

Besseres Sprachverstehen mit Signia Nx CROS-Versorgung

Dr. Veronika Littmann

Dr. Alastair Manders



Einleitung

Bei einer einseitigen Taubheit oder Resthörigkeit bringt Verstärkung auf der schlechteren Seite wenig oder sogar überhaupt keinen Nutzen. Viele Menschen mit einseitigem Hörvermögen weisen ein normales bis nahezu normales Hören auf dem besseren Ohr auf, doch häufig ist auch auf dem diesem Ohr ein Hörverlust vorhanden.

Die besondere Herausforderung für Menschen mit einseitiger, nicht versorgbarer Hörminderung ist die verringerte Hörbarkeit der Seite des schlechteren Ohres. Dies geschieht durch den „Kopfschatteneffekt“. Der Schallpegel wird dabei gedämpft, während er sich um den Kopf zum besser hörenden Ohr hin ausbreitet. Dieser Effekt findet sich vor allem bei den höheren Frequenzen, die für das Sprachverstehen wichtig sind. Das macht die Kommunikation mit Gesprächspartnern, die sich auf der Seite des schlechteren Ohres befinden, schwierig, besonders in geräuschvoller Umgebung.

Der Verlust binauraler akustischer Informationen führt generell zu schlechterem Sprachverstehen bei Störgeräuschen. Durch die fehlende bilaterale Redundanz können die Signale von beiden Ohren nicht mehr zentral verglichen werden, um die Wahrnehmung störender Hintergrundgeräusche zu reduzieren. Darüber hinaus ist die Lokalisationsfähigkeit signifikant beeinträchtigt, da das Gehirn Zeit- und Intensitätsschwankungen rechts/links nicht beurteilen kann.

Für diese besonderen Anforderungen wurden CROS- (Contralateral Routing of Signals) bzw. BiCROS- (Bilateral CROS) Systeme entwickelt. Das CROS-System besteht aus einem Mikrofongerät, das den Schall von der nicht versorgbaren Seite aufnimmt und drahtlos auf ein „Hörgerät“ ohne Mikrofon und ohne Verstärkung, das auf

dem besseren Ohr getragen wird, überträgt. Der Hörgeräteträger kann dadurch den Schall, der von seiner schlecht hörenden Seite kommt, mit dem guten Ohr wahrnehmen und so den Kopfschatteneffekt überwinden.

Für Menschen mit normalem oder nahezu normalem Hörvermögen auf dem besseren Ohr ist eine CROS-Anpassung ohne Verstärkung üblich. Liegt eine versorgbare Hörminderung auf dem besseren Ohr vor, wird ein BiCROS-System eingesetzt. Im Gegensatz zu CROS-Systemen verstärkt das Hörgerät den Schall. Anders ausgedrückt bedeutet BiCROS eine vollwertige Hörgeräteversorgung auf dem besseren Ohr, um die Hörminderung auszugleichen. Und auch bei BiCROS-Systemen wird Schall von der Seite des nicht versorgbaren Ohres von einem Mikrofongerät auf die besser hörende Seite übertragen.

Mit Einführung der e2e Wireless 3.0 Technologie im Jahr 2014 erzielte Signia erhebliche Fortschritte bei der binauralen Audiodatenverarbeitung von Hörsystemen. Diese Funktion verbessert das Sprachverstehen bei Hintergrundgeräuschen deutlich, auch wenn die Sprache aus anderen Richtungen als direkt von vorne kommt (Littmann et al, 2015). Basierend auf der binauralen Audiodatenverarbeitung führte Signia 2016 seine ersten drahtlosen primax CROS-Systeme ein. Das aktuelle Pure CROS Nx verfügt zusätzlich über eine automatische, klassifikatorgesteuerte Aktivierung und Anpassung der Richtwirkung auf beiden Seiten. Je nach akustischer Situation werden die Richtcharakteristiken von omnidirektional (TruEar, simuliert die Wirkung der Ohrmuschel) und direktional automatisch überblendet. Bei Windgeräuschen auf Sender- oder Empfängerseite sorgt eWindScreen™ für schnelle Entlastung.

