

Core – im Mittelpunkt der Innovation

Fortschritte bei der Signalverarbeitung und der Integration der drahtlosen Technologie

Die Anwendung von intelligenten und automatischen Algorithmen hat die Leistung und die Benutzerfreundlichkeit moderner digitaler Hörsysteme deutlich verbessert. Trotz all der technischen Fortschritte in den letzten Jahren gibt es noch ein großes Potenzial für die Optimierung der Vorteile, die Hörsysteme ihren Trägern bieten können. Unser Verständnis und Wissen in Bezug auf die Herausforderungen, denen sich Men-

schen mit Hörminderung im täglichen Höralltag (Moore 2007) gegenübersehen, ist deutlich gewachsen. Wir können nun mehr Lösungen für die tatsächlichen Hörprobleme bieten. Darüber hinaus hat die Mikroelektronik in den letzten Jahren einen großen Schritt nach vorn gemacht, im Wesentlichen bedingt durch die neuen Erkenntnisse aus der Welt der drahtlosen Kommunikationsanwendungen.

CORE: Der neue Maßstab in der Hörbranche

Hochmoderne Chip-Designs bieten eine größere Flexibilität und mehr Rechenleistung als je zuvor. CORE, das mikroelektronische Herz der neuesten Generation von Phonax Hörsystemen Exélia und Naida, beinhaltet sechs Hochleistungsprozessoren. Alle haben unterschiedliche Aufgaben, wie Mikrocontroller oder digitaler Signalprozessor, und zusammen enthalten sie mehr als 8 Millionen Transistoren, die über 120 Millionen Operationen pro Sekunde durchführen können. Diese Rechenleistung liefert die Ressourcen für die Einführung neuer Lösungen, um den Hörgewinn und den Nutzen für den Träger deutlich zu verbessern. Nachfolgend wird eine kleine Auswahl aus den vielen neuen Funktionen der CORE Plattform näher beschrieben:

- SoundFlow – neuer und einzigartiger automatischer Anpassungsalgorithmus
- WhistleBlock Technologie – neues revolutionäres System zum Rückkopplungsmanagement
- ZoomControl – neues Konzept zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit unter ungünstigen Hörbedingungen
- SoundRecover – neue Signalverarbeitungsmethode zur Verbesserung der Hörbarkeit von hochfrequenten Sprachklängen

Darüber hinaus macht es der große Fortschritt auf dem Gebiet der drahtlosen Kommunikationstechnologie möglich, endlich ein voll ausgestattetes BAN (Body Area Network) einzuführen, das ein integriertes System aus Zubehör und zwei

Hörsystemen umfasst. Diese Netzwerklösung ermöglicht viele neue Anwendungen und bietet Menschen mit Hörminderung den Zugang zur sich rasant entwickelnden Welt der drahtlosen Kommunikationstechnologie. Mit einem solchen drahtlosen Netzwerk sind eine Vielzahl verschiedener Anwendungen möglich:

- Binaurale Signalverarbeitung – die Fähigkeit, breitbandige Audiodaten zwischen zwei Hörsystemen auszutauschen (einer der lang gehegten Wünsche in der Hörsystemtechnologie), wodurch echte binaurale Signalverarbeitungsalgorithmen zur Verbesserung des Sprachverstehens und der Hörbildklassifizierung möglich werden.
- Drahtlose Anbindung – die Fähigkeit zur drahtlosen Anbindung des Hörsystems an externe Audioquellen, wie (Mobil-)Telefone, Fernseher und andere Audioquellen über das iCom Kommunikations-Interface. Um die optimale Klangqualität zu erreichen, unterstützt die drahtlose Übertragung von CORE die Übermittlung an zwei separate Kanäle (Stereoübertragung), ohne dass dabei die Audiobandbreite von 10 kHz beeinträchtigt wird.

