

# Betrachtungen zur pädiatrischen Verifizierung von Hörsystemen mit nichtlinearer Frequenzkompression (SoundRecover) mittels neuester Audioscan Verifit® Tests

Danielle Glista & Susan Scollie, National Centre for Audiology, University of Western Ontario, Canada

## Was ist SoundRecover?

Ziel von SoundRecover (nichtlineare Frequenzkompression) ist, Hochfrequenzklänge aus einem für ein Kind nicht hörbaren Bereich in einen niedrigeren Frequenzbereich zu komprimieren, in welchem das Kind besser hört. SoundRecover versucht auch, alltägliche Hochfrequenzklänge wie Vogelgezwitscher oder Warn-Piepstöne besser hörbar zu machen. SoundRecover komprimiert das Signal oberhalb einer bestimmten Grenzfrequenz. Der Grad der Kompression dieses Frequenzbereichs ist durch das Kompressionsverhältnis festgelegt. Der Frequenzbereich unterhalb der Grenzfrequenz bleibt im Frequenzbereich unkomprimiert, um Vokalartefakte zu vermeiden [1, 2]. Es ist wichtig zu erwähnen, dass, wenn man SoundRecover bei Kindern mittels DSL v5 anpasst, ein gegenüber Erwachsenen anderer Voranpassungs-Algorithmus verwendet wird. Diese automatische pädiatrische Anpassung von SoundRecover beruht auf Daten von Glista et al. [1] und ist in der Phonak Anpass-Software (iPGF 2.0 und höher) implementiert.

## Verifizierung von Hörsystemen mit SoundRecover

Wie bei allen anderen pädiatrischen Anpassungen ist es auch bei Hörsystemen mit SoundRecover wichtig, die Anpassung zu verifizieren, um sicherzustellen, dass die Zielwerte der Anpassregel erreicht sind und das Kind Zugang zu den wichtigen Sprachfrequenzen hat. Weil SoundRecover die hohen Frequenzen oberhalb der Grenzfrequenz in einen niedrigeren Frequenzbereich komprimiert, werden die Verifizierungskurven anders als konventionelle Messkurven aussehen. Ziel dieser Beschreibung ist, eine Anleitung zur elektroakustischen Verifizierung von Hörsystemen mit SoundRecover zu geben. Besondere Aufmerksamkeit wird einer neuen Verifizierungsoption gewidmet, welche in der Audioscan Verifit® Software implementiert ist. Diese wurde entwickelt um zu helfen, Frequenzkompressions-Technologien wie SoundRecover zu verifizieren. Die Grundsätze können aber auch auf andere Verifizierungssysteme angewendet werden. Einen allgemeineren Leitfaden zur Verifizierung von Hörsystemen mit SoundRecover findet man als Download unter [www.naida.phonak.com](http://www.naida.phonak.com)

## Neue Vorgehensweise zur Verifizierung von Hörsystemen mit Frequenzerniedrigung

Bisher wurde bei der Verifikation der Unterscheidung von /s/ und /sch/ Lauten bei verschiedenen SoundRecover Einstellungen empfohlen, echte Stimmen zu verwenden. In der Audioscan Verifit® ist jetzt eine neue Verifikationsoption erhältlich, welche die Option mit echter Stimme ergänzt. Das neue Verfahren benutzt modifizierte Sprachtest-Stimuli zur Hilfe bei der Anpassung und Verifizierung von Hörsystemen mit Frequenzkompression. In den neuen Teststimuli sind eigens Bänder mit hoher Sprachenergie bei bestimmten Mittenfrequenzen, 3150 Hz, 4000 Hz, 5000 Hz und 6300 Hz enthalten (siehe Abbildung 1 zur Veranschaulichung). Die mittleren Frequenzbereiche der Sprachtest-Stimuli wurden ausgefiltert, um eine bessere bildliche Darstellung der Sprachbänder zu ermöglichen. Eine Verifizierung mittels der modifizierten Testsignale mit SoundRecover an- und ausgeschaltet kann dabei helfen, die Effekte von SoundRecover zu veranschaulichen. So werden zum Beispiel bei ausgeschaltetem SoundRecover die Hochfrequenz-sprachbänder gemessen und bei der entsprechenden Frequenz sichtbar. Bei eingeschaltetem SoundRecover erscheinen die Bänder bei einer niedrigeren Frequenz. Es wird deshalb empfohlen, dass sich Akustiker und Audiologen mit den Frequenzkurven von Hörsystemen mit eingeschaltetem SoundRecover vertraut machen, da sie anders als herkömmliche Frequenzkurven aussehen. Für einen Auszug aus der Verifit® Benutzeranleitung (Version 3.4) siehe Anhang 1.

