

# Auswirkung einer direktionalen Strategie auf die Hörbarkeit von Umgebungsgeräuschen für unterschiedliche Grade an Hörverlust

Charlotte T. Jespersen, MA, Brent Kirkwood, PhD, Jennifer Groth, MA, Ingo Fennen

---

## ZUSAMMENFASSUNG

Es ist ausreichend untersucht und bestätigt, dass direktionale Mikrofone in Hörgeräten das Verstehen im Störgeräusch unter Laborbedingungen verbessern. Die Vorteile von Direktionalität, die außerhalb des Labors wahrgenommen werden, sind jedoch weniger einschneidend. Die Entwicklung der direktionalen Technologie im Laufe des letzten Jahrzehnts war darauf ausgerichtet, den Nutzen unter Laborbedingungen zu steigern – und zwar durch Automaten sowie in jüngerer Zeit mithilfe von binauralem Beamforming, welches durch den Austausch von Daten der Hörgeräte untereinander möglich wurde. ReSound verfolgte eine neue und grundsätzlich andere Strategie bei der Anwendung direktonaler Technologien, welche die auditorische Verarbeitung im Gehirn nutzt. Ziel dieser Strategie ist es, den Nutzen im täglichen Leben zu optimieren. In vorliegender Studie wird die Binaurale Direktionalität III von ReSound mit zwei auf dem Markt verfügbaren binauralen Beamforming-Lösungen verglichen, um so die möglichen Vor- und Nachteile dieser sehr verschiedenen Ansätze der Verwendung von Hörgeräte-Direktionalität zu erkunden.

---

Direktionale Mikrofone sind für Signale, die aus einer bestimmten Richtung kommen, empfindlicher als für Signale aus anderen Richtungen. Die daraus resultierende Direktionalität ist die Hörgeräte-Technologie, die das Sprachverstehen in Situationen mit vielen Störgeräuschen nachweislich verbessert. Allerdings müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein, bevor der Nutzer von einem direktionalen Mikrofon profitieren kann. Zum einen muss das interessierende Signal von den störenden Geräuschquellen räumlich separiert sein. Zum anderen muss sich das interessierende Signal innerhalb des direktonalen Bereichs befinden, und es sollte nicht mehr als zwei Meter vom Hörenden entfernt sein. Direktionale Mikrofone in Hörgeräten decken einen nach vorne ausgerichteten Bereich ab, wenn sie am Kopf getragen werden. Das bedeutet, dass der Träger des Hörgerätes in die Richtung des gewünschten Signals schauen muss, um eine optimale Verständlichkeit zu erhalten. Konstruiert man eine Labor-Umgebung, die diese Voraussetzungen erfüllt, so lässt sich der Nutzen direktonaler Hörgeräte-Mikrofone leicht nachweisen. Allerdings sind Umgebungen im realen Leben nur eingeschränkt mit den arrangierten Umgebungen von Labortests vergleichbar. Hinsichtlich der Akustik, der Art sowie der Position des interessierenden Signals sowie der Art und der Verteilung störender Geräusche sind die realen Hörumgebungen unvorhersehbar. Erschwerend kommt hinzu, dass sich alle Geräuschquellen auch noch bewegen können, und dass der Hörende seine Aufmerksamkeit vielleicht von einem Signal auf ein anderes verlagern möchte.

Ein Signal, das soeben noch von Interesse war, kann im nächsten Moment Störgeräusch sein.

Es wurde festgestellt, dass der Nutzen direktonaler Mikrofone nicht in gleichem Maße wahrgenommen wird, wie es die Labortests implizieren (1). Es gibt zahlreiche akustische und persönliche Faktoren, die zu diesem Widerspruch führen. Ein zusätzlicher Faktor ist, dass die Wahrnehmung des interessierenden Signals mittels direktonaler Mikrofone schlicht und einfach dadurch gestört werden kann, dass der Hörgeräteträger nicht in die Richtung der Signalquelle schaut. Es wird angenommen, dass Personen, die direktonale Hörgeräte tragen, ihren Blick immer zur Schallquelle richten, die sie hören wollen. Im täglichen Leben ist es jedoch alles andere als ungewöhnlich, auf Signale zu achten, denen man sich nicht zuwendet. Tatsächlich wurde nachgewiesen, dass Erwachsene mehr als 30 Prozent der Zeit, in der sie aktiv zuhören, auf Signale achten, die sich nicht in Blickrichtung befinden. Sie befinden sich entweder in Situationen mit mannigfaltigem Nutzschall oder in Situationen, in denen sich die Schallquellen bewegen, oder in Situationen, in denen mehrere dieser Faktoren zusammenreffen (2).