- Fernsteuerung – die Fähigkeit, Hörsysteme mit Fernsteuerungen (myPilot Fernsteuerung) zu verbinden, wodurch neue Funktionalitäten und moderne Konzepte der Anwenderinteraktion möglich werden.
- Externe Datenquellen – die Fähigkeit zur drahtlosen Anbindung der Hörsysteme an externe Datenquellen, wodurch beispielsweise mit Hilfe der iCube-Programmierschnittstelle eine kabellose Anpassung ermöglicht wird.

Die Integration einer drahtlosen Audioverbindung in ein Hörsystem unterliegt einigen recht anspruchsvollen technischen Einschränkungen:

- Für die Übertragung von Audiodaten zwischen den Hörsystemen ist eine ausreichende Kanalkapazität von 300 kBit/s erforderlich.
- Die Leistungsaufnahme muss so minimiert werden, dass das verfügbare Leistungsbudget einer Hörsystembatterie eingehalten wird.
- Die Größe/das Volumen der hinzugefügten Mikroelektronikbauteile muss äußerst klein sein, damit sie in die verschiedenen Gehäusetypen der Hörsysteme passen.

Vergleich einiger Hauptwerte der Phonak CORE Plattform mit denen von Wettbewerbergeräten

Produkt	CORE	Wettbewerber A	Wettbewerber B
Gemessene Datenmenge, die zwischen den HS übertragen werden kann	300 kBit/s	120 kBit/s	0.2 kBit/s
Fähigkeit zur Übertragung von Stereosignalen	Ja	Nein	Nein
Fähigkeit zur Übertragung von Mono-Audiosignalen	Ja	Ja	Nein
Fähigkeit zum Austausch von Steuersignalen	Ja	Ja	Ja

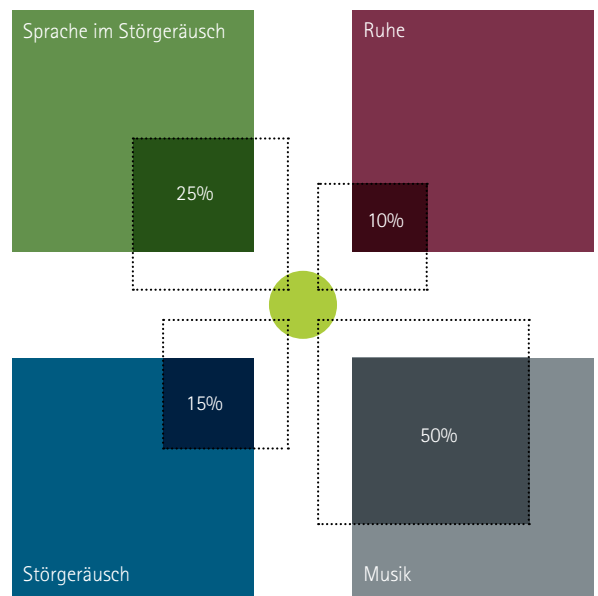
Reibungslose Anpassung an dynamische Hörbedingungen dank SoundFlow

Die automatische Regelung ist zu einem Standard in der modernen Hörsystemtechnologie geworden. Die vorhandenen Systeme wählen jedoch die optimalen Parameter-Einstellungen aus einer äußerst begrenzten Anzahl diskreter Programmsätze aus. Daher müssen in bestimmten Umgebungen Kompromisse bezüglich der optimalen Verarbeitungs-Strategie gemacht werden. Leider lassen sich die meisten Hör-szenarien des Alltags nicht eindeutig definieren; in der Regel handelt es sich um Kombinationen von verschiedenen Klangquellen.

Um stets die optimale Hörperformance zu liefern, ist ein System von Vorteil, das sich der Umgebung reibungslos anpasst und die optimalen Parameter aus einer großen Vielzahl von Einstellungen auswählt. Dazu muss das System zunächst die Umgebung präzise beurteilen und eine statistische Analyse der verschiedenen relevanten Komponenten in der Umgebung liefern, z.B. 25% Sprache in Störgeräuschen, 10% Ruhe, 15% Störgeräusche und 50% Musik (siehe Abbildung 1). Statt dann ein spezielles Hörprogramm auszuwählen (z.B. das Musikprogramm), wählt das System eine ausgewogene Mischung verschiedener Hörprogramme aus. Diese Strategie wird als SoundFlow bezeichnet und ermöglicht dem System, sich mit beispielloser Präzision an besondere Hörumgebungen anzupassen und optimale Hörperformance für ein Leben in ständig wechselnden Klangsituationen zu bieten.