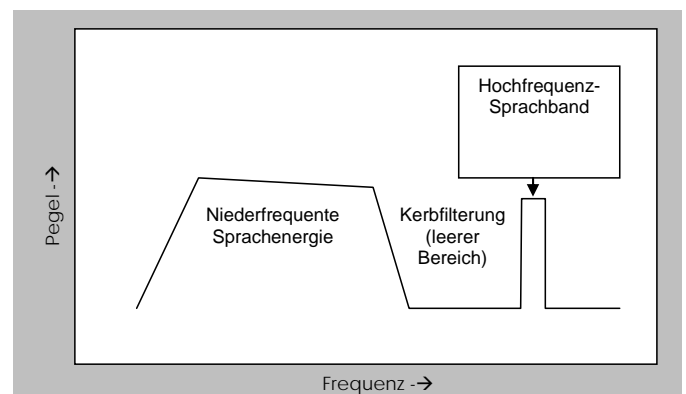
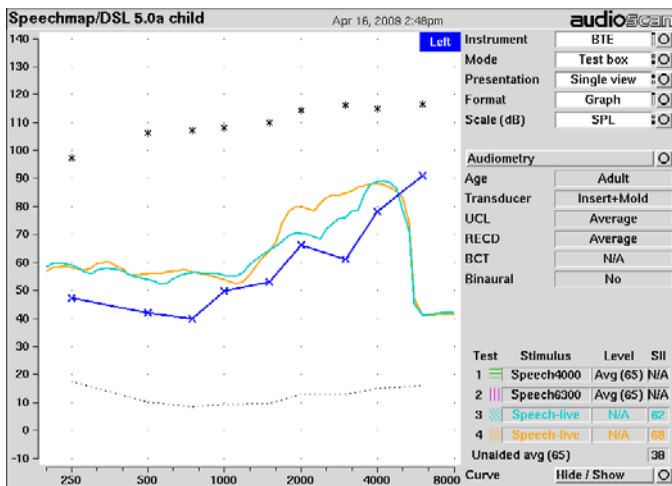


Abbildung 1: Veranschaulichung der Audioscan Verifit® Frequenzkompressions-Verifikation

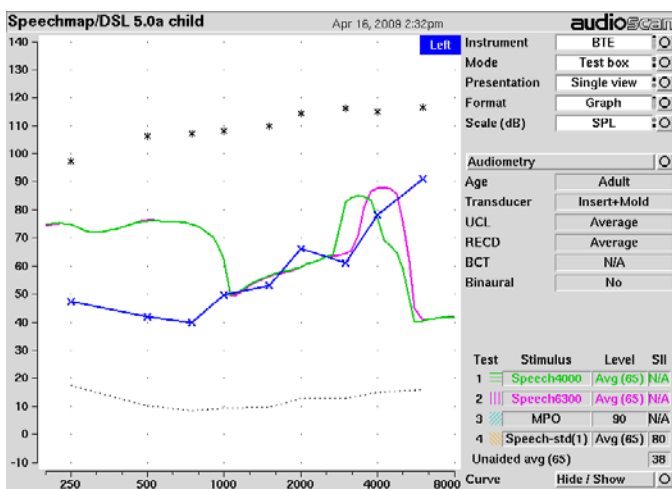
## Beispiele einer Verifikation mit SoundRecover