Petrausch et al. (2016) berichteten über die Leistungsfähigkeit des primax CROS/BiCROS-Systems sowohl bezüglich des Nutzens bei Sprache im Störgeräusch als auch der Benutzerzufriedenheit. Zusätzlich zu einem messbaren SNR-Vorteil (Signal to Noise Ratio) von über 5 dB ergab die Studie, dass die Nutzer das primax-System gegenüber einem führenden Wettbewerber deutlich bevorzugt bewerten, unter anderem das Sprachverstehen in Ruhe und im Störgeräusch, die Klangqualität und die Lokalisierbarkeit. Basierend auf dieser starken Leistungsbilanz wurden 2018 zwei neue Produkte für einseitige Nicht-Versorgbarkeit bzw. Taubheit entwickelt: das RIC-Mikrofongerät CROS Pure 312 Nx mit Richtwirkung Plus und das CIC-Im-Ohr-Mikrofongerät CROS Silk Nx.

CROS Pure 312 Nx –RIC-Lösung mit Richtwirkung Plus

Mit Entwicklung der Signia Nx-Plattform und CROS Pure 312 Nx gelang es, auch BiCROS-Systeme um die binaurale Beamforming-Funktion Richtwirkung Plus zu erweitern. Dadurch konnte die selektive Direktionalität von BiCROS-Versorgungen in lauten Hörsituationen, in einem RIC-Format (Receiver-In-Canal), weiter verbessert werden.

CROS Silk Nx – die CIC-Lösung

Im-Ohr-Hörgeräte bieten zahlreiche Vorteile für den Hörgeräteträger. Der Hörgeräteträger profitiert vor allem von CICs, die tief im Gehörgang sitzen. Diskretion, die natürliche Schallaufnahme und Richtwirkung (durch die zentrale Mikrofonposition im Gehörgang), leichtes Einsetzen, einfache Telefonnutzung und erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Windgeräusche (durch die tiefe Mikrofonplatzierung) sind gute Argumente für die Im-Ohr-Versorgung. Die Einführung von Signia Silk mit Click Sleeves spiegelt ein neues Konzept wider (Lotter, 2016) – die Anpassung von Im-Ohr-Hörgeräten ohne aufwändige Maßanfertigung.

Experimentelle Methoden und Ergebnisse

Probanden und Hörgeräteversorgung

Um die Effektivität und Umsetzbarkeit von Richtwirkung Plus bei BiCROS-Versorgungen zu beurteilen, wurde eine klinische Studie mit 12 Teilnehmern durchgeführt. Die Teilnehmer hatten auf einem Ohr einen starken und auf dem anderen Ohr einen leicht- bis mittelgradigen Hörverlust. Das durchschnittliche Audiogramm der Probanden ist in Abbildung 1 dargestellt.

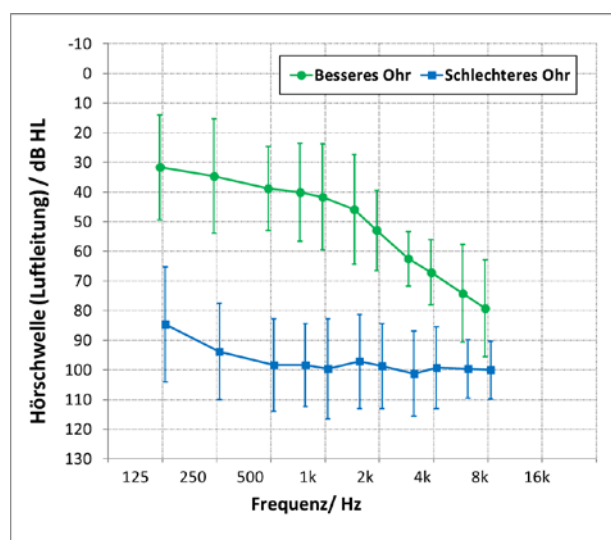


Abbildung 1: Mittelwert der Luftleitungshörschwellen aller Studienteilnehmer in dB HL. Die Ergebnisse für das bessere und schlechtere Ohr sind jeweils in Grün bzw. in Blau dargestellt. Die Fehlerbalken stellen die +/- 1 Standardabweichung dar.

