

Field Study News

Dezember 2016



SoundRecover2 für die Kinderversorgung: Hörbarkeit in den wichtigsten Bereichen

In einer Studie wurde untersucht, ob Kinder von einer neuen, adaptiven nicht-linearen Frequenzkompression profitieren, welche die Anwendung niedrigerer Kompressionsverhältnisse und höherer Grenzfrequenzen erlaubt. Im Einzelnen wurde die Hörleistung, d.h. die Hörbarkeit und die Spracherkennung, die mit dieser neuen Version der nicht-linearen Frequenzkompression erzielt wird, mit der Hörleistung des ursprünglichen Algorithmus zur nicht-linearen Frequenzkompression verglichen. Die Befunde legen nahe, dass die neue adaptive nicht-lineare Frequenzkompression besseren Zugang zu hochfrequenten Sprachlauten und eine verbesserte Erkennung von Sprachlauten und einsilbigen CVC-Wörtern bietet, ohne die Spracherkennung zu beeinträchtigen. Diese neue Form der adaptiven nicht-linearen Frequenzkompression, genannt NLFK-2, bildet die Basis von SoundRecover2, eine Funktion, die Phonak im Jahr 2016 eingeführt hatte.

Einleitung

Phonak führte im Jahr 2008 SoundRecover ein, den Algorithmus zur nicht-linearen Frequenzkompression, und bot damit eine Lösung zur Wiederherstellung der Hörbarkeit in den hohen Frequenzen, wie sie mit herkömmlichen Hörgeräten bis dahin nicht möglich war. Durch die in SoundRecover verwendete nicht-lineare Frequenzkompression werden hochfrequente akustische Eingänge in einen niedrigeren Frequenzbereich verschoben. Kindern ermöglicht diese Technologie Zugang zu wichtigen hochfrequenten Sprachlauten, wie z.B. die Reibelauten /f/, /s/ und /sch/, die für das Erkennen und Erlernen von Sprache wichtig sind.

Aus mehreren Studien, die zu den Vorteilen dieser Form der Signalverarbeitung bei Kindern mit Hörverlust durchgeführt wurden, geht hervor, dass SoundRecover die Spracherkennung verbessern kann, sofern eine sachgerechte Verifikation erfolgt (Glista & Scollie, 2012; Glista et al., 2009; Glista, Scollie & Sulkers, 2012; Wolfe, Caraway, John, Schafer & Nyffeler, 2009; Wolfe et al., 2010; Wolfe et al., 2015). Auch wenn SoundRecover erwiesenermaßen Vorteile bietet, können zu extreme Kompressionsparameter (z.B. hohe Kompressionsverhältnisse und niedrige Grenzfrequenzen) bei

der nicht-linearen Frequenzkompression das ursprüngliche Sprachsignal substanziell verzerren und dadurch unangenehm oder sogar unverständlich machen (Hillock-Dunn, Buss, Duncan, Roush & Leibold, 2014).

Aufgrund dieser Einschränkung wurde eine zweite Generation der nicht-linearen Frequenzkompression entwickelt, die sogenannte NLFK-2. Der Hauptunterschied zwischen der ursprünglichen nicht-linearen Frequenzkompression und der adaptiven NLFK-2 ist, dass der NLFK-2 Algorithmus nicht statisch ist, sondern adaptiv von der Energieverteilung des Eingangsklangs abhängt. NLFK-2 verfügt zudem über eine zweite Grenzfrequenz, die tieffrequente Klänge, wie Vokale und stimmhafte Konsonanten, gewissermaßen „schützt“. Bei der NLFK-2 Signalverarbeitung bleiben Eingänge unterhalb der niedrigeren Grenzfrequenz immer unberührt (d.h. es wird eine lineare Verarbeitung angewandt).

Nur Eingänge über der oberen Grenzfrequenz werden komprimiert. Im mittleren Frequenzbereich zwischen der unteren und oberen Grenzfrequenz hängt die Signalverarbeitung von der momentanen Energieverteilung des Eingangssignals ab. In diesem Frequenzbereich

bestimmt das System adaptiv und unmittelbar, ob Frequenzkompression angewandt wird oder nicht.