Um sowohl die Vor- als auch die Nachteile der Direktionalität zu berücksichtigen, hat sich ReSound für einen neuartigen Ansatz zur Verwendung dieser Technologie entschieden. Die Binaurale Direktionalität III nutzt die Fähigkeit des Gehirns, die jeweiligen Inputs beider Ohren

mit einander zu vergleichen und dann ein auditives Abbild der Umgebung zu erzeugen. Indem ein verbessertes Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) für Signale von vorn hergestellt wird, zugleich jedoch Schallereignisse hörbar bleiben, deren Quelle außerhalb des Sichtfeldes liegt, ermöglicht die Binaurale Direktionalität III den Hörgeräte-Trägern, sich auf bestimmte Signale zu konzentrieren, in Kontakt mit ihrer gesamten Hörumgebung zu bleiben und die Aufmerksamkeit nach Belieben verlagern zu können (3, 4). Die Binaurale Direktionalität III gleicht den Mikrofon-Modus beider Hörgeräte in Abhängigkeit der Anwesenheit von Sprache und anderen Geräuschen in der Umgebung ab und berücksichtigt dabei ebenfalls die Richtung, aus der Sprache eintrifft. Zu den möglichen Konfigurationen, die daraus resultieren können, zählen das bilaterale Spatial Sense, bilaterale Direktionalität, asymmetrische Direktionalität mit Direktionalität auf der rechten Seite und asymmetrische Direktionalität mit Direktionalität auf der linken Seite (5). Das Grundprinzip der Binauralen Direktionalität III steht im deutlichen Gegensatz zu den fortgeschrittenen direktionalen Technologien in anderen Premium-Hörgeräten. Der Fokus der Entwicklung bei diesen anderen Technologien lag darauf, die Verbesserung des SNR unter Laborbedingungen zu maximieren. Die jüngste Entwicklung ist hier die Nutzung eines Settings von allen vier Mikrofonen an zwei bilateral getragenen Hörgeräten mit dualen Mikrofonen, um so eine stärkere Ausrichtung nach vorne zu erreichen; üblicher Weise wird dies als binaurales Beamforming bezeichnet. Ein binauraler Beamformer erzeugt ein monaurales Signal, das beiden Ohren zugeführt wird. Während hierbei möglicher Weise zusätzliche Funktionen versuchen, notwendige Merkmale für die Lokalisierung zu erhalten, ist die vorherrschende Auswirkung dieses Ansatzes, die Unterscheidung des akustischen Signals des einen und des anderen Ohres auszuschalten. Doch erst die Fähigkeit, die Signale unterscheiden zu können, ermöglicht binaurales Hören. Verglichen mit traditioneller Direktionalität zeigten sich für diesen Ansatz bei Tests von Sprache im Störgeräusch unter Laborbedingungen entweder mäßige oder unbedeutende Verbesserungen des direktionalen Vorteils für Sprache von vorn (6, 7). Das Fehlen größerer Unterschiede steht möglicher Weise im Zusammenhang damit, dass in Folge des binauralen Beamformings maßgeblich binaurale Informationen ausgefiltert werden.

Wie schwer wiegt der Abstrich, der für den zusätzlichen Vorteil, den die binauralen Beamformer bieten, in Kauf genommen wird? Oder anders gefragt; wieviel wiegt der Vorteil einer eher bescheidenen Verbesserung des Verstehens in Störlärm für Sprache von vorn gegenüber den möglichen Nachteilen einer verringerten Hörbarkeit von Sprache, die aus anderen Richtungen kommt? Am Anfang der Antwort auf diese Frage ist es von Interesse zu erkunden, wie die Leistung der Spracherkennung in Störlärm unter Laborbedingungen beeinflusst wird, wenn Sprache aus verschiedenen Richtungen kommt. Die in vorliegendem Aufsatz beschriebene Untersuchung vergleicht die Leistung, die die Teilnehmer erreichten, wenn sie mit ReSound Hörgeräten mit Binauraler Direktionalität III versorgt waren, mit der Leistung, die sie mit zwei am Markt verfügbaren Premium-Hörgeräten mit binauralem Beamforming erreichten.

Bei der Untersuchung wurde gefragt:

- Gibt es einen Unterschied für die Spracherkennung in Störlärm für Sprache von vorn zwischen der Binauralen Direktionalität III und dem binauralen Beamforming; wenn ja, in welcher Größe?
- Gibt es zwischen der Binauralen Direktionalität III und dem binauralen Beamforming einen Unterschied bei der Spracherkennung in Störlärm für Sprache von der Seite und von hinten; wenn ja, in welcher Größe?
- Sind die Ergebnisse vom Grad der Hörschädigung abhängig?

## AUFBAU DES VERSUCHS

### VERSUCHSTEILNEHMER

Zehn Personen (sechs männlich und vier weiblich) mit moderatem beidseitigem Hörverlust absolvierten den Test 1. Sieben Personen mit starkem bis hochgradigem Hörverlust nahmen am Test 2 teil.

### HÖRGERÄTE UND ANPASSUNG

Die verwendeten Hörgeräte von ReSound waren HdO-Systeme und Super Power HdO-Systeme mit Binauraler Direktionalität III. Zum Vergleich wurden Premium-HdO-Systeme und Super Power HdO-Systeme zweier anderer Hersteller genutzt, die binaurales Beamforming verwenden (Wir nennen diese hier „Hörgerät A“ und „Hörgerät B“). Mit Blick auf den Grad des Hörverlustes wurde die Untersuchung in zwei Teile unterteilt. Im Teil 1 hatten die Probanden einen moderaten Hörverlust, und sie wurden mit Standard HdO-Systemen versorgt. Im Teil 2 hatten die Probanden einen starken bis hochgradigen Hörverlust, und sie wurden mit Super Power HdO-Systemen versorgt.