Es nahmen acht männliche und vier weibliche Versuchspersonen im Alter zwischen 63 und 91 Jahren teil. Das Durchschnittsalter betrug damit 75 Jahre. Die Anpassungen wurden mit Signia CROS Pure 312 Nx- und Silk Nx CROS-Mikrofongeräten und geschlossenen Click Sleeves durchgeführt. Die Hörsysteme waren mit der Anpassungsformel Nx Fit für erfahrene Hörgeräteträger an das individuelle Audiogramm der Patienten angepasst. Alle Funktionen verblieben in First Fit-Standard-einstellung. Die Ergebnisse des BiCROS-Fittings

wurden mit den Ergebnissen einer konventionellen monauralen Anpassung am besseren Ohr verglichen. Die Umschaltung zwischen den verschiedenen Richtmikrofon-Modi erfolgte über die Signia myHearing App.

Experimentelle Methode

Um den Effekt von Richtwirkung Plus (binaurales Beamforming) in einer BiCROS-Anpassung zu bewerten, wurde eine ähnliche Methode wie in früheren Studien von Froehlich et al. (2015), Littmann und Høydal (2017) sowie Mejia et al. (2017) angewendet. Diese Studien zeigten, dass der SNR mit Richtwirkung Plus (binaurale Richtmikrofonverarbeitung) um mehr als 2 dB besser ausfiel als mit konventioneller Richtmikrofontechnologie.

Das Sprachverstehen wurde unter vier verschiedenen Bedingungen bewertet. Zwei Bedingungen bedeuteten monaurale Anpassung (ohne CROS-Mikrofongerät), omnidirektionaler Mikrofonmodus und konventionelle Richtwirkung. Die beiden anderen Bedingungen bedeuteten BiCROS-Versorgung, konventionelle Richtwirkung und eng fokussierte Richtwirkung Plus (binaurales Beamforming). Richtwirkung Plus kann nur bei BiCROS-Anpassungen eingesetzt werden, da für die binaurale Nutzung und Verarbeitung von Audiodaten zwei gegenüberliegende Mikrofonsysteme erforderlich sind.

Als Sprachmaterial wurde der Oldenburger Satztest (OLSA) verwendet, wobei das Ziel-Sprachmaterial aus einem Frontlautsprecher bei 0° Azimut in einer Entfernung von 1 Meter zum Probanden präsentiert wurde. Das konkurrierende Umgebungsgeräusch bestand aus dem gleichen Sprachmaterial, ohne Lücken zwischen den Sätzen, mit hinzugemischtem Kantinenlärm. Das konkurrierende Signal wurde von sieben Lautsprechern

abgespielt, die nebeneinander, jeweils ohne Frontlautsprecher, in einem Winkel von 45 Grad um die Versuchsperson herum angeordnet waren. Um ein konstantes Hintergrundgemurmel zu erzeugen, wurden die Signale der verschiedenen Lautsprecher zufällig zeitversetzt abgespielt. Der Schallpegel des kombinierten Hintergrundgeräusches betrug 68 dB(A) an der Position des Probanden.

Ergebnisse und Diskussion

Eine BiCROS-Versorgung liefert die dringend benötigte Unterstützung in Situationen, in denen Sprache oder bedeutungsvolle Signale von der nicht versorgbaren Seite kommen. Verfügt das BiCROS-System über eine binaurale Audiodatenverarbeitung der beiden Mikrofonsysteme rechts und links, profitiert der Hörgeräteträger zusätzlich. Die Ergebnisse in Abbildung 2 zeigen, dass adaptive Richtmikrofone das Sprachverstehen erwartungsgemäß erheblich verbessern, und zwar um 4 dB SNR gegenüber einer omnidirektionalen Charakteristik. Mit der Funktion Richtwirkung Plus wurde ein zusätzlicher Sprachverständlichkeitsvorteil von 2 dB SNR erreicht (siehe Abbildung 2; zweiseitig gepaarter t-Test, $p < 0,001$).

