war er zuvor als Vertriebsaudiologe sowie als Gebietsleiter tätig.

LITERATUR

1. Picou EM. MarkeTrak 10 (MT10) Survey Results Demonstrate High Satisfaction with and Benefits from Hearing Aids. *Seminars in Hearing*. 2020; 41(1):21-36.
2. Groth J. Hearing aid directionality with binaural processing. *AudiologyOnline*. 2016 May. Available from www.audiologyonline.com.
3. Appleton J, König G. Improvement in speech intelligibility and subjective benefit with binaural beamformer technology. *Hearing Review*. 2014;21(10):40-2.
4. Picou EM, Aspell E, Ricketts TA. Potential benefits and limitations of three types of directional processing in hearing aids. *Ear and Hearing*. 2014 May 1;35(3):339-52.
5. Jespersen CT, Kirkwood B, Groth J. Effect of directional strategy on audibility of sounds in the environment for varying hearing loss severity. *Canadian Audiologist*. 2017;4(6). Available from: <http://canadianaudiologist.ca/issue/volume-4-issue-6-2017/directional-strategy-feature/>.
6. Best V, Roverud E, Mason CR, Kidd Jr G. Examination of a hybrid beamformer that preserves auditory spatial cues. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2017 Oct 12;142(4):EL369-74.
7. Brimijoin WO, Whitmer WM, McShefferty D, Akeroyd MA. The effect of hearing aid microphone mode on performance in an auditory orienting task. *Ear Hear*. 2014; 35(5): e204-e212.
8. Archer-Boyd AW, Holman JA, Brimijoin WO. The minimum monitoring signal-to-noise ratio for off-axis signals and its implications for directional hearing aids. *Hearing Research*. 2018 Jan 1;357:64-72.
9. Van den Bogaert T, Klasen TJ, Moonen M, Van Deun L, Wouters J. Horizontal localization with bilateral hearing aids: Without is better than with. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2006 Jan;119(1):515-26.
10. Groth J, Laureyns M, Piskosz M. Double-blind study indicates sound quality preference for surround sound processor. *Hearing Review*. 2010;17(3):36-41.
11. Goyette A, Crukley J, Galster J. The Effects of Varying Directional Bandwidth in Hearing Aid Users' Preference and Speech-in-Noise Performance. *American Journal of Audiology*. 2018 Mar 8;27(1):95-103.
12. Groth J, Laureyns M. Preserving localization in hearing instrument fittings. *The Hearing Journal*. 2011 Feb 1;64(2):34-8.
13. Møller K, Jespersen C. The Effect of Bandsplit Directionality on Speech Recognition and Noise Perception. *Hearing Review Products*. 2013 Jun:8-10.
14. Pavlovic CV. Band importance functions for audiological applications. *Ear and Hearing*. 1994 Feb;15(1):100-4.
15. Ricketts TA. Directional hearing aids. *Trends in Amplification*. 2001 Dec;5(4):139-76.
16. Bo Nielsen J, Dau T, Neher T. A Danish open-set speech corpus for competing-speech studies. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2014 Jan;135(1):407-20.
17. Walden B, Surr R, Cord M, Dyrland O. Predicting hearing aid microphone preference in everyday listening. *J Am Acad Audiol*. 2004;15;365-96.
18. Walden B, Surr R, Cord M, Grant K, Summers V, Dittberner A. The robustness of hearing aid microphone preferences in everyday environments. *J Am Acad Audiol*. 2007;18;358-79.
19. Preves DA, Sammeth CA, Wynne MK. Field trial evaluations of a switched directional/omnidirectional In-The-Ear hearing instrument. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1999 May 1;10(5):273-84.
20. Humes LE, Rogers SE, Main AK, Kinney DL. The acoustic environments in which older adults wear their hearing aids: insights from datalogging sound environment classification. *American Journal of Audiology*. 2018 Dec 6;27(4):594-603.
21. Rallapalli V, Anderson M, Kates J, Balmert L, Sirow L, Arehart K, Souza P. Quantifying the Range of Signal Modification in Clinically Fit Hearing Aids. *Ear and Hearing*. 2020 Mar 1;41(2):433-41.
22. Orton JF, Preves D. Localization as a function of hearing aid microphone placement. *Hearing Instruments*. 1979; 30(1): 18-21.
23. Westerman S, Topholm J. Comparing BTEs and ITEs for localizing speech. *Hearing Instruments*. 1985; 36(2); 20-24.
24. Udesen J, Piechowiak T, Gran F, Dittberner A. Degradation of spatial sound by the hearing aid. *Proceedings of ISAAR 2013: Auditory Plasticity – Listening with the Brain*. 4th Symposium on Auditory and Audiological Research. August 2013, Nyborg, Denmark. Dau T, Santurette S, Dalsgaard JC, Tanejbaerg L, Andersen T, Poulsen T eds.
25. Kollmeier B, Peissig J, Hohmann V. Real-time multiband dynamic range compression and noise reduction for binaural hearing aids. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 1993; 30: 82-94.
26. Carette E, Van den Bogaert T, Laureyns M, Wouters J. Left-right and front-back spatial hearing with multiple directional microphone configurations in modern hearing aids. *J Am Acad Audiol* 2014;25(9):791-803.

27. Groth J. The technical proof for clearer, fuller and richer sound with ReSound LiNX Quattro. ReSound white paper. 2018.
28. Groth J. An innovative RIE receiver with microphone in the ear lets users “hear with their own ears”. ReSound white paper. 2020.
29. Cord MT, Surr RK, Walden BE, Dittberner AB. Ear asymmetries and asymmetric directional microphone hearing aid fittings. *American Journal of Audiology*. 2011.
30. Zurek PM. Binaural advantages and directional effects in speech intelligibility. In G. Studebaker & I. Hochberg (Eds.), *Acoustical Factors Affecting Hearing Aid Performance*. Boston: College-Hill, 1993.
31. Cord MT, Walden BE, Surr RK, Dittberner AB. Field evaluation of an asymmetric directional microphone fitting. *J Am Acad Audiol*. 2007;18:245-56.
32. Bentler RA, Egge JLM, Tubbs JL, Dittberner AB, Flamme GA. Quantification of directional benefit across different polar response patterns. *J Am Acad Audiol*. 2004;15:649-59.
33. Hornsby B. Effects of noise configuration and noise type on binaural benefit with asymmetric directional fittings. Seminar presented at: 155th Meeting of the Acoustical Society of America; June 30-July 4, 2008; Paris, France.
34. Kirkwood B, Jespersen CT. How asymmetric directional hearing aid fittings affect speech recognition. *Canadian Audiologist*;4(1). Available from: <https://www.canadianaudiologist.ca/issue/volume-4-issue-1-2017/asymmetric-speech-recognition-feature/>.
35. Drullman R, Festen JM, Plomp R. Effect of temporal envelope smearing on speech reception. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1994 Feb;95(2):1053-64.
36. Kluender KR, Coody JA, Kiefte M. Sensitivity to change in perception of speech. *Speech Communication*. 2003 Aug 1;41(1):59-69.
37. Reinhart P, Zahorik P, Souza P. The interaction between reverberation and digital noise reduction in hearing aids: Acoustic and behavioral effects. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2017 May;141(5):3971.

GN Hearing GmbH
An der Kleimannbrücke 75
48157 Münster
Tel.: +49 251 20396-0
Fax: +49 251 20396-250
www.resoundpro.com