Die Individualisierung wird dadurch erreicht, dass der Hörakustiker die Möglichkeit hat, bestimmte Grundprogramme optimal an die persönlichen Präferenzen anzupassen. Insgesamt wird die endgültige Hörsystem-Parameterauswahl durch eine präzise statistische Analyse des Akustikszenarios zusammen mit einer Gewichtung, die anhand der individuellen Hörpräferenzen des Hörsystemträgers ermittelt wird, definiert.

Abbildung 1



Das effektive Hörprogramm ist eine ausgewogene Mischung der verfügbaren Grundprogramme.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Arbeitsweise von SoundFlow. Basierend auf dem Ergebnis der Umgebungsanalyse wird ein speziell auf die vorliegende Situation abgestimmtes Mischprogramm generiert.

Dieses neue automatische Konzept wurde mit einem Paarvergleich zum direkten Vergleich von Schaltartefakten und subjektiver Sprachverständlichkeit in unterschiedlichen Umgebungen für zwei Typen von automatischen Systemen evaluiert: das auf einer Programmkomposition basierende SoundFlow im Vergleich zur diskreten Programmumschaltung. In allen Tests bevorzugten mehr als 80% der Testpersonen eindeutig SoundFlow.

ZoomControl: Steuerung des Hörfokus

Direktionale Mikrofone stellen die wirksamste Methode zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit unter schwierigen Hörbedingungen dar. Bei den vorhandenen Systemen besteht jedoch stets eine Einschränkung: der Hörsystemträger muss das Ziel ansehen. In vielen Kommunikationssituationen macht dies auch Sinn, da die Menschen einander üblicherweise beim Reden ansehen. Es gibt jedoch eine signifikante Anzahl von Situationen, in denen sich das Ziel nicht direkt vor dem Hörsystemträger befindet, sondern entweder seitlich oder sogar hinter ihm.

Wie beispielsweise in einem Auto, wenn der Hörsystemträger das Fahrzeug steuert und seinen Kopf nicht zu dem Redner neben ihm wenden kann. Bei sozialen Anlässen sitzt der Redner ebenfalls häufig nicht direkt vor dem Hörsystemträger, sondern neben ihm – wie beispielsweise beim Essen. In diesen Fällen empfangen die beiden Hörsysteme ein asymmetrisches Eingangssignal: das Hörsystem, das zur Zielquelle weist, emp-

fängt das Signal erheblich lauter als das kontralaterale System, welches zudem aufgrund des Kopfschattens hauptsächlich Störgeräusche aufnimmt. In diesen Situationen wäre es sehr hilfreich, das Nutzsignal mit dem zugewandten Hörsystem aufzunehmen und an das kontralaterale Hörsystem zu übermitteln. Das übertragene Nutzsignal sollte zusammen mit dem kontralateralen Eingangssignal verarbeitet werden. Hierfür wird die Fähigkeit zur vollständigen Breitband Audio-Übertragung benötigt.

Die CORE Plattform unterstützt die benötigte breitbandige Audio-Übertragung zwischen den beiden Hörsystemen. Die entsprechende Funktionalität in Exélia heißt ZoomControl. Bei einer binauralen Anpassung und unter Verwendung der myPilot Fernsteuerung kann der Anwender die Richtung, in die die Systeme fokussiert sein sollen, wählen. Dies ermöglicht, dass praktisch überall eine beispiellose Sprachverständlichkeit erreicht wird.