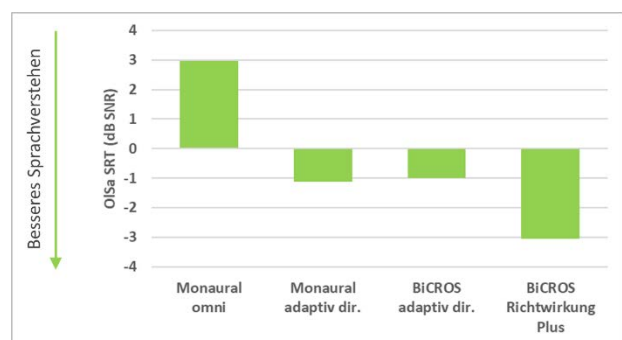


Abbildung 2: SRT-Ergebnisse (Speech Reception Threshold = Sprachverständlichkeitsschwelle) in dB für die vier untersuchten Anpassbedingungen mit CROS Pure 312 Nx-Mikrofongeräten.

In Übereinstimmung mit früheren Studien (Fröhlich et al., 2015; Littmann und Høydal, 2017) wurde festgestellt, dass Teilnehmer mit den größten Schwierigkeiten im omnidirektionalen Mikrofonmodus tendenziell den größten Nutzen aus Richtwirkung Plus ziehen. Die gleichen Probanden erreichten auch bessere Sprachverständlichkeitswerte mit Richtwirkung Plus im Vergleich zum adaptiven direktionalen Mikrofonmodus. Die Ergebnisse in Abbildung 3 zeigen die Verbesserung der durchschnittlichen Sprachverständlichkeit (SNR) unter verschiedenen Vergleichsbedingungen: im adaptiven direktionalen Modus verglichen mit dem omnidirektionalen, mit Richtwirkung Plus im Vergleich zum adaptiven direktionalen Modus und schließlich mit Richtwirkung Plus im Vergleich zum omnidirektionalen Modus. Dargestellt sind die gemittelten Ergebnisse für die fünf Teilnehmer mit der besten (blaue Balken) sowie die fünf mit der schlechtesten Leistung (grüner Balken), jeweils im omnidirektionalen Modus.

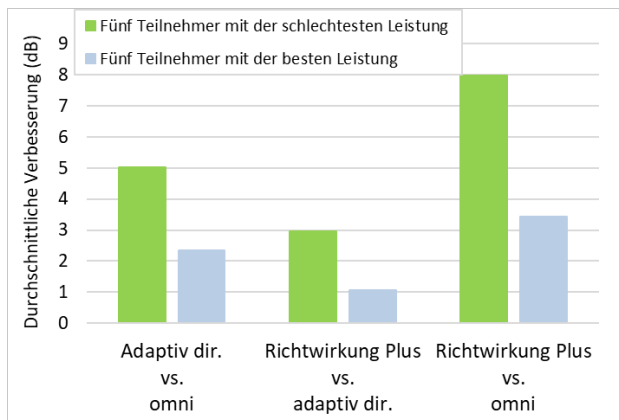


Abbildung 3: Verbesserung der Sprachverständlichkeit, SNR in dB, in drei verschiedenen Vergleichsmessungen: adaptiv direktonaler Modus vs. omnidirektional, Richtwirkung Plus vs. adaptiv direktonal und Richtwirkung Plus vs. omnidirektional. Es werden die durchschnittlichen Ergebnisse für die fünf Teilnehmer mit der anfangs besten und für die fünf mit der anfangs schlechtesten Leistung im omnidirektionalen Modus dargestellt.