Die jeweils drei Test-Hörgeräte wurden gemäß Vorgabe des NAL-NL2 für das individuelle Audiogramm des jeweiligen Teilnehmers angepasst, um Abweichungen bei der Einstellung der Verstärkung – eine Ursache für mitunter festgestellte Unterschiede – auszuschließen. Die Hörgeräte der anderen Hersteller erhielten eine Feineinstellung, mit der sie auf die Verstärkung der ReSound Hörgeräte abgestimmt waren. Dies erfolgte in einer Messbox und unter Verwendung des ISTS Signals bei 65 dB SPL. Soweit machbar, wurde die Verstärkungskurve für sämtliche Frequenzen zwischen 500 und 3.000 Hz auf einen Wert von +/- 2 dB an die ReSound Hörgeräte angeglichen.

Die ReSound Hörgeräte wurden mit Binauraler Direktionalität III angepasst, die anderen Hörgeräte mit aktivem binauralem Beamforming. Alle weiteren Einstellungen wurden gemäß den Vorgaben des jeweiligen Herstellers belassen.

### TESTMATERIAL UND AUFBAU

Die Testteilnehmer absolvierten einen Test zum Sprachverstehen, der auf dem „Danish open-set speech corpus for competing-speech studies“ basierte (8). Der Test wird hier im Folgenden als der DAT-Test bezeichnet. Es ist ein adaptiver Test, mit dem sich die Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) in einem SNR untersuchen lässt. In diesem Test kommen sowohl das eigentliche Signal als

auch das konkurrierende Umgebungsgeräusch von individuellen Sprechern – ein Unterschied zu vielen anderen adaptiven Tests zu Sprache im Störgeräusch, welche ein sprachähnliches Störgeräusch bzw. unverständliches Sprachgeräusch für die Maskierung nutzen. Ein Test, bei dem individuelle Sprecher als konkurrierende Signale fungieren, ist außerordentlich herausfordernd, weil es hier nicht nur zu einer energetischen Überlagerung kommt, sondern auch zu einer Überlagerung von Informationen. Weil die konkurrierende Sprache verständlich ist, dürfte der DAT-Test eher einer Situation im wirklichen Leben entsprechen als die allgemein gebräuchlichen Tests zum Sprachverstehen im Störgeräusch. Das Sprach-Material umfasst drei Sets aus 200 unikalen Sätzen auf Dänisch. Gebildet werden diese Sätze nach einem festgelegten Satz-Schema mit zwei austauschbaren Ziel-Worten:

„[Name] dachte gestern an [Nomen] und [Nomen]“

„Name“ steht für den Rufnamen und jede Klammer steht für ein unikales Nomen. Die Nomen stehen im Singular sowie mit dem unbestimmten dänischen Artikel („en“ bzw. „et“), der vor jedem der Nomen steht.

Hier einige Beispiele für die verwendeten Sätze (Deutsch/Dänisch):

- Dagmar dachte gestern an eine Befreiung und an einen Koffer. / Dagmar tænkte på en redning og en kuffert i går.
- Dagmar dachte gestern an einen Räuber und an einen Zeh. / Dagmar tænkte på et rovdyr og en tå i går.

Jedes der drei Sets mit 200 Sätzen wird von einer anderen weiblichen Sprecherin gesprochen. Und jedes Set beginnt immer mit einem bestimmten Namen – mit „Dagmar“, „Asta“ oder „Tine“. Der Name des Tests – DAT – steht für den jeweils ersten Buchstaben dieser drei Namen.

In der Studie bestand die Aufgabe der Probanden darin, diejenigen Zielworte herauszuhören und zu wiederholen, die in den Sätzen mit „Dagmar“ verwendet wurden. Die Sätze mit „Asta“ und „Tine“ standen für die Maskierung. Im Teil 1 der Untersuchung, an dem die Probanden mit moderatem Hörverlust teilnahmen, wurden die Sätze mit „Dagmar“ mit 65 dB SPL angeboten, während die Maskierungen zur gleichen Zeit über andere Lautsprecher abgespielt wurden. Bei jedem Versuch wurden wahllos zwei maskierende Sätze aus den beiden Sets mit 200 Masker-Sätzen verwendet. Anfangs wurden diese maskierenden Sätze ebenfalls mit 65 dB SPL wiedergegeben. Waren die Probanden in der Lage, beide Ziel-Worte im „Dagmar-Satz“ korrekt zu wiederholen, so wurde der Schalldruckpegel für die Maskierung um 2 dB angehoben. Wenn nur eines oder gar kein Ziel-Wort richtig erkannt wurde, wurde der Schalldruckpegel der Maskierung um 2 dB verringert. Unabhängig davon, ob ihre Antworten richtig oder falsch waren, erhielten die Probanden keinerlei Feedback. Im Teil 2 der

Untersuchung, an dem die Probanden mit starkem bis hochgradigem Hörverlust teilnahmen, wurden sowohl die Ziel-Sätze als auch die maskierenden Sätze bei allen Versuchen mit 70 dB SPL präsentiert, und es wurde die jeweilige Zahl von richtig erkannten Ziel-Worten festgehalten.

Weil die jeweilige Laufzeit der aufgezeichneten Sätze natürlich etwas unterschiedlich ist, wurden die entsprechenden maskierenden Sätze bei jedem der Versuche mittels zeitlicher Expansion bzw. Kompression so angepasst, dass ihre Länge exakt mit der der Zielsätze übereinstimmte. Diese zeitliche Expansion bzw. Kompression wurde unter Verwendung des Sprachanalyse-Programms PRAAT bewerkstelligt (9). Weil die Listen der Sätze nicht alle den gleichen Schwierigkeitsgrad haben, wurden Vorkehrungen getroffen, um diese Schwierigkeiten auszugleichen und somit ihren Einfluss auf die unterschiedlichen Ergebnisse der Testteilnehmer zu reduzieren.