Rückkopplungsmanagement: Eine neue Ebene der Leistungsfähigkeit

Die Einführung der Digital-Technologie hat die akustische Stabilität von Hörsystemen maßgeblich verbessert. Moderne Rückkopplungsunterdrückungs-Systeme ermöglichen es Hörakustikern, die individuelle Restdynamik eines Hörsystemträgers optimal zu nutzen und gleichzeitig größere Zusatzbohrungen oder sogar offene Ohrpassstücke zu verwenden. Trotz dieser deutlichen Verbesserungen wird die Performance heutiger Rückkopplungsmanagement-Systeme noch immer vom Kompromiss zwischen dem Grad der Rückkopplungsauslöschung und der Klangqualität bestimmt. Ein weiterer Nachteil aktueller Rückkopplungsmanagement-Systeme ist, dass sie natürliche Signale aus tonalen Komponenten wie beispielsweise Musik, Telefon- oder Türklingeln fälschlicherweise als Rückkopplungen identifizieren und hörbare Verzerrungen erzeugen, die als „Rauheit“ im Klang empfunden werden. Um diese Effekte zu verhindern, muss das Hörsystem Rückkopplungen präzise identifizieren und von anderen tonalen Signal-komponenten unterscheiden können.

Die WhistleBlock Technologie von Phonak löscht Rückkopplungen sehr viel effektiver und präziser aus als herkömmliche Systeme. Sie profitiert von einem hochmodernen Rückkopplungsidentifizierungs- und -kennzeichnungsmodul. Dieser Algorithmus kann sofort zwischen einer echten Rückkopplung und natürlich vorkommenden Tönen, wie beispielsweise Musik, unterscheiden.

Zur Beurteilung der Performance eines modernen Rückkopplungsmanagement-Systems müssen verschiedene Aspekte und Qualitätskriterien berücksichtigt werden. Freed und Soli (2006) et al. schlagen folgende Evaluierungspunkte vor:

1. Wie wirksam ist der Algorithmus in Bezug auf die Vermeidung von Rückkopplungen?

Abbildung 2

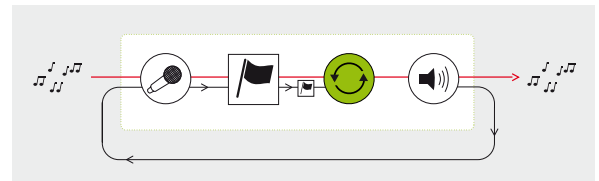


Abbildung 2: Schematische Darstellung der WhistleBlock Technologie einschließlich eines neuen Kennzeichnungsalgorithmus zur Unterscheidung von rückkopplungsfremden Signalkomponenten. Die WhistleBlock Technologie profitiert von einem hochmodernen Rückkopplungsidentifizierungs- und -kennzeichnungsmodul. Dieses Modul kann sofort zwischen einer echten Rückkopplung und natürlich vorkommenden Tönen, wie beispielsweise Musik, unterscheiden. Eine präzise Identifizierung von Klängen, die als echte Rückkopplungen wieder in das System gelangen, ermöglicht eine präzise Rückkopplungsauslöschung und deutlich stabilere Verstärkung, ohne dass dies die Sprachverständlichkeit oder die Klangqualität beeinträchtigt.

2. Wie wirksam reduziert der Algorithmus Artefakte, die entstehen, wenn die Verstärkung nahe an der Rückkopplungsschwelle liegt?

3. Liefert der Algorithmus auf einem oder mehreren Frequenzband/Frequenzbändern eine schlechtere Verstärkung?

4. Wie robust ist der Algorithmus bei tonalen Eingangssignalen?

Abbildung 3 zeigt die zusätzliche stabile Verstärkung, gemessen an sechs verschiedenen Systemen. Die Systeme wurden so miteinander abgeglichen, dass sie dieselbe Verstärkungshöhe erzeugen. Es ist klar ersichtlich, dass die WhistleBlock Technologie eine deutlich bessere stabile Verstärkung liefert. Besonders in dem Frequenzbereich, der für Rückkopplungen am anfälligsten ist – zwischen 1,5 und 3 kHz – bietet diese neue Technologie den größten Vorteil.