Ist die obere Grenzfrequenz der adaptiven NLFK richtig gesetzt, kann die untere Grenzfrequenz weit unter der 1500 Hz Grenze des ursprünglichen Algorithmus gesetzt werden. Die Formantbeziehung der Vokale wird nicht negativ beeinträchtigt, weil mit dem adaptiven Algorithmus die Frequenzkompression mittel- bis hochfrequenter akustischer Eingänge nur aktiv ist, wenn diese Eingangskomponenten signifikante Energie hinsichtlich der simultan präsenten tieffrequenten Komponenten haben. Durch die Anwendung einer niedrigeren Grenzfrequenz kann hingegen ein niedrigeres Kompressionsverhältnis angewandt werden, sodass die spektrale Form der mittel- und hochfrequenten Phoneme und Umgebungsgeräusche weniger verändert wird.

Für diese Studie wurde die ursprüngliche Form der nicht-linearen Frequenzkompression, wie sie in der ersten SoundRecover-Generation vorhanden ist (im Folgenden „NLFK-1“ genannt), mit der adaptiven nicht-linearen Frequenzkompression, wie sie z.B. in SoundRecover2 angeboten wird (im Folgenden „NLFK-2“ genannt), verglichen. Ziel dieser Studie war es, die Anwendung eines adaptiven Algorithmus zur nicht-linearen Frequenzkompression bei Kindern zu evaluieren.

Methodik

Testpersonen

An der Studie nahmen vierzehn Kinder teil. Die Hörverluste der Kinder reichten von leicht bis mittelgradig in den tiefen Frequenzen bis hin zu stark bis hochgradig in den hohen Frequenzen. Das Durchschnittsalter der Kinder betrug 11 Jahre und 6 Monate (Altersspektrum: 6 bis 17 Jahre). Alle Testpersonen hatten vor der Studie NLFK-1 verwendet und waren englische Muttersprachler mit altersgemäßen rezeptiven und expressiven Sprachfähigkeiten.

Kinder, die eine Störung aus dem Spektrum der akustischen Neuropathie, retrocochleäre Hörstörung, kognitive bzw. neurologische Behinderung und/oder mangelnde Lese- und Schreibfähigkeit (d.h. Unfähigkeit, Fragebögen auszufüllen oder Spracherkennungsaufgaben im Rahmen eines geschlossenen Phonem-Sets zu lösen) aufwiesen, wurden von der Studie ausgeschlossen.

Vorgenommene Hörgeräteanpassung

Alle Testpersonen wurden binaural mit einem Prototyp des Phonak Naída Q90 Hinter-dem-Ohr (HdO) Hörgeräts mit multiplen NLFK-Algorithmen versorgt. Es wurden InSitu-

Sondenmikrofonmessungen mit gemessenen Real-Ear-to-Coupler Difference Werten verwendet, um sicherzustellen, dass der Ausgangsschalldruck der Hörgeräte mit dem DSL v5.0 Ziel (± 2 dB) des Ziel-Sprachsignals bei je 55, 65 und 75 dB SPL übereinstimmte, während NLFK deaktiviert war. In den Hörgeräten aller Testpersonen wurde die aktive Rückkopplungsauslöschung deaktiviert und vor der Sondenmikrofonprüfung wurde eine akustische Rückkopplungskalibrierung und -prüfung durchgeführt.

Studiendesign

Die Studie war in drei Phasen unterteilt. Jede Phase umfasste 4 bis 6 Wochen. In jeder Phase wandten die Testpersonen jeweils eine der drei folgenden NLFK-Typen an: NLFK-1, NLFK-2A und NLFK-2B. Da alle Testpersonen erfahrene NLFK-1 Anwender waren, wurden die NLFK-1 Ergebnisse als voll akklimatisiert angesehen. Die auditorische Leistung jeder NLFK-2 Signalverarbeitung wurde zu Beginn als „akut“ sowie nach Beendigung der jeweiligen Phase (4-6 Wochen) gemessen.

