

Phonak Insight

April 2016



Automatik und Direktionalität für Kinder

Wissenschaftlicher Hintergrund und Implementierung des Automatik-Betriebssystems für Kinder

Kinder bewegen sich in ihrem Alltag in verschiedenen Hörumgebungen: zu Hause, im Freien und in der Schule. Besonders in der Schule ist der Geräuschpegel häufig hoch, sodass es für ein Kind zu einer Herausforderung werden kann, im Unterricht zu hören, zu verstehen und mitzumachen – selbst wenn die Lehrkraft ein Roger-System nutzt. Bei Erwachsenen konnte der Nutzen von Automatikprogrammen und Richtmikrofonen klar nachgewiesen werden. Eine international angelegte, detaillierte Analyse verschiedener Klassenzimmerszenarien mit schwerhörigen Kindern hat gezeigt, dass diese Schüler ein Drittel des Schultages in Situationen verbringen, in denen sie Schwierigkeiten haben, zu verstehen und teilzuhaben. Anlässlich dieser Befunde wurden zwei innovative Funktionen entwickelt und in den Phonak Sky V Hörgeräten implementiert: AutoSense Sky OS, das neue Automatik-Betriebssystem für Kinder, und die neue Einstellung „Roger und direktional“, die es auch ohne ein Roger-Mikrofon ermöglicht, im Roger Programm ein adaptiv aktiviertes, fix-direktionales Richtmikrofon zu verwenden.

Einleitung

Die meisten Kinder mit Hörverlust besuchen heutzutage reguläre Schulen, wo sie gemeinsam mit normalhörenden Kindern unterrichtet werden. In der häufig geräuschvollen Schulumgebung kann es jedoch eine Herausforderung für ein Kind sein, richtig zu hören, zu verstehen und mitzumachen. Kinder benötigen generell einen besseren Signal-Rausch-Abstand (SNR) als Erwachsene, da sie sich noch in der Sprachentwicklungsphase befinden. Für Kinder mit Hörverlust gilt das ganz besonders. Sie benötigen einen noch besseren Signal-Rausch-Abstand (SNR) als normalhörende Kinder, um bei vergleichbaren Pegeln zu verstehen.^{1,2} Doch nicht nur für das Verstehen und Lernen ist ein besserer SNR wichtig, sondern auch für die soziale und emotionale Integration des Kindes in der Schule.³ Im modernen Schulunterricht werden zudem verstärkt interaktive Übungen und audiovisuelle Medien eingesetzt, die es für ein Kind, das ohnehin schon Hörprobleme hat, noch schwieriger machen, die Anweisungen des Lehrers zu hören und dem Unterricht zu folgen.

Jedes Kind muss bestmöglich in der Schule integriert werden. Dafür ist es sehr hilfreich, dass Kinder mit Hörverlust häufig gezielt Hilfe durch Fachkräfte, wie Hörgeräteakustikern, speziell geschulten Lehrern und anderen Betreuern erhalten. Ihr schulischer Erfolg hängt aber auch wesentlich von der Leistung der Hörtechnologie ab, die sie nutzen.⁴

Die akustische Situation im Unterricht wurde schon in früheren Studien untersucht. Diese Studien bezogen sich jedoch ausschließlich auf ein Lehrszenario, in welchem der Lehrer frontal

vor der Klasse steht und von dort aus unterrichtet, dem sogenannten Frontalunterricht. In einer neueren Studie wurden hingegen alle Hörumgebungen untersucht, die ein Kind im Schulalltag erlebt, sowohl innerhalb als auch außerhalb des Klassenzimmers.^{5,6} Es zeigte sich, dass Kinder in jedem Alter in der Schule vielen verschiedenen Hörsituationen ausgesetzt sind.