Für die folgenden Darstellungen wurde ein schräg abfallender Hochtonhörverlust sowohl in die Verifit®- als auch in die Phonak iPFG Anpass-Software eingegeben. Die Verstärkung für mittlere Sprachpegel und der maximale Ausgangspegel (MPO) wurden an die DSL v5 Zielwerte angenähert. Mittels iPFG Junior Modus, wurden Phonak Naida V SP Hörsysteme mit eingeschaltetem SoundRecover programmiert. Es ist zu beachten, dass die SoundRecover Standard-einstellungen innerhalb des Junior Modus der iPFG Software aus vorausgegangenen Untersuchungen über nichtlineare Frequenzkompressions-Technologie abgeleitet wurden [1, 3]. Die folgenden Bildschirm-Ausdrucke (Abbildungen 2 bis 5) zeigen die Nützlichkeit der neuen Verifit®-Testsignale bei der Verifizierung von Hörsystemen mit SoundRecover im Vergleich zur Option mit echter Sprache.

**Abbildung 2: Elektroakustische Verifikation der SoundRecover Standardeinstellung mit 3200 Hz Grenzfrequenz und Kompressionsverhältnis 2,4:1**

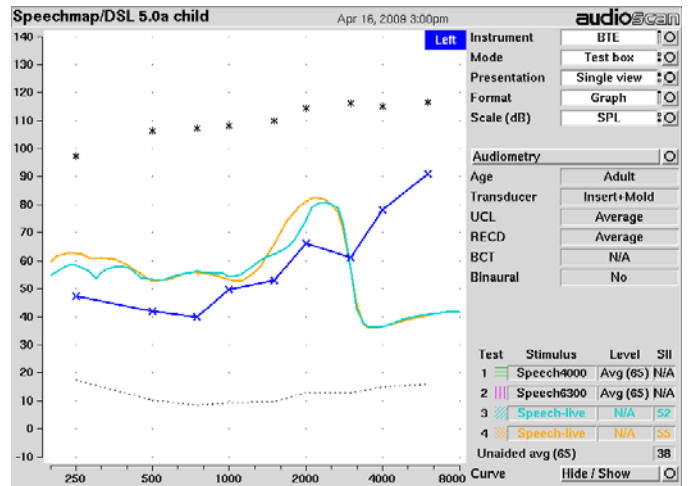


Mit echter Stimme erzeugte /s/- (blau) und /sch/-Laute (gelb). Für den Laut /s/ erkennt man eine deutliche Spitze bei etwa 4000 Hz. Die Bandbreite für den Laut /sch/ ist vom Laut /s/ unterscheidbar (für /sch/ wird eine höhere Bandbreite beobachtet).

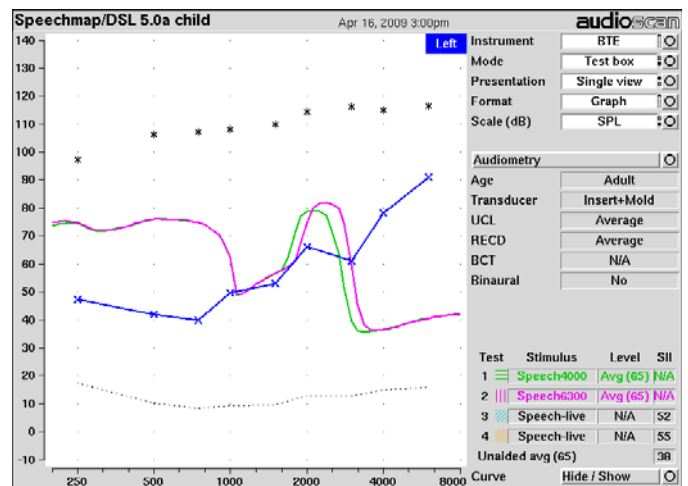


Frequenztypische Sprachbänder für 4000 Hz (grün) und 6300 Hz (pink). Das 6300 Hz Band ist auf etwa 4000 Hz erniedrigt und das 4000 Hz Band auf etwa 3000 Hz. Beide Bänder bleiben voneinander unterscheidbar (mit einem kleinen Überlappungsanteil).