Alle der getesteten Hörgeräte haben adaptive Features, die darauf beruhen, Sprache und Störgeräusch in der Umgebung zu erkennen. Deshalb wurden Vorkehrungen getroffen, um sicherzustellen, dass diese adaptiven Features berücksichtigt sind. Im Teil 1 wurde ergänzend zum DAT-Material sprachähnliches Geräusch aus dem Dantale II Test (10) mit einem Pegel von 45 dB SPL eingespielt. Dieses sprachähnliche Störgeräusch wurde von Lautsprechern wiedergegeben, die sich direkt zur linken Seite, direkt im Rücken und direkt zur rechten Seite der Versuchsperson befanden. Außerdem wurde das ISTS-Signal mit 65 dB SPL über einen Lautsprecher von vorn wiedergegeben, und zwar durchgehend während der gesamten Test-Zeit und nur mit kurzen Pausen während die Ziel-Sätze und die Masker-Sätze abgespielt wurden. Den Teilnehmern mit starkem bis hochgradigem Hörverlust wurde das sprachähnliche Geräusch bzw. das ISTS-Signal nicht präsentiert, da es für sie nicht möglich war, den Test mit diesen zusätzlichen Geräuschquellen auszuführen. Ihnen wurden in jedem der Versuche ausschließlich die drei Sätze aus dem DAT-Test vorgespielt. Sowohl bei Teil 1 als auch bei Teil 2 wurden vor jedem Test-Lauf das ISTS-Signal sowie das Störgeräusch aus dem Dantale II Test 30 Sekunden vor dem ersten Versuch gestartet, um dadurch alle adaptiven Einstellungen in den Hörgeräten zu aktivieren.

Für jedes Paar Hörgeräte wurden drei verschiedene Gegebenheiten einbezogen, in denen die Ziel-Sätze von jeweils einem anderen Lautsprecher kamen. Bei einem Setting kamen die Ziel-Sätze von dem Lautsprecher, der sich direkt vor der Testperson befand. Beim zweiten Setting kamen die Ziel-Sätze von der linken Seite zur Testperson sowie leicht von hinten. Und beim dritten Setting wurden die Ziel-Sätze im Rücken der Testperson eingespielt, und zwar leicht von rechts. Die Reihenfolge, in der diese Settings zur Anwendung kamen, war bei jedem Probanden anders. Die Maskierungen wurden immer von den übrigen beiden Lautsprechern eingespielt. Die drei Versuchsanordnungen sind in Abbildung 1 dargestellt.

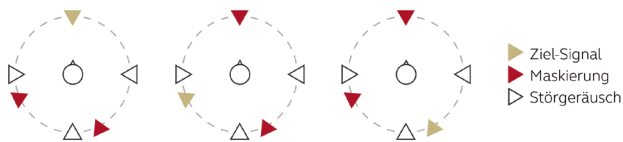


Abbildung 1: Versuchsanordnung mit dem Ziel-Signal von vorn, von der Seite und von hinten. Für die Teilnehmer von Teil 1 wurde während des gesamten Tests Störgeräusch präsentiert. 30 Sekunden vor jedem Testlauf wurde das Störgeräusch für alle Probanden – also sowohl bei Teil 1 als auch bei Teil 2 – eingespielt, um so die adaptiven Features zu aktivieren.

Die Probanden absolvierten alle drei Test-Läufe für das jeweilige Hörgeräte-Paar hintereinander. Also beispielsweise erst drei Satz-Listen mit dem ReSound Hörgerät, dann drei Satz-Listen mit Hörgerät A und danach drei Listen mit Hörgerät B. Die Reihenfolge, in der die Probanden die verschiedenen Geräte testeten, war dabei willkürlich.

Vor dem Beginn der Datenerfassung absolvierte jeder Proband drei Trainingslisten. Dieses Training fand statt, während der Proband die Hörgeräte trug, die er auch bei der eigentlichen Datenerfassung als erstes nutzte.

### ERGEBNISSE

Für jede der drei Positionen des Ziel-Sprechers wurden statistische Vergleiche zwischen den verschiedenen Hörgeräte-Paaren gezogen. Für diese Vergleiche wurde das statistische Kriterium der „Tukey Honest Significant Difference“ genutzt.

### TEIL 1: MODERATER HÖRVERLUST

Wie Abbildung 2 zeigt, war kein signifikanter Unterschied zwischen den SRT-Werten der beiden Hörgeräte mit binauralem Beamforming feststellbar, wenn sich der Ziel-Sprecher vor dem Probanden befand ( $p=0.23$ ). In dieser Anordnung schnitt Hörgerät A signifikant besser ab als das ReSound Hörgerät ( $p<0.01$ ). Kein signifikanter Unterschied war hingegen zwischen dem ReSound Hörgerät und dem Hörgerät B feststellbar.

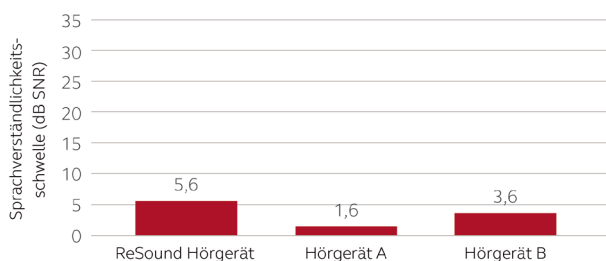


Abbildung 2: Durchschnittliche SRT-Werte für die drei Testgeräte-Paare für den Fall, dass sich der Ziel-Sprecher vor dem Probanden befand. Niedrigere Werte sind besser.