Abbildung 3

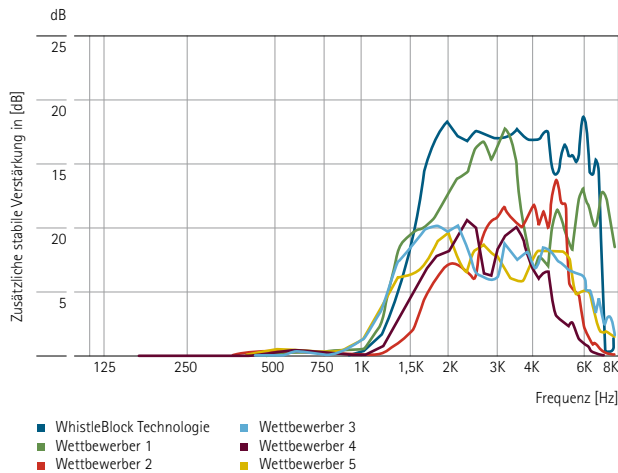


Abbildung 3: Zusätzliche stabile Verstärkung für verschiedene Hörsysteme. Die WhistleBlock Technologie zeigt bei Weitem die größte zusätzliche stabile Verstärkung, insbesondere im besonders kritischen Spektralbereich von 1,5 bis 3 kHz.

Abbildung 4 beschreibt den Performance-Kompromiss zwischen zusätzlicher stabiler Verstärkung und der Klangqualität. Bei den vorhandenen Systemen zur Rückkopplungsauslöschung führt eine stärkere Rückkopplungsunterdrückung zu einer schlechteren Klangqualität. WhistleBlock Technologie eliminiert diesen Kompromiss. Es wird eine bessere, stabilere Verstärkung erreicht, ohne die Klangqualität zu beeinträchtigen.

Abbildung 4

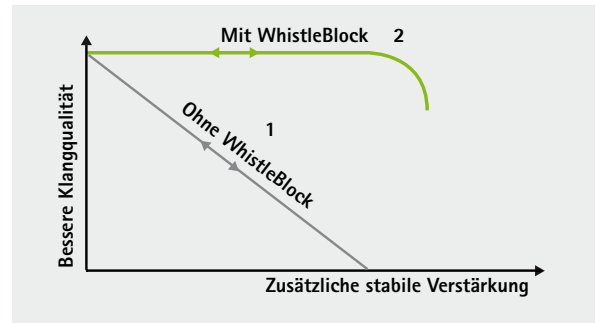


Abbildung 4: Qualitative Darstellung des Kompromisses zwischen Klangqualität und zusätzlicher stabiler Verstärkung. Bei herkömmlichen Rückkopplungsmanagementsystemen gibt es einen deutlichen Kompromiss zwischen Klangqualität und zusätzlicher stabiler Verstärkung (Kurve „1“). Dank der WhistleBlock Technologie lässt sich eine deutlich höhere Verstärkung erreichen, ohne dass dabei die Klangqualität beeinträchtigt wird (Kurve „2“).

SoundRecover: Die Kraft der Frequenzkompression

Die meisten Menschen mit Hörminderung nehmen hochfrequente Töne schlechter wahr als tieffrequente. Je größer die Hörminderung, desto schwieriger ist es, ausreichend Verstärkung für hohe Frequenzen zur Verfügung zu stellen. Die Verstärkung von hohen Frequenzen kann aufgrund einer äußerst schlechten Hörempfindlichkeit in diesem Bereich eine Herausforderung darstellen. In vielen Fällen ist die Verstärkung durch akustische Rückkopplungen, Unbehagen oder einfach die physikalischen Grenzen des Hörers beschränkt. Das Nichthören hoher Frequenzen kann Ursache sein für:

- Schwierigkeiten beim Erkennen wichtiger hochfrequenter Sprachklänge, wie beispielsweise der fiktiven Konsonanten /f/, /s/ und /sh/.
- Schwierigkeiten beim Hören und Erkennen von hohen Umgebungsgeräuschen wie Vogelzwitschern, Alarmen und einigen Musiktönen.
- Schwierigkeiten, besonders bei jungen Kindern, das Erzeugen hochfrequenter Sprachklänge zu lernen.
- Schwierigkeiten, besonders bei Erwachsenen, die Sprachqualität beizubehalten.