Beachten Sie, dass die Probanden mit der anfangs schlechtesten Leistung die höchste gemessene Verbesserung des Sprachverständnisses erreichten, wenn vom omnidirektionalen Modus auf Richtwirkung Plus umgeschaltet wurde. Besonders hervorzuheben ist der mittlere SNR-Vorteil von 8 dB für Richtwirkung Plus versus omnidirektional.

CROS Silk Nx Mikrofonggerät

Eine weitere von Signia angebotene CROS/BiCROS-Lösung ist CROS Silk Nx, eine nicht maßgefertigte Im-Ohr-Variante. Für diesen Teil der Studie wurde ein Signia CROS Silk Nx Mikrofonggerät auf dem schlechteren Ohr der Probanden und ein Signia Silk 7Nx Hörgerät auf dem besseren Ohr angepasst.

Experimentelle Methode

Bei der Untersuchung mit Pure Nx-Geräten lag der Schwerpunkt auf dem Sprachverstehen in einer sehr anspruchsvollen, lauten Umgebung. Bei der Studie mit Silk wurde eine andere Situation untersucht – das Gespräch mit mehreren Personen. Üblicherweise positionieren sich Personen mit einseitiger Taubheit so, dass ihr gutes Ohr dem Gesprächspartner zugewandt ist. In einem Gespräch mit einer Gruppe von Menschen kann jedoch nicht immer vorhergesagt werden, von welcher Seite das nächste Sprachsignal kommen wird. Das macht es schwierig, sich konsequent auf den richtigen Sprecher auszurichten.

Um diese Situation zu simulieren, wurde das Sprachverständnis mit einem überlappenden OLSA getestet, bei dem die Zielsprache zufällig entweder von vorne (0°) oder von der schlecht hörenden Seite präsentiert wurde (90° oder -90°, abhängig vom schlechten Ohr des Teilnehmers). Während eines Durchlaufs wurden zwei Listen mit 20 Sätzen

dargeboten, von denen je eine Liste von vorne und eine von der Seite präsentiert wurde. Die OLSA-Sätze wurden von drei Lautsprechern von vorne bei +45°, -45° sowie einseitig von +90° oder -90° präsentiert, diametral gegenüber dem schlechten Ohr des Probanden. Dadurch konnte ein diffuses Sprachsignal generiert werden. Das kombinierte Hintergrundgeräusch betrug 55 dBA an der Position des Probanden. Die Aufgabe wurde zweimal durchgeführt: einmal mit einer BiCROS-Anpassung und einmal mit einer herkömmlichen, monauralen Anpassung am besseren Ohr.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des OLSA-Sprachtests sind in Abbildung 4 zu sehen. Wie zu erwarten ist das Verstehen am geringsten, wenn die Ansprache von der schlechten Seite des Teilnehmers kommt und der Patient nicht mit einer BiCROS-Anpassung versorgt ist. Durch die Aktivierung des Mikrofongeräts wird dieses Problem vollständig gelöst und die Sprachverständnisschwelle um durchschnittlich 5 dB SNR verbessert (gepaarter t-Test, $p < 0,0001$). Das Sprachverstehen ist so tatsächlich vergleichbar mit der Situation, in der das primäre Sprachsignal von vorne kommt. Wird die Sprache von vorne präsentiert, ist der Unterschied zwischen BiCROS- und monauraler Anpassung geringer. Die BiCROS-Lösung führt jedoch immer noch zu einem deutlich besseren Verständnis von fast 2 dB SNR, indem relevante Informationen von beiden Seiten kombiniert werden. Ein zusätzlicher Faktor könnte der leicht asymmetrische Aufbau sein, der gewählt wurde, um das überlappende OLSA-Signal zu ermöglichen. Ein etwas besserer SNR liegt am schlechten Ohr vor, da die neben dem guten Ohr befindliche Geräuschquelle durch den Kopfschatteneffekt abgeschwächt wird.