In der hier vorgestellten Studie wurde ein gesamter Schultag mit allen Hörsituationen innerhalb und außerhalb des Klassenzimmers untersucht. Ziel dieser Studie war es, die Leistung von Phonak Hörgeräten für Kinder in verschiedenen Situationen in der Schule zu untersuchen (mit und ohne Roger). Auf Basis dieser Befunde konnten das an die spezifischen Bedürfnisse von Kindern angepasste Betriebssystem AutoSense Sky OS sowie ein Roger Programm entwickelt werden, das die Einstellung „Roger und direktional“ bietet.

Analyse von Schulumgebungen

Zuerst wurde die Leistung von Schülern mit Hörverlust im Laufe eines Schultags mithilfe einer qualitativen Benutzerumfrage ermittelt. Zu diesem Zweck wählten wir vier 9 bis 15 Jahre alte Schüler mit mittel- bis hochgradigem Hörverlust aus. Die Schüler besuchten 4 unterschiedliche Regelschulen in der Schweiz und sollten über die täglichen akustischen Herausforderungen im Unterricht berichten. Zusätzlich bildeten wir eine zweite Schülergruppe mit Schülern im Alter zwischen 7 und 16 Jahren, die alle eine Schule für Schwerhörige besuchten.

Bei dieser zweiten Gruppe wurde danach gefragt, welche Probleme und Herausforderungen den Wechsel auf eine spezielle Schule für Schwerhörige veranlasst hatten. Schließlich bedeutete dies für viele Schüler, dass sie auch unter der Woche im Schulgebäude übernachten mussten, weil ihr Wohnort zu weit weg war, um täglich zu pendeln.

Die Schüler wurden zu Hause und in der Schule interviewt. Darüber hinaus besuchten die Forscher alle fünf Schulen und begleiteten die Schüler während eines gesamten Schultags. Dabei beobachteten sie die Aktivitäten der Schüler und fragten sie nach bestimmten Situationen, ob sie ihre Lehrer und Mitschüler verstanden hatten, und ob bestimmte Klänge dabei unangenehm geklungen hatten. Durch die kombinierte Beobachtung und anschließende Befragung konnte die Hörleistung in den einzelnen Hörsituationen, in denen sich ein Kind im Laufe des Schultags bewegt, qualitativ bewertet werden. Zur Bewertung der Hörleistung wurden die Variablen „Sprachverständlichkeit“ und „Hörkomfort“ herangezogen.

Darüber hinaus wurden Audio- und Videoaufnahmen erstellt und nach Hörsituationen kategorisiert. Diese Kategorisierung ermöglichte einen Rückschluss auf die Häufigkeit, in der bestimmte Hörsituationen vorkommen. Neben der Wichtigkeit einer Hörsituation, die aus den Interviews geschlossen wurde, konnte die Relevanz einer jeden Hörsituation eingeschätzt werden. Mit der Einschätzung der Hörleistung und der Einschätzung der Relevanz, konnte auch der Nutzen für die Verbesserung einer bestimmten Hörsituation bestimmt werden.

Ergebnisse der qualitativen Nutzerumfrage

Der moderne Unterricht ist sehr interaktiv und hat nichts mehr mit dem Frontalunterricht zu tun, den die heutigen Erwachsenen aus ihren Schultagen kennen.⁷ Heute nimmt der Interaktionsbedarf in der Schule mit zunehmendem Alter zu. Zudem haben audiovisuelle Medien Einzug in den heutigen Schulalltag gehalten. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass Hörschwierigkeiten eher mit der Unterrichtsmethode zusammenhängen als mit den akustischen Eigenschaften der Hörumgebung oder dem jeweiligen Unterrichtsfach. Diese Erkenntnis führte zur Kategorisierung verschiedener Schulumgebungen nach Unterrichtsmethoden.