Bei der Versuchsanordnung, in der sich der Ziel-Sprecher links vom Probanden befand, war zwischen Hörgerät A und Hörgerät B kein signifikanter Unterschied beim SRT-

Wert feststellbar ( $p=0.41$ ). Wie Abbildung 3 zeigt, lassen sich jedoch für das ReSound Hörgerät signifikant bessere SRT-Werte feststellen als für Hörgerät A ( $p<0.001$ ) sowie für Hörgerät B ( $p<0.001$ ).

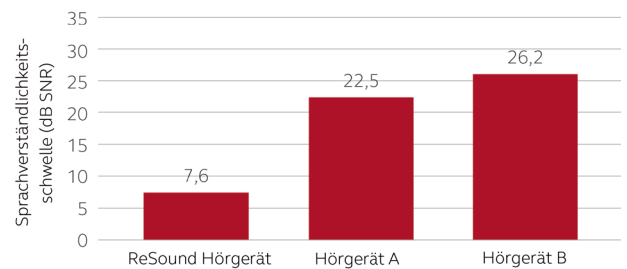


Abbildung 3: Durchschnittliche SRT-Werte für die drei Testgeräte-Paare für den Fall, dass sich der Ziel-Sprecher auf der linken Seite eines Probanden mit moderatem Hörverlust befand. Niedrigere Werte sind besser.

Befand sich der Ziel-Sprecher im Rücken des Probanden, so war zwischen Hörgerät A und Hörgerät B kein signifikanter Unterschied bei den SRT-Werten feststellbar ( $p=0.44$ ). Die Sprachverständlichkeitsschwelle, die mit dem ReSound Hörgerät gemessen wurde, war bei dieser Versuchsanordnung signifikant besser als bei den anderen beiden Hörgerätepaaren. Befand sich der Ziel-Sprecher hinter dem Probanden, so war die Leistung des ReSound Hörgerätes in einem hohen Maße signifikant besser als die von Hörgerät B ( $p<0.001$ ) und die von Hörgerät A ( $p<0.01$ ), wie Abbildung 4 zeigt.

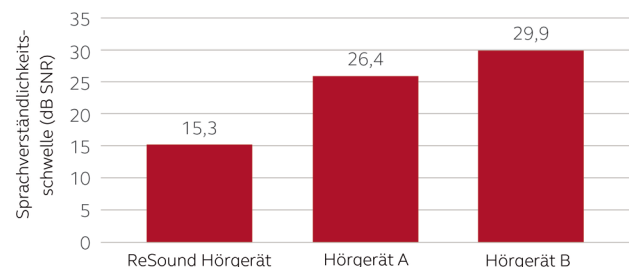


Abbildung 4: Durchschnittliche SRT-Werte für die drei Testgeräte-Paare für den Fall, dass sich der Ziel-Sprecher hinter einem Probanden mit moderatem Hörverlust befand. Niedrigere Werte sind besser.

### TEIL 2: STARKER BIS HOCHGRADIGER HÖRVERLUST

Wurde der Ziel-Sprecher vor dem Probanden präsentiert, so war kein signifikanter Unterschied zwischen der Binauralen Direktionalität III und dem Einen der anderen beiden Hörgeräte feststellbar. Die Probanden hörten bei diesem Setting signifikant schwächer mit dem Hörgerät A als mit dem Hörgerät B ( $p<.05$ ). In den beiden Settings, in denen sich der Ziel-Sprecher links bzw. hinter dem Probanden befand, war die Leistung mit Binauraler Direktionalität III deutlich besser als mit den anderen beiden Hörgeräten ( $p<.001$  im Vergleich zu Hörgerät A;  $p<.001$  im Vergleich zu Hörgerät B).

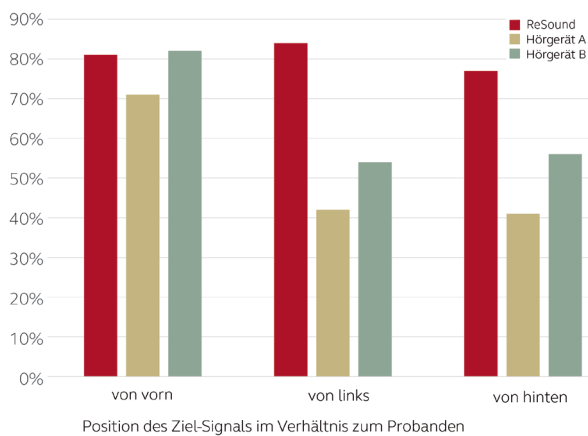


Abbildung 5: Befand sich der Ziel-Sprecher vor dem Probanden, so waren zwischen den Hörgeräten nur geringe Leistungsunterschiede feststellbar. Wurde der Ziel-Sprecher jedoch seitlich bzw. hinter dem Probanden positioniert, so war die Leistung mit den ReSound Hörgeräten und Binauraler Direktionalität III signifikant besser.