**Abbildung 3: Elektroakustische Verifikation einer stärkeren SoundRecover Einstellung mit 1900 Hz Grenzfrequenz und Kompressionsverhältnis 4:1**



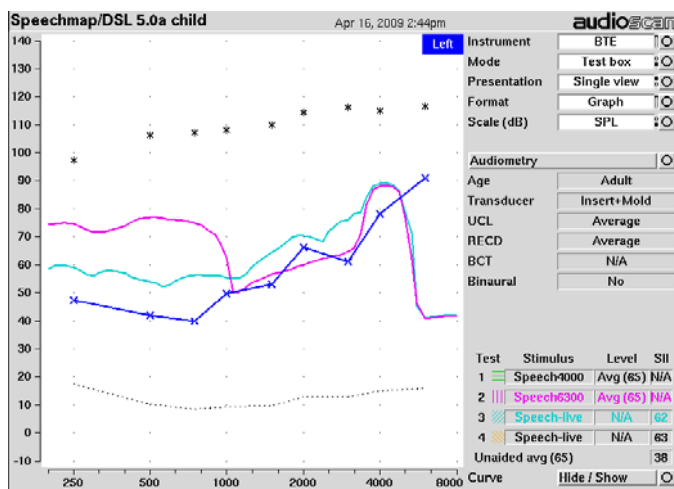
Mit echter Stimme erzeugte /s/- (blau) und /sch/-Laute (gelb) mit SoundRecover. Für den Laut /s/ erkennt man eine deutliche Spitze bei etwa 2000 Hz. Die Bandbreite von /sch/ ist nicht mehr gänzlich von der von /s/ zu unterscheiden (die Bandbreite von /sch/ gleicht mehr der von /s/ in dieser SoundRecover Einstellung). Dies zeigt, dass die SoundRecover Einstellung für diesen Hörverlust zu Klangverwirrungen führen kann und fein eingestellt werden sollte.



Frequenztypische Sprachbänder für 4000 Hz (grün) und 6300 Hz (pink) mit SoundRecover. Das 6300 Hz Band ist auf etwa 2500 Hz verschoben (ähnlich wie beim /s/ Klang) und das 4000 Hz Band auf etwa 2000 Hz. Die beiden Bänder überlappen sich fast gänzlich für diese SoundRecover Einstellung. Dies stimmt mit den Messungen mit echter Stimme überein und zeigt die Notwendigkeit für eine weitere Feineinstellung der SoundRecover Einstellung.

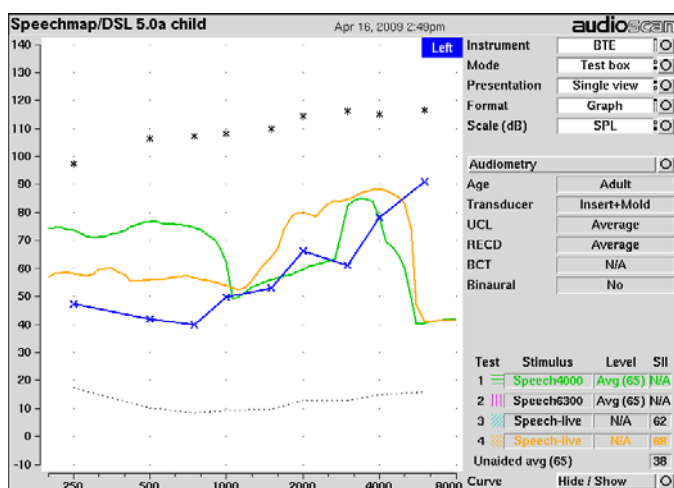
In diesem Beispiel sind beide Stimuli für diese SoundRecover Einstellung auf ungefähr 4000 Hz verschoben. Diese zwei Messungen haben gleiche Spitzenwerte und scheinen für die Beurteilung des Grades der Frequenzkompression gleichwertig zu sein. Dies zeigt, dass das frequenztypische Band mit 6300 Hz als Ersatz für den Laut /s/ mit echter Stimme bei der Beurteilung der SoundRecover Effekte verwendet werden kann.