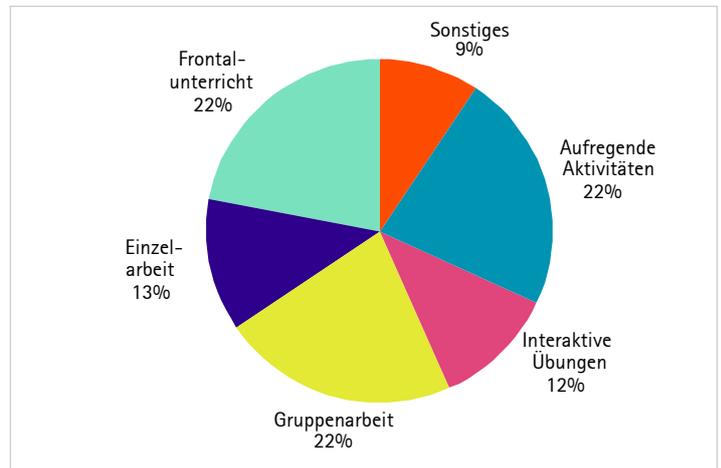


Abbildung 1: Verteilung der aufgetretenen Hörsituationen in verschiedenen Schulen (51 Stunden).

Abbildung 1 zeigt die einzelnen Hörsituationen mit dem jeweils zugehörigen prozentualen Anteil an der Gesamtzeit, durchschnittlich für alle Schulen errechnet. Die Hörsituation **Frontalunterricht**, in welcher die Lehrkraft vor der gesamten Klasse steht und unterrichtet, kam in 22% der Zeit vor und ist damit besonders relevant. Die Schüler empfanden die Sprachverständlichkeit beim Frontalunterricht als äußerst zufrieden stellend, sofern die Lehrkraft konsistent das Roger-System nutzte. Klar wurde auch, dass **Einzelarbeit** nicht mit Hörproblemen assoziiert wird. Viele Schüler schalteten bei solchen Übungen sogar ihr Hörgerät aus, um sich besser konzentrieren zu können, vor allem bei Prüfungen.

Im Gegensatz dazu wurde die **Gruppenarbeit** als eine nicht zufrieden stellende Hörsituation bewertet. Bei Gruppenarbeiten arbeiten häufig zwei bis drei Schüler in einer Gruppe zusammen. Da normalerweise alle Gruppen im Klassenzimmer bleiben, um die Übung auszuführen, steigt in solchen Situationen der Geräuschpegel im Raum, selbst wenn der Gesamtpegel nicht hoch ist. Roger kann in solchen Situationen aufgrund des hohen Tempos des dynamischen Unterrichts leider nur selten eingesetzt werden. Dadurch kommt es zu Konversationen mit geringen Signal-Rausch-Abständen (SNR) und häufig zu schlechter Hörleistung für Schüler mit Hörminderung. Darüber hinaus wird **Gruppenarbeit** häufig in bestimmten Unterrichtsfächern, wie z.B. Sprachen oder Mathematik, eingesetzt. **Gruppenarbeit** und **Gruppendiskussion** kam in 22% der Zeit vor und ist damit besonders relevant.

In Bezug auf die zweite Variable der Hörleistung, den Hörkomfort, waren die Schüler der Studie vor allem in Situationen unzufrieden, in denen andere Kinder schrien. Diese Situationen kamen vor allem beim Spielen in den Pausen, beim Sport und bei Übergängen zwischen verschiedenen Aktivitäten vor, z.B. wenn die Schüler die Gruppen für die Gruppenarbeit bilden sollten oder sich in den Umkleidekabinen umzogen. Diese Situationen wurden als „aufregende Situationen“ bezeichnet.⁴ Die Schüler bewerteten diese Situationen als viel zu laut und sehr unangenehm.

Zur Überprüfung dieser Befunde wurden ähnliche Studien in Deutschland, den USA, in Südafrika sowie in China durchgeführt.