SoundRecover ist ein neuer, nicht-linearer Frequenzkompressionsalgorithmus, der ausgewählte hochfrequente Klänge in einen niedrigeren Frequenzbereich komprimiert, in dem sowohl die Hörempfindlichkeit als auch die Klangunterschei-

dung besser sind. Es hat sich gezeigt, dass sich dadurch die Wahrnehmung und die Erkennung von hochfrequenten Klängen deutlich verbessern lassen. SoundRecover erweitert den Hörbereich effektiv, indem es wichtige Hochfrequenzdaten liefert, ohne dabei störende Artefakte zu erzeugen. Frequenzen unterhalb des SoundRecover Kniepunkts sind vom Frequenzkompressionsalgorithmus nicht betroffen und normal verstärkt. Diese einzigartige Hochfrequenz-Verschiebungsmethode wurde sowohl im Labor als auch in Feldtests ausgiebig studiert (Simpson et al. 2005, Scollie et al. 2007, Glista et al. 2007). Es wurden mehrere Performance-Dimensionen evaluiert, wie beispielsweise (i) Sprachverständlichkeit in ruhiger und in geräuschvoller Umgebung, (ii) Wahrnehmung von Umgebungsgeräuschen, (iii) Sprachbildung. Die Ergebnisse der verschiedenen Studien haben sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen einen klaren Vorteil für die SoundRecover Verarbeitung im Vergleich zur herkömmlichen Verstärkung gezeigt.

Eine Studie von Simpson et al. (2005) zeigte die Vorteile der nichtlinearen Frequenzkompression bei erwachsenen Testpersonen (siehe Abbildung 5). Mit einem Konsonant/Vokal/Konsonant-Worttest (KVK) wurden die durchschnittlichen Fonemwerte für jeden Probanden mit den eigenen konventionellen Hörsystemen (dunkelgrün) und den experimentellen Hörsystemen (hellgrün) ermittelt. Sie gaben die richtig er-

Abbildung 5

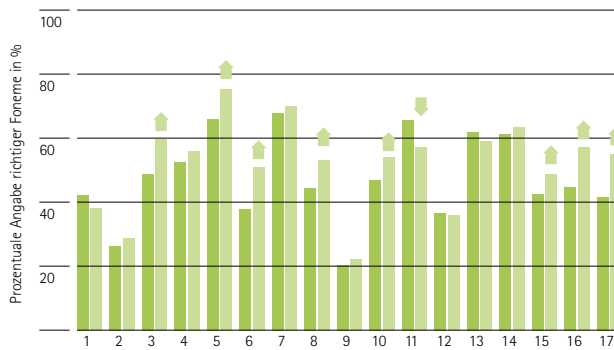


Abbildung 5: Unter Verwendung von Konsonant-Vokal-Konsonant gemessene Sprachverständlichkeit (hellgrün) im Vergleich zu ohne Anwendung (dunkelgrün) von Frequenzkompression (Simpson et al 2005).

kannten Foneme der einsilbigen KVK-Wörter für jeden Probanden mit jedem der beiden Hörsysteme an. Die Spracherkennungswerte der 17 Testpersonen wurden für beide Hörsystem-Signalverarbeitungsmethoden mithilfe einer 2-Faktoren-Varianzanalyse verglichen. Es wurde eine statistisch signifikante Verbesserung für die nichtlineare Frequenzkompressionsmethode gegenüber dem herkömmlichen Hörsystem festgestellt.