## DISKUSSION

Obleich auch dieser Test unter Laborbedingungen vorgenommen wurde, hilft er zu illustrieren, wie Direktionalität die Funktionsweise von Hörgeräten unter den Gegebenheiten des wirklichen Lebens beeinflussen kann. Die Testpersonen wurden dazu aufgefordert, die Schallsignale in ihrer Umgebung zu erfassen, den Ziel-Sprecher zu erkennen und sich auf ihn zu konzentrieren. Die Ziel-Sprache und die Maskierungen bestanden alle aus einzelnen Sprechern. Und die Richtung, aus der der Ziel-Sprecher kam, wurde fortlaufend gewechselt. Um in einer Hörumgebung des wirklichen Lebens gut zu kommunizieren, ist es oft erforderlich, das gesamte Umfeld erfassen zu können, sich ein interessierendes Signal bewusst zu machen, es zu erkennen und ihm zu folgen. Zudem ist Sprache oft beides – ein Signal von Interesse und zugleich ein konkurrierendes Störgeräusch. Ein ganz einfaches alltägliches Beispiel ist hier das Treffen einer Familie. Familienmitglieder, die sich in einer alltäglichen Konversation mit einander befinden, wechseln die Richtung ihres Gesprächs sehr schnell, und außerdem spricht jeder auch über die anderen. In ein und derselben Zeit können mannigfaltige Konversationen ablaufen, und die Gegenstände dieser Konversationen verändern sich schnell. Hier auf das Hören in nur eine Richtung beschränkt zu sein, beschränkt zwangsläufig auch die Fähigkeit, in so einer Situation beteiligt zu sein.

Wie erwartet, haben wir in dieser Studie festgestellt, dass für den Fall, dass die Sprache von vorn präsentiert wurde, alle drei Hörgeräte einen direktionalen Vorteil boten. Weiterhin traf dies unabhängig vom Grad des Hörverlustes zu. Verglichen mit den Hörgeräten mit binauralem Beamforming war die Leistung mit dem ReSound Hörgerät mit Binauraler Direktionalität III für die Probanden mit schwerem bis hochgradigem Hörverlust gleichwertig mit der Leistung der anderen beiden Hörgeräte. Bei den Probanden mit moderatem Hörverlust war die Leistung mit Binauraler Direktionalität III um 4 dB schlechter als bei Hörgerät A; verglichen mit Hörgerät B gab es hingegen keine signifikanten Unterschiede. Für diese spezielle Hörsituation zeigen die Ergebnisse einen leichten Vorteil des

binauralen Beamformings, der sich wohl in Abhängigkeit von der spezifischen Technologie und wohl auch vom Grad des Hörverlustes ergeben mag. Wurde die Ziel-Sprache jedoch von der Seite oder von hinten eingespielt, so war die Leistung mit den ReSound Hörgeräten grundlegend besser als die der beiden Hörgeräte mit binauralem Beamforming – und das unabhängig vom Grad des Hörverlustes. Somit wog der Nachteil, der sich bei Verwendung des binauralen Beamformings aus der mangelnden Hörbarkeit von Ziel-Signalen außerhalb des Blickfeldes ergab, um ein Vielfaches mehr als der Vorteil beim SNR, der im Vergleich zur Binauralen Direktionalität III für Probanden mit moderatem Hörverlust bei Hörgerät A festgestellt wurde. Anders gesagt; betrachtet man die Gesamtheit alltäglicher Hörsituationen, so werden bei letzterem für einen bescheidenen potentiellen Vorteil erhebliche potentielle Verluste in Kauf genommen

Bei der Untersuchung waren die Probanden dazu angehalten, während des Tests nach vorne zu schauen. Das heißt, auch wenn die Ziel-Sprache beim einzelnen Versuch erkannt worden war, war es den Probanden nicht gestattet, sich deren Quelle zuzuwenden. Hier mag man einwenden, dass es sich somit nicht um eine natürliche Hörsituation gehandelt hätte, weil sich die Menschen im wirklichen Leben durch Kopfbewegungen in ihrem jeweiligen akustischen Umfeld orientieren und ihren Kopf dem Signal zuwenden, welches sie hören möchten. Dies ist zweifellos richtig. Hätten die Probanden ihren Kopf dem Signal zugewendet, wäre für die Ziel-Sprache von der Seite bzw. von hinten eine bessere Leistung zu erwarten gewesen. Es ist jedoch sehr schwierig, sich einer Sache zuzuwenden, wenn man diese gar nicht bemerken kann. Der gewaltige Vorteil, den die Binaurale Direktionalität III gegenüber dem binauralen Beamforming hat, beinhaltet sowohl ein erheblich besseres Bewusstsein für Signale außerhalb der Sichtachse als auch eine bessere Spracherkennung. Anders gesagt; dass die Binaurale Direktionalität III besser abschneidet, wäre im Falle, dass die Probanden ihren Kopf drehen dürfen, ebenso zu erwarten – und zwar deshalb, weil sie in der Lage wären, einfacher und schneller wahrzunehmen und sich im Verhältnis zur Ziel-Sprache zu orientieren.