**Abbildung 4: Direkter Vergleich zwischen dem frequenztypischen Band bei 6300 Hz (pink) und dem Laut /s/ bei echter Stimme (blau)**



In diesem Beispiel werden beide Stimuli als Ergebnis von SoundRecover abgesenkt. Trotzdem sind die Bandbreiten für diese Stimuli sehr unterschiedlich. Dies zeigt, dass das frequenztypische Band von 4000 Hz nicht als direkter Ersatz für den Laut /sch/ bei der Bewertung der Effekte von SoundRecover fungieren kann. Es kann aber stattdessen als kalibrierte Messung eines Bandes hochfrequenter Energie vergleichbar der des Lautes /sch/ dienen. Die Untersuchung ist überprüfbar, wiederholbar und auf diese Weise im Zusammenhang mit fließender Sprache eine nützliche Ergänzung zu echter Sprache.

**Abbildung 5: Vergleich des frequenztypischen Bandes bei 4000 Hz (grün) mit dem Laut /sch/ bei echter Stimme (gelb)**



## Zusammenfassung

Die oben gezeigten Messungen veranschaulichen folgendes:

1. Stimmliche Darbietung von /s/ und /sch/ kann benutzt werden um zu bestimmen, ob (a) die beiden Laute hörbar sind und (b) wie groß das Maß an erzeugter Überlappung durch eine spezifische SoundRecover Einstellung ist. Die Anwendung von SoundRecover zielt darauf ab, die Hörbarkeit von /s/ und manchmal auch von /sch/ zu erhöhen. Wenn die SoundRecover Einstellungen stärker werden unterliegen /s/ und /sch/ einer größeren Überlappung und werden ähnlicher in ihrem Klangbild (d.h. die Bandbreite von /sch/ wird schmaler mit stärkerer SoundRecover Anwendung). Wenn sich die /s/ und /sch/ Bänder überlappen kann eine Klangverwirrung auftreten. In diesem Fall ist es ratsam SoundRecover fein einzustellen, um es schwächer zu machen, damit diese beiden Sprachklänge vom Kind nicht verwechselt werden.
2. Die bei den neuen Verifit® Tests verfügbaren frequenztypischen Sprachbänder können auch dazu benutzt werden, das Maß an Überlappung der /s/ und /sch/ Klänge wie mit echter Sprache zu beurteilen. Mit stärker werdender SoundRecover Einstellung unterliegen die beiden Bänder (d.h., die in den Beispielen gezeigten mit 4000 Hz und 6300 Hz) einer stärkeren Überlappung. Eine Überlappung zwischen den 4000 Hz und 6300 Hz Tests (Abbildung 3) zeigt an, dass die SoundRecover Einstellung zu stark sein könnte und deutet darauf hin, dass das Kind /s/ und /sch/ Klänge verwechseln könnte. Auch wenn die 3150 Hz und 5000 Hz Bänder in den obigen Beispielen nicht verwendet wurden, können sie ebenfalls dazu benutzt werden Effekte von Frequenzkompression zu bewerten.
3. Das frequenztypische Band 6300 Hz scheint ein guter Ersatz für ein mit echter Stimme erzeugtes /s/ zu sein bei der Beurteilung, ob /s/ hörbar ist (Hinweis: Bei den Messungen wurde eine weibliche Stimme verwendet). Die Spitze für beide Stimuli (6300 Hz und /s/) liegt bei einem ähnlichen Frequenzwert. Dieser wird für beide Stimuli über alle SoundRecover Einstellungen gleich verschoben. Akustiker und Audiologen, die einen kalibrierten Ersatz für ein echt gesprochenes /s/ haben wollen, können auf die Nutzung des 6300 Hz Tests verwiesen werden.
4. Das frequenztypische Band 4000 Hz scheint kein guter Ersatz für ein echt gesprochenes /sch/ zu sein (wenigstens für den Sprecher hier), da die Bandbreite von /sch/ breiter ist als die des 4000 Hz Sprachbandes. Audiologen, die einen kalibrierten Ersatz für ein echt gesprochenes /sch/ wünschen wird empfohlen das 3150 Hz Band zu benutzen, um Hörbarkeit für den tieferen Teil des /sch/ Spektrums herzustellen und das 6300 Hz Band für den oberen Teil. Die Durchführung des 4000 Hz Testes selbst kann keine gute Voraussage über die Hörbarkeit von /sch/ ergeben:

Die große Bandbreite des /sch/ Reibelautes kann ihn dem Zuhörer hörbar machen, auch wenn der 4000 Hz Test es nicht ist, entweder auf Grund von Lautheitssummation über kritische Bänder oder über eine hörbare, niederfrequenten Flanke des /sch/ Reibungslautes.

5. Weitere Forschungsarbeit ist nötig, um zu quantifizieren, „wie viel“ Überlappung zu viel ist. Die Ergebnisse für die oben gezeigten Messungen sollten immer in Verbindung mit Prüfungen von Klangqualität und Benutzerrückmeldungen (wenn verfügbar) betrachtet werden. Die Effekte von SoundRecover (d.h. Überlappung von Sprachklängen) können wahrscheinlich von den meisten Normalhörenden gehört werden, besonders in den stärksten Einstellungen. Es ist wahrscheinlich, dass wenn zwei zuvor getrennte Stimuli in der Bandbreite oder im Frequenzinhalt von SoundRecover ununterscheidbar gemacht wurden, der Hörer ebenfalls nicht in der Lage sein wird, einen Unterschied zwischen den beiden Stimuli zu erkennen.

---

### Klinische Folgerungen

1. Die Frequenzkompressionsverifikation mit Audioscan Verifit® scheint ein zuverlässiger, elektro-akustischer Test zu sein, der den Grad und die Art von Frequenzkompression quantifizieren kann. Der Gebrauch von echten /s/ und /sch/ Sprachklängen als Verifizierungsoption wird auch empfohlen [3]. Folgendes ist wichtig zu erwähnen:
  - a) Die Benutzung von echten /s/ und /sch/ Sprachklängen wird wegen ihrer augenscheinlichen Validität empfohlen. Dieser Ansatz ist jedoch nicht kalibriert und variiert von Sprecher zu Sprecher.
  - b) Der hier gezeigte Test mit dem 6300 Hz Sprachband liefert eine gute Annäherung an den natürlichen Klang eines /s/ einer weiblichen Sprecherin.
  - c) Keines der frequenztypischen Sprachbänder liefert eine gute Annäherung an ein /sch/, da die Bänder schmäler in der Bandbreite sind. Die 3150 Hz und 6300 Hz Tests können jedoch in Kombination verwendet werden um die Hörbarkeit von /sch/ zu ermitteln.
2. Die Verifit®-Tests zeigen, dass mit den Phonak Standardeinstellungen und mit aktiviertem SoundRecover alle Frequenzbandtests hörbar gemacht werden (verglichen mit den Ergebnissen mit SoundRecover aus).
4. Der Niederfrequenzanteil der Frequenzband-Tests zeigt deutlich, dass die tiefen Frequenzen nicht verändert werden, was zeigt, dass Vokale unbeeinflusst bleiben.