Der SoundRecover Algorithmus wurde in Naída, einem neuen, speziell für Hörsystemträger mit starkem bis hochgradigem Hörverlust entwickelten Produkt, implementiert.

Neue Optionen für die Anwenderinteraktion mit myPilot

Fernsteuerungen sind ein äußerst nützliches Zubehör für Kunden, die die volle Kontrolle über Ihre Hörwahrnehmung haben wollen. Phonak hat Fernsteuerungen bei digitalen Hörsystemen erfolgreich eingeführt. Mit myPilot erhalten die Nutzer einen signifikanten zusätzlichen Vorteil. Die von ihnen vorgenommenen Änderungen werden auf einem großen, hintergrundbeleuchteten Farbdisplay angezeigt. Für den deutlich intuitiveren und einfacheren Gebrauch werden folgende Informationen auf myPilot angezeigt:

- Aktuelle Lautstärkeeinstellung
- Basis Lautstärkeeinstellung
- Verbleibender Lautstärkebereich (Reserve)
- Aktuelles Hörprogramm

Natürlich sind all diese Punkte für jedes Hörsystem separat verfügbar (links und rechts). Zusätzlich bietet myPilot:

- Zugriff auf ZoomControl
- Auswahl der ZoomControl Richtung
- Alarmfunktion und Uhr
- Monaurale Lautstärkeänderung L/R
- Batteriestand von myPilot



Drahtlose Anbindung mit iCom

Das Konzept des BAN (Body Area Network) umfasst die Möglichkeit, die Hörsysteme drahtlos mit externen Netzwerken, wie beispielsweise dem Mobiltelefon, Bluetooth- oder FM-Systemen zu verbinden. Das drahtlose Zubehör iCom fungiert als Interface und verbindet die Exélia oder Naída Hörsysteme mit der drahtlosen Welt. iCom kann mit Bluetooth-fähigen Mobiltelefonen verbunden werden und das Telefonsignal an beide Hörsysteme übertragen, sodass der Hörsystemträger das Telefon binaural und mit Freisprechfunktion verwenden kann. Ein direktionales, in iCom eingebautes Mikrofon, erfasst die Stimme des Trägers und überträgt sie per Bluetooth an das Mobiltelefon. Bei einem Anruf muss der Hörsystemträger den Anruf nur durch Drücken der (einzigen) Taste am iCom annehmen. Der Rest wird automatisch vom BAN erledigt. Ein direktionales Mikrofon ist bei einem derartigen Gerät unverzichtbar, da die Stimme des Hörsystemträgers zuverlässig erfasst werden muss, insbesondere in geräuschvollen Umgebungen (siehe Abbildung 6). Bei Omnidirektional-Mikrofonen werden alle Umgebungsgeräusche parallel zu den Sprachsi-

gnalen erfasst, was zu einem schlechten Signal-Rausch-Abstand (SNR) führt.

Abbildung 6

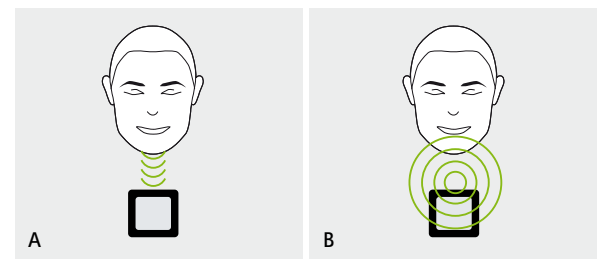


Abbildung 6: Ein direktionales, in iCom eingebautes Mikrofon (Abbildung A) kann die Stimme des Hörsystemträgers erfassen und liefert einen guten Signal-Rausch-Abstand (SNR) in geräuschvollen Umgebungen. Bei Verwendung eines Omnidirektional-Mikrofons (Abbildung B) werden Sprache und Störgeräusche gleichzeitig erfasst, wodurch sich das Telefongespräch schwierig gestaltet.