Aufzeichnung des Höralltags

Während der Beobachtung des Schultags trug jeder Schüler neben den eigenen Hörgeräten auch ein Aufnahmegerät, welches ein zweites, modifiziertes Hörgerät beinhaltete, das keinen akustischen Ausgangsschalldruck generierte, sondern den Mikrofoneingang aufzeichnete. Die modifizierten Hörgeräte wurden am Kopf des Schülers angebracht, nahe an den eigenen Hörgeräten, um die gleiche akustische Leistung sicherzustellen und den gleichen Klang zu erfassen. Dadurch konnte die Leistung der Signalverarbeitung der Hörgeräte in allen Hörsituationen evaluiert werden. Das Aufnahmegerät war tragbar, sodass die Schüler in keiner Weise eingeschränkt waren und an allen Aktivitäten normal teilnehmen konnten.

Die aufgezeichneten Hörsituationen wurden zuerst im Labor analysiert, um nachvollziehen zu können, wie die Hörgeräte die Signalverarbeitung in den verschiedenen akustischen Situationen einsetzten. Diese Analyse zeigte, dass relevante und nicht zufrieden stellende Situationen, wie **Gruppenarbeit** und **Schreien**, besondere Hörsituationen im Alltag eines Kindes darstellen und nicht ausreichend durch die Signalverarbeitungseinheit der Hörgeräte erkannt werden. Diese Ergebnisse betonten die Notwendigkeit eines auf diese spezifischen Hörsituationen zugeschnittenen Automatik-Betriebssystems. So kam es zur Entwicklung von AutoSense Sky OS, welches speziell die Hörumgebungen von Kindern in den Fokus nimmt. AutoSense OS wurde durch die Anwendung zusätzlicher aufgezeichneter Stunden im Klassenzimmer umgeformt, sodass das Automatik-Betriebssystem für Kinder, AutoSense Sky OS, entwickelt werden konnte. Nach der Umformung wurden die aufgezeichneten Hörsituationen im Labor analysiert, um nachvollziehen zu können, wie die Hörgeräte die Signalverarbeitung in den verschiedenen akustischen Situationen einsetzten. AutoSense Sky OS bietet eine präzisere Erkennung der Hörsituationen „Gruppenarbeit“ und „Gruppendiskussion“, sowie eine präzisere Kategorisierung von Schreien als Störgeräusch, als AutoSense OS, das Betriebssystem, das für erwachsene Hörgeräteträger entwickelt wurde. Daher behandelt das neue AutoSense Sky OS diese Situationen gemäß dem Bedarf, den die Schüler angegeben haben.

Zusätzlich wurde das Roger Programm verbessert und bietet nun adaptiv aktivierte Richtmikrofone in den Hörgeräten – für eine bessere Sprachverständlichkeit in Gruppenarbeiten und allgemein bei der Kommunikation in geräuschvollen Umgebungen. Schüler mit Hörminderung können damit vom nachgewiesenen Nutzen der Direktionalität im Klassenzimmer profitieren, auch wenn kein Roger verwendet wird.

Funktionalität von AutoSense Sky OS

AutoSense Sky OS basiert auf der Automatik für Erwachsene, AutoSense OS, und weist die gleiche Hauptprogrammstruktur und die gleichen Funktionen wie dieses auf. AutoSense Sky OS passt das Hörgerät nahtlos an unterschiedliche Hörsituationen und Umgebungen an, indem es Klangbereinigungsfunktionen und

Direktional-Modi ein- und ausblendet und die Verstärkung automatisch anpasst. Die Architektur des AutoSense Sky OS basiert auf Programmen, die typische Hörsituationen repräsentieren und, bei Bedarf, über die Phonak Target Anpasssoftware an die individuellen Bedürfnisse des Hörgeräteträgers angepasst werden können.

Die Programme werden aufgrund ihrer Fähigkeit ausgewählt, eine möglichst große Bandbreite an unterschiedlichen Hörsituationen optimal abzudecken. AutoSense Sky OS verfügt insgesamt über verschiedene Klangbereinigungsfunktionen und sieben einzelne anpassbare Programme. AutoSense Sky OS folgt denselben Betriebsprinzipien wie das System für Erwachsene, bietet aber zusätzlich spezielle Programmparameter für die exklusiven Programme „Verstehen im lauten Störgeräusch“, „Musik“, „Verstehen bei Fahrgeräuschen“, sowie die Mischung von nicht-exklusiven Programmen („Ruhe“, „Sprache im Störgeräusch“, „Komfort in halligen Situationen“, „Komfort im Störgeräusch“). Die Hörprogramme werden je nach erkannter Hörumgebung und Geräuschkulisse präzise und in Echtzeit gemischt.