1. NLFK-1

Die anfänglichen NLFK-1 Einstellungen jeder Testperson waren mit den Einstellungen identisch, die diese vorab der Studie in ihren eigenen Hörgeräten hinterlegt hatte. Die ursprünglichen NLFK-1 Einstellungen wurden anhand eines Verifikations- und Fein Anpassungsprotokolls von Glista et al. (2009) bestimmt. Die Sondenmikrofonmessungen wurden mit aktiviertem NLFK durchgeführt, um sicherzustellen, dass ein bei 65 dB SPL präsentiertes /s/-Phonem, das von einer weiblichen Stimme gesprochen wurde, bei den ursprünglichen NLFK-1 Einstellungen ausreichend hörbar war (d.h. das komprimierte Signal stimmte mit dem durch DSL v5.0 vorberechneten Ziel überein oder übertraf dies sogar bei der Zielfrequenz). Die Intensität der NLFK-1 Kompression wurde feinangepasst, wenn das Phonem /s/ nicht hörbar war.

Zwei Einstellungen des NLFK-2 Prozessors wurden mit NLFK-1 verglichen.

2. NLFK-2A

Die NLFK-2A wurde nach den folgenden, auf dem korrespondierenden Audiogramm jeder Testperson basierenden Kriterien bestimmt: Der maximale Ausgangsschalldruck der NLFK-2 wurde anhand der Schnittmenge bestimmt, welche sich aus der Hörschwelle der Testperson und dem maximalen Ausgangsschalldruck bei deaktivierter NLFK ergab. Zusätzlich wurde der Schnittpunkt aus 80 dB SPL Sprache und Hörschwelle verwendet, um die obere Grenzfrequenz festzulegen. Dies stellte sicher, dass

durch den NLFK-2 Prozessor bei jeder Testperson die breiteste harmonische Sprachbandbreite geboten wurde.

3. NLFK-2B

Die NLFK-2B Einstellung lag zwischen der NLFK-2A und der NLFK-1 Einstellung. Bei jeder Testperson wurde die jeweilige NLFK-1 Einstellung als maximaler NLFK Ausgangsschalldruck verwendet. Die untere Grenzfrequenz wurde höher (mit stärkerem Kompressionsverhältnis) und die höhere Grenzfrequenz niedriger als bei NLFK-2A gesetzt, um eine näher an der feineingestellten NLFK-1 Einstellung liegende hörbare Bandbreite zu erreichen. Diese Einstellung wurde mit der Absicht gewählt, zu untersuchen, ob die Testperson eine NLFK-2 Anpassung bevorzugen würde, die in Bezug auf die komprimierte Klangqualität näher an dem lag, was die Testperson mit NLFK-1 gewohnt war.

Messergebnisse

Die Spracherkennung wurde in einem offenen Set in Ruhe mit drei unterschiedlichen Messinstrumenten gemessen: dem Plural-Test der University of Western Ontario (UWO) (Glista & Scollie, 2012), dem einsilbigen Konsonant-Nukleus-Konsonant (CNC) Worterkennungstest (Peterson & Lehiste, 1962) und dem Phoneme Perception Test (PPT) von Phonak (Schmitt, Winkler, Boretzki & Holube, 2016).

Resultate

UWO Plural-Test

Abbildung 1 zeigt die durchschnittlichen Ergebnisse des UWO Plural-Tests in allen fünf Testkonditionen.

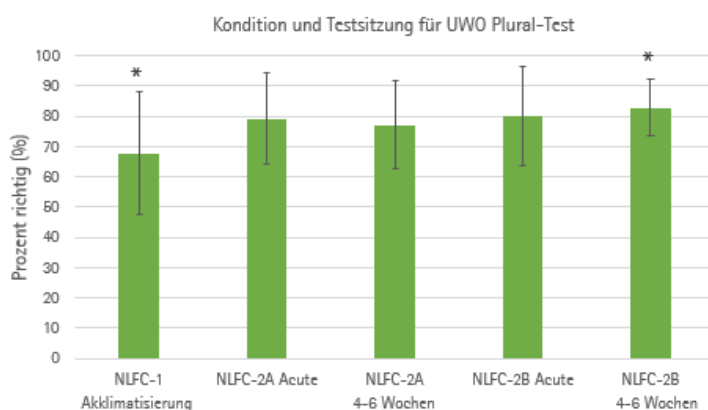


Abbildung 1: Durchschnittliche Ergebnisse des UWO Plural-Tests in allen NLFK-Konditionen in Prozent. * Statistisch signifikant: $p=0,02$.