Kabellose Anpassung mit iCube

Für die Anpassung von digitalen Hörsystemen müssen diese mit einem für den Hersteller und häufig sogar für das entsprechende Modell spezifischen Kabel angeschlossen werden. Dank der CORE Plattform lassen sich Exélia und Naída Hörsysteme sowie alle künftigen Geräte, die auf dieser Plattform basieren, ohne Anschluss eines Kabels anpassen. Das iCube

Anpassungsinterface kommuniziert über Bluetooth mit dem PC und über die drahtlose CORE Technologie mit den Hörsystemen. Die ständige Auswahl des richtigen Kabels entfällt somit. Den iCube trägt der Kunde um den Hals; er lässt sich zwischen den Anpassungssitzungen leicht laden.

Zusammenfassung

Die Hörsystemtechnologie steht derzeit am Anfang einer neuen technologischen Ära, die ähnlich verheißungsvoll ist wie die Einführung der digitalen Hörsysteme vor 10 Jahren. Die Mikroelektronik hat in den letzten Jahren deutliche Fortschritte erzielt; die Rechenleistung ist deutlich größer geworden, womit es nun möglich ist, sowohl Hörsysteme in ein Netzwerk zu integrieren, als auch eine vollständige Audiokommunikation zwischen zwei Systemen sowie der restlichen „hörenden“ Welt herzustellen.

CORE ist die neue von Phonak entwickelte Chip-Plattform, die in beiden Hinsichten signifikante Verbesserungen bietet. Zusätzliche Rechenleistung und drahtlose Datenübertragung ermöglichen die Einführung von fortschrittlicheren Signal-

verarbeitungsalgorithmen. SoundFlow, WhistleBlock Technologie, ZoomControl und SoundRecover sind nur einige Beispiele dafür. Sie bieten maßgebliche Anwendervorteile und ermöglichen den Kunden somit, die Herausforderungen im Alltag besser zu meistern.

Mit der einzigartigen Fähigkeit, Audiodaten von einem Hörsystem zum anderen, sowie vom Zubehör zu den Hörsystemen und zurück zu übermitteln, eröffnen sich unzählige neue Möglichkeiten. Hörsysteme, die auf der CORE Plattform basieren, können ein BAN (Body Area Network) erzeugen und Mobiltelefonen, steuerbaren Multimikrofonsystemen, kabellosen Anpassungen und noch vielem mehr drahtlosen Zugang ermöglichen.

Referenzen

Freed, D., Soli, S. (2006), "An Objective Procedure for the Evaluation of Adaptive Anti-Feedback Algorithms in Hearing Aids", *Ear and Hearing*; 27(4): S. 382-398.

Glista, D., Scollie, S.D., Bagatto, M., Seewald, R., Johnson, A. (2007), "Evaluation of Nonlinear Frequency Compression II: Clinical Outcomes", Eingereicht bei „Ear and Hearing“.

Kochkin, S. (2005), "MarkTrak VII: Consumer Satisfaction in the Digital Age", *The Hearing Journal*, 58, S. 30-42.

Moore, BCJM (2007), "Cochlear Hearing Loss, Wiley and Son".

Richars, V., Launer, S., Moore, BCJM (2006), "Potential Benefit of Across Aid Communication for Bilaterally Aided People: Listening in a Car", *International Journal of Audiology*, 2006. 45: S. 182-189.

Ricketts, T. and Henry, P. (2002), "Evaluation of an Adaptive Directional-Microphone Hearing Aid", *International Journal of Audiology*, 2006. 41: S. 100-112.

Scollie, S.D., Parsa, V., Glista, D., Bagatto, M., Wirtzfeld, M., Seewald, R. (2007), "Evaluation of Nonlinear Frequency Compression I: Fitting Rationale", Eingereicht bei „Ear and Hearing“.

Simpson, A., Hersbach, A., and McDermott, H. (2005), "Improvements in speech perception with an experimental nonlinear frequency compression hearing device", *International Journal of Audiology*, 2005. 44(5): S. 281-92.