AutoSense Sky OS verbessert das Hören und Verstehen in Hörsituationen wie Gruppenarbeit und Gruppendiskussionen, indem es:

- die Hörsituation „Gruppenarbeit“ bis zu 30% präziser als „Sprache im Störgeräusch“ erkennt als das Betriebssystem für Erwachsene, und
- bei Venture Hörgeräten den fix-direktionalen Modus bei niedrigeren Pegeln aktiviert, was den Signal-Rausch-Abstand (SNR) bei Gesprächen in geräuschvollen Umgebungen verbessern kann.

AutoSense Sky OS erkennt auch Schreien besser als Störgeräusch, mit bis zu 39% präziserer Aktivierung des Programms „Komfort im Störgeräusch“ oder „Sprache im Störgeräusch“, je nach sprachlichem Inhalt der Schreisituation.

Um diese Verbesserung zu validieren, wurde in einer zusätzlichen Studie mit 15 Kindern untersucht, ob AutoSense Sky OS den Hörkomfort, die Höranstrengung und die Akzeptanz des Hörgeräts verbessert und eine weitere Nutzung des Hörgeräts begünstigt, sowie ob es den Bedarf an manueller Einstellung des Hörgeräts reduziert. Die vorläufigen Ergebnisse der ersten 6 Studienteilnehmer werden an dieser Stelle veröffentlicht. Die Studienteilnehmer saßen in einer Klassenzimmerumgebung und waren von 5 Lautsprechern umgeben, aus denen unkorrelierte Audio-Aufzeichnungen aus Umkleidekabinen abgespielt wurden, die viele Schreiateile enthielten. Das Schreigeräusch wurde bei 75 dB (A) präsentiert. Über Hörgerätemonitore wurde verifiziert, ob die Szene durch AutoSense Sky OS präzise als „Komfort im Störgeräusch“ und nicht als „Musik“, wie beim Betriebssystem für Erwachsene, erkannt wurde. Während sie die Szene hörten, beantworteten die Teilnehmer fünf Fragen auf einem Monitor. Jede Frage wurde jeweils auf einer Monitorseite präsentiert und das Kind konnte über eine Taste auf der Seite zwischen den Programmen A und B schalten. Den Tasten waren die Programme „Komfort im Störgeräusch“ (AutoSense Sky OS) und „Musik“ (AutoSense OS)

zugeordnet und sie wurden bei jeder Frage randomisiert. Die ersten 6 Studienteilnehmer bewerteten das Programm „Komfort im Störgeräusch“ in jedem Bereich besser als das Programm „Musik“ (Abbildung 2). Die Ergebnisse zeigen, dass AutoSense Sky OS zu einer größeren Toleranz und mehr Komfort, weniger Ermüdung, einem geringeren Bedarf an manueller Steuerung und weniger Geräteentfernungen führt.