---

### Empfohlenes Protokoll zur Verifizierung von Hörsystemen mit SoundRecover

1. Verifizieren Sie den Frequenzgang und die Verstärkung des Hörsystems mit Frequenzkompression und Standardeinstellungen mittels herkömmlicher Messungen von fließender Sprache.
2. Verifizieren Sie den maximalen Ausgangspegel mittels MPO-Test, wobei Sie alle Messwerte oberhalb der Grenzfrequenz ignorieren.
3. Messen Sie das 6300 Hz Frequenzband um zu bestimmen, ob es hörbar ist. Wenn ja sollte /s/ auch hörbar sein.
4. Führen Sie andere Tests zur Problemlösung durch:
  - i) Wenn der 6300 Hz Frequenzband-Test nicht hörbar ist können wiederholte Tests nach Feineinstellung helfen, eine Einstellung zu finden, welche mehr Hörbarkeit liefert
  - ii) Wenn subjektive Rückmeldungen auf der Verwechslung von /s/ und /sch/ oder übermäßige Hörbarkeit von Hochfrequenzklängen hinweisen, können die Frequenzband-Tests helfen, eine Einstellung zu finden, die weniger Frequenzkompression bietet und trotzdem Hörbarkeit für Hochfrequenzklänge beibehält.
  - iii) Innerhalb des Ermessens des Anpassers können echte Sprachsignale von /s/ und /sch/ einen gewissen Wert haben, wenn der spezifische Pegel und die Frequenzspitzen dieser Phoneme abgeschätzt werden müssen.

---

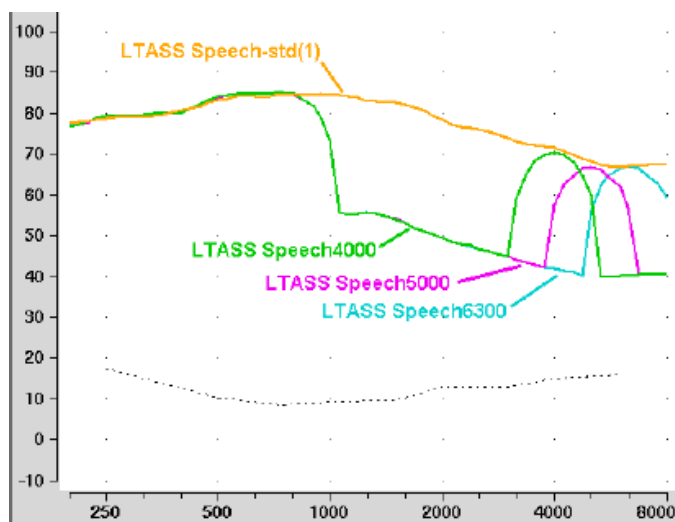
### Literaturnachweis

1. Glista, D., Scollie, S., Bagatto, M., Seewald, R., Parsa, V., Johnson, A. *Evaluation of nonlinear frequency compression: Clinical outcomes*. International Journal of Audiology, in press.
2. Simpson, A., Hersbach, A. A. and McDermott, H. J. *Improvements in speech perception with an experimental nonlinear frequency-compression hearing device*. International Journal of Audiology, 2005. **44**(5): p. 281-292.
3. Scollie, S., Glista, D., Bagatto, M., Seewald, R. *Multichannel nonlinear frequency compression: A new technology for children with hearing loss*. in R. Seewald and J. Bamford (eds.), *A Sound Foundation Through Early Amplification: Proceedings of the fourth international conference 2007*, pp. 151-159 Chicago, Illinois: Phonak AG.
4. Scollie, S., Seewald, R., Cornelisse, L., Moodie, S., Bagatto, M., Lurnagaray, D., Beaulac, S., Pumford, J. *The desired sensation level multistage input/output algorithm*. Trends in Amplification, 2005. **9**(4): p. 159-197.