Diese Grafik zeigt, dass alle NLFK-2B Ergebnisse (4-6 Wochen nach der Anpassung) signifikant besser waren als die NLFK-1 Ergebnisse (d.h. mit SoundRecover).

CNC Worterkennungstest

In Abbildung 2 und 3 sind die durchschnittlichen Ergebnisse des Worterkennungstests in allen fünf NLFK Testkonditionen (jeweils bei den Präsentationspegeln 50 dBA und 60 dBA) zu sehen.

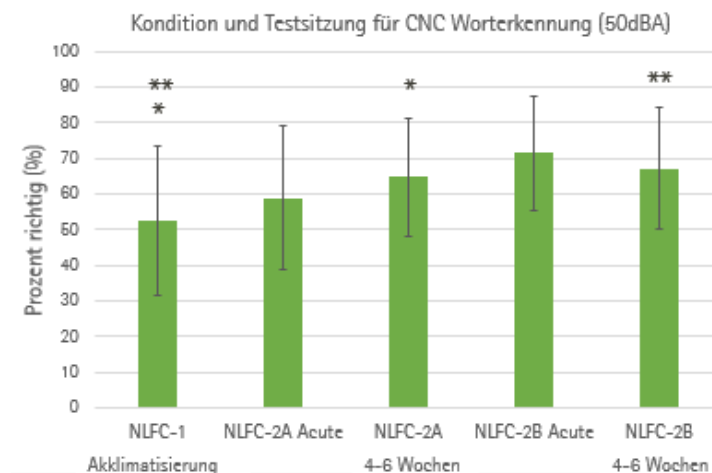


Abbildung 2. Durchschnittliche Ergebnisse der einsilbigen CNC Worterkennungstests in allen NLFK Konditionen bei 50 dBA Präsentationspegel. * und ** Statistisch signifikant: * $p = 0,005$ ** $p = 0,004$

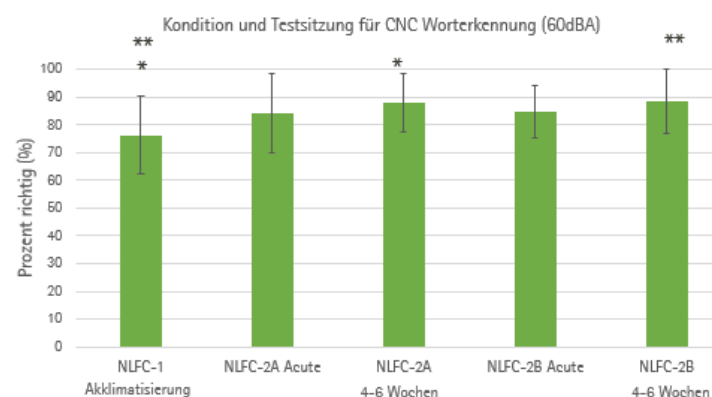


Abbildung 3: Durchschnittliche Ergebnisse der einsilbigen CNC Worterkennungstests in allen NLFK Konditionen bei 60 dBA Präsentationspegel. * und ** Statistisch signifikant. * $p = 0,005$ ** $p = 0,004$

In den Abbildungen 2 und 3 ist zu sehen, dass bei beiden Präsentationspegeln, also 50 und 60 dBA, die durchschnittlichen NLFK-2A (4-6 Wochen) und NLFK-2B (4-6 Wochen) Ergebnisse signifikant besser waren als die NLFK-1 Ergebnisse (mit SoundRecover).

PPT Wahrnehmungsschwellen

Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den NLFK Verarbeitungskonditionen. Allerdings wies NLFK-2B bei mehreren Stimuli im Schnitt bis zu 4 dB SPL niedrigere Wahrnehmungsschwellen auf als NLFK-1 und NLFK-2A.