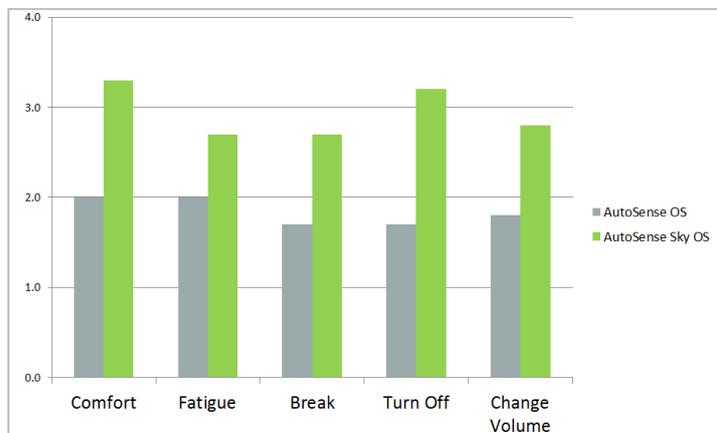


Abbildung 2. Durchschnittliche Ergebnisse eines doppelt verblindeten Vergleichs zwischen A und B. Die Studienteilnehmer schalteten in der Schreitsituation zwischen dem AutoSense OS (Musik) und dem AutoSense Sky OS Programm (Komfort im Störgeräusch) und bewerteten dabei Folgendes:
Komfort: 5=Hoher Komfort / 0=Kein Komfort
Müdigkeit: 5=ermüdet meine Ohren nicht / 0=ermüdet meine Ohren sehr
Pause: 5=würde keine Hörpause benötigen / 0=würde eine Hörpause benötigen
Ausschalten: 5=würde nicht ausschalten / 0=würde ausschalten
Lautstärke ändern: 5=würde Lautstärke ändern / 0=würde Lautstärke nicht ändern

„Roger und direktional“

Die Roger Technologie ermöglicht Schülern mit Hörverlust, im Unterricht leichter zu hören und die Stimme der Lehrkraft bedeutend besser zu verstehen. Roger-Signale werden mit früheren Technologie-Plattformen und allen anderen Hörgerätemarken in die Umgebungsgeräusche integriert, die von den omnidirektionalen Hörgerätemikrofonen erfasst werden. Die Venture Plattform bietet hingegen die Möglichkeit, gleichzeitig mit dem Roger-Signal auch einen Direktional-Modus zu aktivieren. Wenn er über die Anpasssoftware im Roger-Programm aktiviert wurde, wählt der Direktional-Modus zwischen Real Ear Sound (RES) und einer fix-direktionalen Einstellung, abhängig von der Präsenz von Hintergrundgeräuschen und dem Maß an durch AutoSense Sky OS erkannter Sprache im Störgeräusch. Der je nach Hintergrundgeräuschen aktivierte Mikrofonmodus hängt von der Anpassung des Hörgeräteakustikers ab. Drei Einstellungen stehen dafür zu Verfügung: Omni, Real Ear Sound und adaptiv fix-direktional. Das fix-direktionale Mikrofon (ein kardioides Reduktionsmuster) ist die Standardeinstellung des Richtmikrofons und eine optimale Wahl für Gruppenarbeiten in der Schule. Der fix-direktionale Beamformer ist der optimale Direktional-Modus zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit, wenn Sprache aus 0° - 90° die Hörgerätemikrofone erreicht. Kinder haben Zugang zum Roger-Programm basierend auf der Anpassphilosophie des Hörgeräteakustikers:

1. Das Roger-Programm ist das Standard- und einzige Programm (z.B. Kleinkinder, die noch nicht in der Lage sind, die eigenen Hörgeräte zu bedienen und nicht mit AutoSense Sky OS versorgt sind). Diese Kinder können nun in jeder Umgebung Richtmikrofone benutzen.
2. AutoSense Sky OS ist das Standard-Startprogramm. Das Roger-Programm ist verfügbar und wählt mit RogerReady automatisch zwischen zwei Modi den richtigen Modus aus, abhängig vom Signal des Roger-Mikrofons.

In beiden Fällen passt sich, während das Kind ein Roger-Signal empfängt, die directionale Einstellung der Hörgerätemikrofone an die Umgebungsgeräusche an, um bestmögliches Hören und einen directionalen Vorteil zu bieten, der den SNR um ca. 3 dB verbessert, sodass die Stimmen der Mitschüler und die Stimme der Lehrkraft im Nahfeld bestmöglich hörbar wird.