Brimijoin et al (11) vertreten die Ansicht, dass sich die Direktionalität und das natürliche Orientierungsverhalten beim Hören gegenseitig behindern könnten. Sie forderten die Probanden auf, einen bestimmten Sprecher in einem Hintergrund aus Stimmengemurmel zu orten und dokumentierten die Kopfbewegungen der Probanden. Diese waren mit direktionalen Mikrofonen versorgt, die entweder hohe oder niedrige in situ Direktionalität boten. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass es bei den Probanden, die hochdirektionale Mikrofone trugen, nicht nur länger dauerte, den interessierenden Sprecher zu orten, sondern auch, dass diese mehr Kopfbewegungen benötigten, ihren Kopf sogar wieder vom interessierenden Sprecher abwendeten, ehe sie das Ziel lokalisiert hatten. In einer Situation wie der mit vielen Sprechern in einem Restaurant kann als Ergebnis eines solchen längeren und komplexeren Suchverhaltens der Verlust von mehr als einem Ziel-Signal stehen.

Weiterhin vertreten Best et al (12) die Ansicht, dass ein hoher Grad von Direktionalität die Fähigkeit eines Hörers verringern kann, einen Sprecher in der Umgebung zu orten und ihm zu folgen. Bei ihren Untersuchungen wurde Ziel-Sprache in einem Azimuth von  $0^\circ$ ,  $\pm 20^\circ$  und  $\pm 67,5^\circ$  präsentiert; die Probanden wurden aufgefordert, die Ziel-Sprache zu orten und sich ihr zuzuwenden. Dabei wurden die Leistungen verglichen, die die Probanden bei Verwendung einer herkömmlichen direktionalen Verarbeitung sowie mit zwei unterschiedlichen Lösungen mit binauralem Beamforming erreichten. Solange die Sprache von vorn bzw. im Azimuth von  $22^\circ$  kam, ließ sich laut den Untersuchungen für die Lösungen mit binauralem Beamforming gegenüber der herkömmlichen Direktionalität ein kleines Leistungsplus von weniger als 5 Prozent Sprachverstehen ermitteln. Wurde die Ziel-Sprache in einem größeren Winkel präsentiert, so sank die Leistung sowohl bei der herkömmlichen Direktionalität als auch beim binauralen Beamforming – jedoch noch deutlicher bei Letzterem. In Relation zur herkömmlichen Direktionalität wurde für die Lösungen mit binauralem Beamforming eine Verschlechterung von zusätzlich etwa 15 Prozent ermittelt. Vermutlich steht diese Verschlechterung sowohl für das aufwändigere Suchverhalten, das hier zur Lokalisierung der Sprache notwendig war, als auch für die eingeschränkte Fähigkeit, sich angemessen in einem schmalen direktionalen Bereich zu orientieren, wenn man nicht nach vorne schaut. Die Nützlichkeit, die Lösungen mit binauralem Beamforming für die Verbesserung des Sprachverstehens in lauten Umgebungen haben, wird durch die Unvorhersehbarkeit und durch die Komplexität der Höranforderungen im wirklichen Leben konterkariert. Tatsächlich kann sie sich je nach Nutzer und Situation sogar nachteilig auswirken.

Ogleich die Tests unter Laborbedingungen durchgeführt wurden, zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie einige der Abstriche, die mit der traditionellen Auffassung von Direktionalität und deren Nutzung einhergehen. Ein System, das ausschließlich danach strebt, die Verbesserung des SNR für Signale von vorn zu maximieren, mag einen bescheidenen Vorteil für genau den Fall bieten, für den es entwickelt wurde; doch in allen anderen Fällen bietet es dann eine sehr dürftige Leistung. Im Sinne eines optimalen Nutzens im wirklichen Leben sollte der Vorteil für einen einzelnen Anwendungsfall nicht deutlich größere Nachteile in anderen Konstellationen nach sich ziehen. Der Direktionalitäts-Ansatz von ReSound strebt nach der optimalen Balance zwischen bidirektionalem Nutzen und Hörbarkeit von Umgebungsgeräuschen. Auf diese Art und Weise können die Hörgeräte-Träger mit demjenigen Ohr hören, das das, was man hören will, am besten wahrnehmen kann; zugleich bleiben dabei andere Informationen verfügbar, auf die man seine Aufmerksamkeit verlagern kann, wenn man es möchte. Binaurale Direktionalität III eröffnet einen besseren SNR – jedoch ohne dadurch die Fähigkeit des Trägers einzuschränken, in Kontakt mit den Dingen zu bleiben, die in seinem akustischen Umfeld vor sich gehen. Die Vorteile des binauralen Hörens entstehen durch die Fähigkeit des Gehirns, die verschiedenen Klänge, die das linke und das rechte Ohr erreichen, zu vergleichen und mit einander abzuwägen. Und die Binaurale Direktionalität III versorgt das Gehirn mit unterscheidbaren Sounds, die binaurales Hören ermöglichen.

## FAZIT

- Entstand die Sprache vor dem Sprecher, so bot die Direktionalität aller drei getesteten Hörgeräte einen direktionalen Nutzen gegenüber Omnidirektionalität.
- Kam die Sprache von vorn und konkurrierende Sprache aus anderen Richtungen, so war bei Probanden mit schwerem bis hochgradigem Hörverlust kein Unterschied zwischen den drei getesteten Hörgeräten feststellbar.
- Kam die Ziel-Sprache von vorn, brachte das binaurale Beamforming von Hörgerät B den Probanden mit moderatem Hörverlust keinen signifikant größeren Nutzen als die Binaurale Direktionalität III. Das binaurale Beamforming in Hörgerät A brachte hingegen einen Vorteil.
- Kam die Sprache jedoch nicht von vorn, so war unabhängig vom Grad der Hörschädigung für die Binaurale Direktionalität III ein einschneidender Vorteil nachweisbar.