PPT Erkennungsschwellen

Die durchschnittlichen Erkennungsschwellen aller Test- und Stimulikonditionen sind in Abbildung 4 abgebildet.

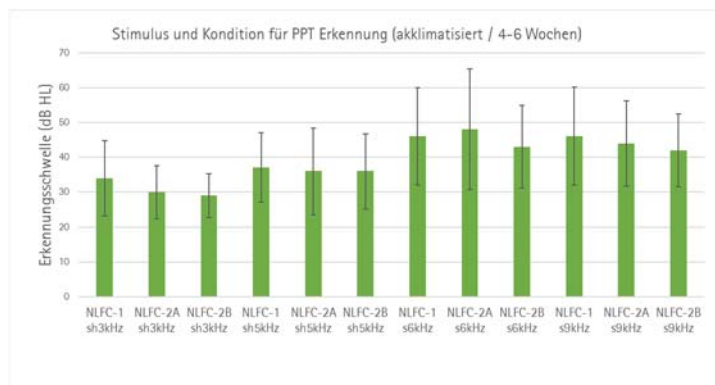


Abbildung 4: Durchschnittliche Erkennungsschwellen der vier PPT-Stimuli mit NLFK-1 (akklimatisiert) und NLFK-2 (4–6 Wochen nach der Anpassung).

Es gab zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen den NLFK Verarbeitungskonditionen bei allen vier Stimuli, aber bei den meisten Testpersonen sanken mit NLFK-2B nach 4–6 Wochen die Erkennungsschwellen aller untersuchten Phoneme (d.h. Erkennung wurde besser).

Diskussion

Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass die Anwendung von adaptiver nicht-linearer Frequenzkompression eine bessere Wahrnehmung und Erkennung von hochfrequenten Sprachlauten ermöglicht als die ursprüngliche Version der nicht-adaptiven Frequenzkompression. Darüber hinaus gibt es keine Anzeichen dafür, dass die Anwendung von adaptiver nicht-linearer Frequenzkompression die Spracherkennung beeinträchtigt.

Obwohl nicht alle Befunde statistisch signifikant waren, ließ sich bei der zusätzlichen Version von NLFK-2, NLFK-2B, ein Trend zu einer leicht besseren Leistung erkennen. Die adaptive Funktion NLFK-2, zusammen mit der neu eingeführten zweiten Grenzfrequenz, ist der primäre Mechanismus, der die Bereitstellung einer niedrigeren Grenzfrequenz im Vergleich zu der typischerweise mit NLFK-1 verwendeten Grenzfrequenz ermöglichte.

Diese Studie weist einige Einschränkungen auf. Erstens: Die Leistung wurde nicht im Störgeräusch evaluiert. Es ist durchaus möglich, dass NLFK-2 die Spracherkennung in Ruhe verbessert, aber im Störgeräusch zu keinerlei Veränderung in dieser Hinsicht führt. Zweitens: Die NLFK-2 Einstellungen basierten auf den NLFK-1 Einstellungen, die die Kinder schon vor dieser Studie genutzt hatten. Es ist denkbar, dass ein größerer Vorteil durch NLFK-2 beobachtet worden wäre, wenn NLFK-2 Parameter auf einer individuellen Basis mit einer Kombination aus subjektiven und objektiven (z.B. Sondenmikrofon) Messinstrumenten weiter optimiert worden wären. Es ist sogar möglich, dass die Vorteile von NLFK-2 im Vergleich zu NLFK-1 in dieser Studie unterschätzt worden sind, weil die Akklimatisierung an die NLFK-2 Verarbeitung

wahrscheinlich nicht bereits nach 4–6 Wochen vollständig erfolgt ist. Drittens: Die Leistung mit NLFK-1 und NLFK-2 wurde nicht mit der Leistung ohne NLFK verglichen. Frühere Studien hatten darauf hingedeutet, dass Kinder mit einem Hörverlust, der dem audiometrischen Profil der Testpersonen aus dieser Studie gleicht, mit NLFK-1 typischerweise gleich gute und in vielen Fällen sogar bessere Ergebnisse als ohne NLFK erzielen (Glista et al., 2009). Dies wurde aber in dieser Studie nicht direkt gemessen, sodass keine klaren Schlussfolgerungen bezüglich des Vorteils von NLFK-2 im Vergleich zu konventioneller Verarbeitung gezogen werden können.