Die Verwendung der Einstellung „Roger und direktional“ wurde von 6 Kindern in einem Klassenzimmer validiert. Im Testraum wurde von hinten ein Klassenzimmer-Störgeräusch und bei 315 Grad Sprache von einem Mitschüler abgespielt. Der Mitschüler und das Hintergrundgeräusch wurden bei 65 dB (A) präsentiert, sodass ein Signal-Rausch-Abstand (SNR) von 0 dB zustande kam. Den vorläufigen Ergebnissen der Validierung durch die 6 Testteilnehmer nach, bietet die fix-direktionale Einstellung „Roger und direktional“ (Roger+DM) eine signifikant bessere Leistung als „Roger und omnidirektional“ (Roger+Omni). Abbildung 4 zeigt, dass die Spracherkennung bei Sätzen im Störgeräusch mit dem Roger+DM Programm 37% besser war als mit dem Roger+omni Programm (Wolfe, 2016).⁹

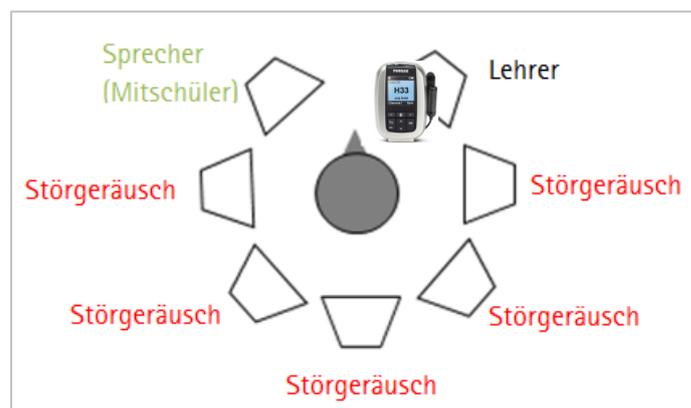


Abbildung 3. Klassenzimmerszenarien mit Sprecher (Mitschüler) bei 315 Grad im Störgeräusch.

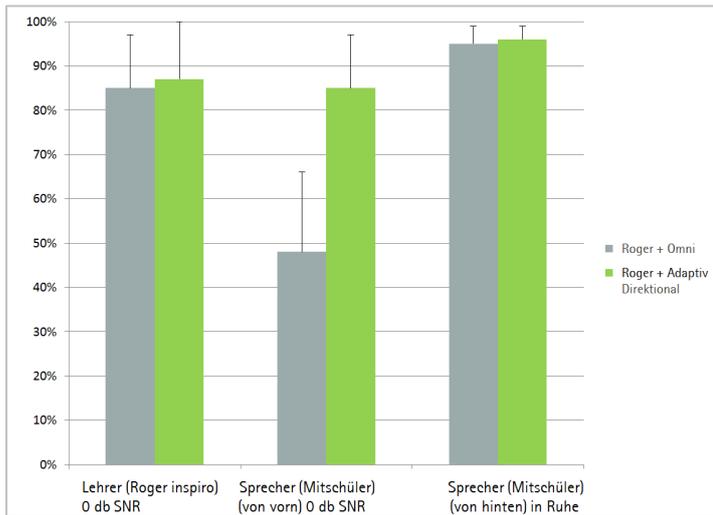


Abbildung 4. Vorläufige Ergebnisse Roger + omni und Roger + DM angewandt vom 1. Lehrer, der den inspiro Sender verwendet, 2. Mitschüler, der im Störgeräusch von vorne spricht und 3. Mitschüler, der in Ruhe von hinten spricht. N=6. Fehlerbalken entsprechen 1 Standardabweichung.

Zusammenfassung

Das auf AutoSense OS basierende AutoSense Sky OS wurde speziell für die Bedürfnisse von Kindern entwickelt und ermöglicht eine bessere Sprachverständlichkeit im Unterricht, wenn Roger nicht verfügbar ist. Zudem verbessert es den Hörkomfort in Situationen, in denen Kinder sehr laut sprechen oder schreien. Diese Verbesserungen ermöglichen eine geringere Höranstrengung und mehr Hörkomfort bei aufregenden Aktivitäten mit lauten und schreienden Stimmen.