## Verifizierung von Frequenzcompressions-Hörsystemen mit Speechmap

Frequenzkompression wird dann benutzt, wenn es nicht möglich ist, die Hochfrequenzkomponenten von Sprache ausreichend zu verstärken, um sie über die Hörschwelle anzuheben. In diesem Fall kann man die Hochfrequenzkomponenten in einen niedrigeren Frequenzbereich mit einer besseren Hörschwelle verschieben, wo die verfügbare Verstärkung sie hörbar macht.

Vier modifizierte Versionen des Speech-std (1) (Sprachstandard) Stimulus (Speech3150, Speech4000, Speech5000 und Speech6300) stehen in Speechmap zur Verfügung, um bei der Verifizierung und Einstellung von Hörsystemen mit Frequenzkompression behilflich zu sein. In jedem dieser modifizierten Teststimuli sind die Pegel der 1/3-Oktavbänder oberhalb 1000 Hz um 30 dB reduziert, mit Ausnahme eines isolierten 1/3-Oktavbandes mit der im Namen des Teststimulus angegebenen Mittenfrequenz. Mit diesen reduzierten Bandpegeln erzeugt das daraus resultierende LTASS (Long Term Average Speech Spectrum, Langzeitsprachspektrum) eine ausgeprägte Lücke zwischen 1000 Hz und dem ausgewählten Hochfrequenzband, wie unten für das FM Test-Rauschsignal gezeigt. Zur besseren Übersichtlichkeit ist die Speech3150 Kurve nicht gezeigt.



### Überprüfung der Frequenzkompression

1. Wählen Sie auf dem Speechmap-Bildschirm entweder den „On-ear“- oder „Test Box“-Modus. (Siehe auch 17.9: On-ear oder Test box Modus)
2. Programmieren Sie das Hörsystem so, dass die Frequenzkompression deaktiviert ist.

3. Wählen Sie „Test 1“ und 65 dB aus dem Pegelmenü (Level).
4. Wählen Sie Speech3150, Speech4000, Speech5000 oder Speech6300 aus dem Menü der Stimuli. Beachten Sie, dass nur der LTASS für diese Stimuli gezeigt wird und Zielkurven (wenn gewählt) unterdrückt sind.
5. Drücken Sie „Continue“ um das Ergebnis der Langzeitmittelung zu messen und zu speichern. Wenn das isolierte Band nicht in der Test 1 Kurve erscheint, kann das darauf hindeuten, dass das Hörsystem bei der gewählten Bandfrequenz keine Verstärkung hat. Das bedeutet nicht, dass das Hörsystem nicht in der Lage ist, das Band bei eingeschalteter Frequenzerniedrigung in einen niedrigeren Frequenzbereich zu verschieben.
6. Programmieren Sie das Hörgerät um, so dass die Frequenzkompression aktiv ist.
7. Wählen Sie „Test 2“ und wählen Sie den gleichen Stimulus und Stimuluspegel wie in Test 1.
8. Drücken Sie „Continue“ um das Ergebnis der Langzeitmittelung zu messen und zu speichern.
9. Das isolierte Band sollte nun bei einer tieferen Frequenz erscheinen und sollte die Hörschwelle dort erreichen oder überschreiten. Beachten Sie, dass die „Lücke“ zwischen 1 kHz und dem isolierten Band teilweise oder ganz vom Rauschen im Hörsystem aufgefüllt werden kann, was das isolierte Band weniger ausgeprägt in den Testkurven hervortreten lässt.
10. Sobald die Frequenzcompressions-Eigenschaften des Hörsystems verifiziert sind, benutzen Sie bitte einen der Speechstd-Stimuli, um die Hörbarkeit oder das Erreichen der Zielkurven (wie an anderer Stelle dieses Kapitels beschrieben) für Frequenzen unterhalb des isolierten Bandes mit Hörsystem zu verifizieren.