Betrachtet man die Ergebnisse in Abbildung 4, so ist zu erkennen, dass mit einer BiCROS-Anpassung die

Sprachverständnisschwelle für Sprache von vorne immer noch besser ist, als wenn Sprache von der schlechten Seite kommt. Dies könnte auf die Richtungswirkung des Systems zurückzuführen sein. Höreräteträger profitieren mit CICs sowohl vom Pinna-Effekt als auch vom binauralen OneMic-Richtmikrofonsystem der Silk-Geräte mit e2e 3.0 Wireless-Technologie.

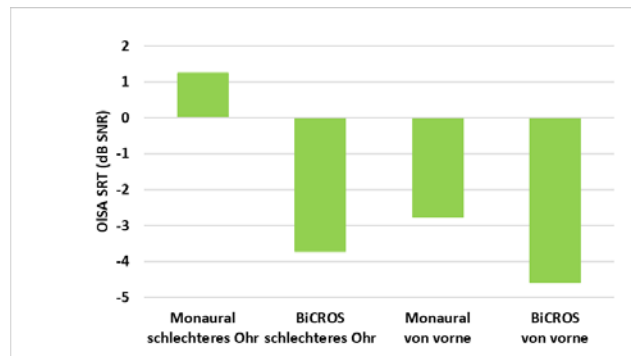


Abbildung 4: Die Untersuchung der vier Bedingungen mit Silk Nx resultiert in dB SNR. Die Bedingungen von links nach rechts sind: monaurale Anpassung mit Sprache von der schlechten Seite; BiCROS-Anpassung mit Sprache, ebenfalls von der schlechten Seite; monaurale Anpassung mit Sprache von vorne und BiCROS-Anpassung ebenfalls mit Sprache von vorne.

Bei gleichem Lautsprecher-Set-up und gleichen Stimuli wurden die Teilnehmer gebeten, eine subjektive Bewertung ihrer Hörleistung abzugeben. Für diese Aufgabe wurde die Sprache immer von der schlechten Seite mit einem festen SNR präsentiert. Der SNR war auf den individuellen Mittelwert der SRTs (Sprachverstehen 50%) der monauralen und BiCROS-Bedingungen des vorherigen Experiments eingestellt. Die verwendete Bewertungsskala bestand aus sieben Stufen, die von "keine Anstrengung" bis "extreme Anstrengung" reichten. Die Ergebnisse waren eindeutig: mit monauraler Versorgung ohne CROS-Mikrofongerät war es für die Teilnehmer sehr anstrengend, Sprache zu verstehen, während die Bewertungen für BiCROS-Versorgungen nur geringe bis mittlere Anstrengung ergaben (siehe Abbildung 5).

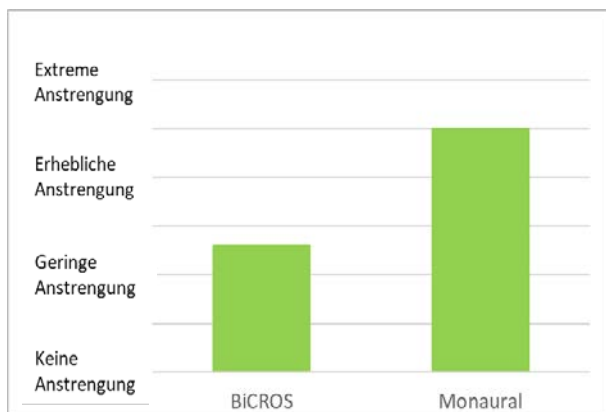


Abbildung 5: Mittlere subjektive Bewertung der Hörleistung für BiCROS- und monaurale Versorgung. Es wurde eine siebenstufige Bewertungsskala angewendet.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Menschen mit einseitiger Taubheit bzw. nicht versorgbarem Gehör haben erhebliche Probleme in alltäglichen Störlärm-Situationen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die beiden aktuellen CROS/BiCROS-Lösungen von Signia, Pure 312 Nx mit Richtwirkung Plus und Silk Nx, signifikante Vorteile für die Sprachverständlichkeit in anspruchsvollen Hörumgebungen bieten.