## LITERATUR

1. Cord MT, Surr RK, Walden BE, Olson L. Performance of directional microphone hearing aids in everyday life. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2002; 13: 295-307.
2. Cord MT, Surr RK, Walden BE, Ditterberner A. Ear asymmetries and asymmetric directional microphone hearing aid fittings. *American Journal of Audiology*. 2011; 20: 111-122.
3. Groth J. Binaural Directionality II: An evidence-based strategy for hearing aid directionality. 2016; ReSound white paper.
4. Groth J. Binaural Directionality III: Directionality that supports natural auditory processing. 2016; ReSound white paper.
5. Stender T. Binaural Fusion by ReSound: Technology optimized as nature intended. 2012; ReSound white paper.
6. Völker C, Warzybok A, Ernst SMA. Comparing binaural pre-processing strategies III: Speech intelligibility of normal-hearing and hearing-impaired listeners. *Trends in Hearing*. 2015; 19: 1-18.
7. Picou EM, Aspell E, Ricketts TA. Potential benefits and limitations of three types of directional processing in hearing aids. *Ear & Hearing*. 2014; 35(3): 339-352.
8. Nielsen JB, Dau T, Neher T. A Danish open-set speech corpus for competing-speech studies. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2014; 135(1):407-420.
9. Boersma, P., and Weenink, D. "Praat: Doing phonetics by computer (version 5.1.40) [computer program];" 2011; <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>.
10. Wagener K, Josvassen JL, Ardenkjær R. Design, optimization, and evaluation of a Danish sentence test in noise. *Journal of International Audiology*. 2003; 42: 10-17.
11. 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.
12. Best V, Mejia J, Freeston K, van Hoesel RJ, Dillon H. An evaluation of the performance of two binaural beamformers in complex and dynamic multitalker environments. *International Journal of Audiology*. 2015; 54(10): 727-735.

## ÜBER DIE AUTOREN:

**Charlotte T. Jespersen (MA)** ist Leiterin der Audiologie-Entwicklungsabteilung bei GN ReSound. Zu ihren Aufgaben

zählen die Mitarbeit an Produktdefinitionen, klinische Tests von Hörgeräten sowie die Evaluierung von Signalverarbeitung und Anpass-Strategien in allen Phasen der Produktentwicklung. Darüber hinaus koordiniert sie die klinische Forschung mit externen Stellen. Charlotte T. Jespersen begann ihre Tätigkeit bei ReSound im Jahr 1998 und arbeitet sowohl als Forschungsaudiologin als auch als Projektmanagerin. Neben ihrer Position bei ReSound hielt sie fünf Jahre lang Lehrveranstaltungen an der Universität von Kopenhagen ab, und sie lehrt derzeit auch an der Syddansk Universität. Zu Beginn ihrer Karriere arbeitete sie als klinische Audiologin im Universitätskrankenhaus von Gentofte, wo sie Hörgeräte und Cochlea-Implantate anpasste. Charlotte T. Jespersen besitzt sowohl einen Bachelor of Science in Speech and Hearing Sciences als auch einen Master of Audiology (Candidatus magisterii) der Universität Kopenhagen.

**Brent C. Kirkwood (Ph. D.)** ist Senior-Audiologe am Standort von GN ReSound in Kopenhagen. In dieser Funktion ist er an Planung und Ausführung sowohl unternehmensinterner als auch externer Untersuchungen zur Evaluation neuer Hörgeräte-Technik beteiligt. Sein Aufgabengebiet umfasst die Verbesserung sämtlicher Bereiche der Anwenderpraxis – sowohl hinsichtlich der Hörgeräteträger als auch mit Blick auf die Fachleute, welche die Hörgeräte anpassen. Brent C. Kirkwood verfügt über einen interdisziplinären Background aus Naturwissenschaft, Verhaltensforschung und angewandter Wissenschaft. Er begann seine Laufbahn als Elektroingenieur mit Master-Abschluss in Akustik; später promovierte er mit dem thematischen Schwerpunkt der Perzeption von Alltagsklängen. Bevor er zu GN ReSound wechselte, arbeitete Brent C. Kirkwood als Konzept-Entwickler für einen kleineren Hörgeräte-Hersteller, als Ingenieur für Sprachtechnologie in der Automobilindustrie sowie als Marktanalytiker in einem namhaften Healthcare-Unternehmen.

**Jennifer Groth** 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.

**Ingo Fennen** ist Produktmanager bei GN ReSound in Deutschland, wo er insbesondere die Einführung neuer audiologischer Produkte in den bundesdeutschen Markt betreut. Nach erfolgreicher kaufmännischer Ausbildung absolvierte Ingo Fennen zusätzlich eine Ausbildung zum Hörgeräteakustiker an der Akademie für Hörgeräte-Akustik in Lübeck und legte anschließend erfolgreich die Meisterprüfung ab. Bevor Ingo Fennen zu GN ReSound wechselte, arbeitete er mehrere Jahre als Filialleiter in einem Hörakustik-Fachgeschäft und danach verantwortete er den Bereich Sales- und Produktmanagement für professionelle Gehörschutzlösungen bei einem führenden Unternehmen.

GN Hearing GmbH  
An der Kleimannbrücke 75  
48157 Münster  
Tel.: +49 251 20396-0  
Fax: +49 251 20396-250  
[www.resoundpro.com](http://www.resoundpro.com)

Folgen Sie uns in den  
sozialen Netzwerken:   