Fazit

NLFK-2, der Basisalgorithmus des adaptiven Signalverarbeitungsmusters von SoundRecover2, wurde mit NLFK-1, dem Frequenzverschiebungsalgorithmus des ursprünglichen SoundRecover verglichen, um die Hörbarkeit und Spracherkennung zu evaluieren, die durch die Anwendung von adaptiver nicht-linearer Frequenzkompression bei Kindern erreicht wird.

Die Ergebnisse zeigen, dass adaptive nicht-lineare Frequenzkompression im Vergleich zu der ursprünglichen Form nicht-linearer Frequenzkompression (z.B. SoundRecover) folgendes bewirkt:

- verbesserter Zugang zu hochfrequenten Sprachlauten
- verbesserte Erkennung einsilbiger CVC-Wörter
- keine Beeinträchtigung der Spracherkennung

Zudem konnten Langzeitanwender von konventioneller nicht-linearer Frequenzkompression (z.B. des ursprünglichen SoundRecover) erfolgreich und ohne lange Akklimatisierungszeit zu adaptiver nicht-linearer Frequenzkompression wechseln.

Referenzen

Glista, D., Scollie, S., Bagatto, M., Seewald, R., Parsa, V., & Johnson, A. (2009). Evaluation of nonlinear frequency compression: Clinical outcomes. *International Journal of Audiology*, 48(9), 632–644.

Glista, D., & Scollie, S. (2012). Development and evaluation of an English language measure of detection of word-final plurality markers: The University of Western Ontario Plurals Test. *American Journal of Audiology*, 21(1), 76–81.

Glista, D., Scollie, S., & Sulkers, J. (2012). Perceptual Acclimatization Post Nonlinear Frequency Compression Hearing Aid Fitting in Older Children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(6), 1765–1787.

Hillock-Dunn, A., Buss, E., Duncan, N., Roush, P., & Leibold, L. (2014). Effects of Nonlinear Frequency Compression on Speech Identification in Children with Hearing Loss. *Ear and Hearing*, 35, 353-365.

John, A., Wolfe, J., Scollie, S., Schafer, E.C., Hudson, M., & Woods, A. (2014). Evaluation of wideband frequency responses and non-linear frequency compression for children with cookie-bite audiometric configurations. *Journal of the American Academy of Audiology*, 25(10),1022-1033.

Peterson, G.E., & Lehiste, I. (1962) Revised CNC lists for auditory tests. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 27, 62-70.

Schmitt, N., Winkler, A., Boretzki, M., & Holube, I. (2016). A Phoneme Perception Test method for high-frequency hearing aid fitting. *Journal of the American Academy of Audiology*, 27, 367-379.

Wolfe, J., Caraway, T., John, A.B., Schafer, E., & Nyffeler, M. (2009). Study suggests that non-linear frequency compression helps children with moderate loss. *The Hearing Journal*, 62(9), 32-37.

Wolfe, J., John, A.B., Schafer, E., Nyffeler, M., Boretzki, M., & Caraway, T. (2010). Evaluation of non-linear frequency compression for school-age children with moderate to moderately-severe hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, 21(10), 618-628.

Wolfe, J., John, A.B., Schafer, E.C., Hudson, M.A., Boretzki, M., Scollie, S., ... Neumann, S. (2015). Evaluation of Wideband Frequency Responses and Non-Linear Frequency Compression for Children with Mild to Moderate High-Frequency Hearing Loss. *International Journal of Audiology*, 54(3), 170-181.

Autor



Dr. Jace Wolfe ist außerordentlicher Professor der Audiologieabteilung am Health Sciences Center der University of Oklahoma und der Salus University. Dr. Wolfe ist als Hörakustiker für Kinder und Erwachsene tätig. Sein besonderes Interesse liegt in den Bereichen Kinderversorgung, Cochlea-Implantation, persönliche FM-Systeme und Signalverarbeitung bei Kindern.