Pure 312 Nx, kombiniert mit dem CROS Pure 312 Nx Mikrofongerät, ist ein hochwirksames CROS-/BiCROS-System in der beliebten RIC-Bauform. In unserer Studie wurde bereits allein durch diese Kombination ein Vorteil von 4 dB SNR gegenüber einer herkömmlichen monauralen Anpassung nachgewiesen. Mit dem Zusatz von Richtwirkung Plus erhöhte sich dieser Vorteil auf insgesamt 6 dB SNR. In der Praxis bedeutet dies eine erhebliche Hilfe für Menschen mit einseitiger Taubheit. Denn sie haben Schwierigkeiten, Sprache bei konkurrierenden Geräuschen zu verstehen. Eine SNR-Verbesserung von 6 dB kann in vielen Hörsituationen

eine Steigerung des Sprachverständnisses von 50% oder mehr bedeuten.

Das CROS Silk Nx-Mikrofongerät bietet eine CROS-/BiCROS-Lösung mit allen Vorteilen einer besonders diskreten CIC-Bauform. Zudem profitieren Hörgeräteträger von einer Anpassflexibilität, die RIC-Hörgeräten gleichkommt, nicht zuletzt durch die Verfügbarkeit unterschiedlicher Click Sleeves. Die Sprachverständlichkeit in geräuschvoller Umgebung ist mit einem Silk-BiCROS-System um 5 dB besser als bei einer herkömmlichen, monauralen Anpassung, wenn Sprache von der schlechten Seite kommt. Darüber hinaus bietet die algorithmische Kombination von Signalen eines binauralen Gerätepaars einen Vorteil von 2 dB gegenüber einer monauralen Anpassung, auch bei von vorne kommender Sprache. Die Ergebnisse der subjektiven Bewertungen sind ebenso klar. Beide Lösungen reduzierten die Höranstrengung erheblich, und zwar von Anstrengung "sehr groß" oder "extrem" vor der Anpassung hin zu einem "wenig Anstrengung" nach erfolgter Anpassung.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Studie nachweislich, dass die beiden aktuellen CROS-/BiCROS-Systeme von Signia die täglichen Hörprobleme von Menschen mit einseitiger Taubheit lösen können.

Literatur

Froehlich M, Freels K, Powers T. (2015). Speech recognition benefit obtained from binaural beamforming hearing aids: comparison to omnidirectional and individuals with normal hearing. *AudiologyOnline*. Article 14338. Verfügbar unter <http://www.audiologyonline.com>.

Littmann V, Høydal E. (2017). Comparison Study of Speech Recognition Using Binaural Beamforming Narrow Directionality. *Hearing Review*. Verfügbar unter <http://www.hearingreview.com>.

Littmann, V., Junius, D. & Branda, E. (2015). SpeechFocus: 360 in 10 Questions. *Hearing Review*, 22(11), 38.

Lotter, T. (2016). *Silk and Click Sleeves – A New Concept for In-the-Ear Fittings*. Signia Whitepaper.

Mejia J, Carter L, Dillon H, Littman V. (2017). Listening Effort, Speech Intelligibility, and Narrow Directionality. *Hearing Review*, 24(1), 22.

Petrasch, S., Manders, A. & Jacobus, K. (2016). A new CROS and BiCROS wireless solution. *Canadian Audiologist*, 3(4).



Dr. Veronika Littmann

Dr. Littmann ist Teamleiterin des R&D Audiology System Development Teams bei Signia in Erlangen. Ihre Promotion hat sie an der Cambridge University in Fachbereich Neurophysiologie absolviert.



Dr. Alastair Manders

Dr. Manders studierte an der Southampton University und erwarb einen Bachelor of Science in Akustik und Musik, einen Master of Science in Audiologie, sowie einen Dokortitel in Audio-Signalverarbeitung. Dr. Manders ist im Bereich Forschung und Entwicklung für Signia tätig.

Signia GmbH
Henri-Dunant-Strasse 100
91058 Erlangen
Deutschland
signia-pro.de
signia-pro.at