Die Venture Plattform ermöglicht erstmalig, die Direktionalität des Roger Programms gleichzeitig mit dem Roger-Eingang zu nutzen. Die Einstellung „Roger und direktional“ aktiviert adaptiv das fix-direktionale Mikrofon, in Abhängigkeit der vorhandenen Hintergrundgeräusche und des durch AutoSense Sky OS erkannten Anteils an Sprache im Störgeräusch.

Diese zwei neuen Funktionen verbessern das Hören und Verstehen in verschiedenen Hörsituationen, in denen Kinder größtenteils ihre Zeit verbringen. Sowohl AutoSense Sky OS als auch die Einstellung „Roger und direktional“ sind zum ersten Mal in Phonak Sky V Hörgeräten für Kinder verfügbar.

Referenzen

1. A.C. Neuman, M. Wroblewski, J. Hajicek and A. Rubinstein (2010). Combined effects of Noise and Reverberation on Speech Recognition Performance of Normal-Hearing Children and Adults. *Ear and Hearing*, 31(1), 336.
2. M. Khairi, M. Daud, R.M. Noor, N.A. Rahman, D.S. Sidek and A. Mohamed (2010). The effect of mild hearing loss on academic performance in primary school children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 74(1):67–70.
3. U. Haerberlin et al., (1989). Integration in die Schulklasse. Fragebogen zur Erfassung von Dimensionen der Integration von Schülern, FDI 4–6. Bern: Haupt.
4. M. Audeoud and E. Wertli (2011). Nicht anders, aber doch verschieden, HfH Reihe.
5. J. Crukley, S. Scollie, V. Parsa, (2011). An exploration of Non-Quiet Listening at School. *Journal of Educational Audiology* vol. 17.
6. T.A. Ricketts, E.M. Picou, J.A. Galster, J. Federman and D.P. Sladen, (2010). Potential for Directional Hearing Aid Benefit in Classrooms: Field Data, Sound Foundations for Early Amplification Proceedings.
7. O. Wilson, J. Valentine, M. Halstead, G. Dodd, (2012). Classroom acoustics: a New Zealand perspective, The Oticon Foundation in New Zealand.
8. F. Bess, J. Dodd-Murphy and R. Parker, (1998). Children with minimal sensorineural hearing loss: Prevalence, educational performance, and functional status, *Ear and Hearing*, 19: 339-354.
9. Wolfe, J (2016). A Powerful Noise-Fighting Duo: Roger and Phonak Directionality. *Phonak Field Study News*.

Autoren



Manuela Feilner hat an der ETH Zürich Elektrotechnik studiert. Nach ihrer Promotion im Bereich digitale Signalverarbeitung an der EPFL (Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne) im Jahr 2002 nahm sie 2003 bei Phonak eine Tätigkeit als Ingenieurin in der Abteilung Forschung und Entwicklung für digitale

Signalverarbeitung auf. Nach verschiedenen Stationen im Unternehmen ist sie seit 2013 Forschungsleiterin für kundenorientierte Gestaltung.



Stacey Rich hat Gehörlosenpädagogik an der University of North Carolina studiert. 2003 erlangte sie einen Master of Clinical Audiology an der University of Melbourne in Australien. Bevor sie 2008 zum Phonak US Pediatric and Schools Team stieß, arbeitete sie als Pädakustikerin. Seit 2014 ist sie als Global Pediatric Audiology

Manager am Phonak Hauptsitz in der Schweiz tätig.



Christine Jones ist seit 2001 für Phonak tätig. Zurzeit leitet sie ein Programm für interne und externe klinische Forschung am Phonak Audiology Research Center (PARC). Davor arbeitete Christine für Phonak US Pediatrics, wo sie eine klinische Studie zur Kinderversorgung durchführte. Christine hat an der Vanderbilt University ein Master-

Studium und an der Central Michigan University ein Promotionsstudium in Audiologie absolviert.