

VERBESSERUNG DER HÖRBARKEIT HOCHFREQUENTER SIGNALE MIT SOUND SHAPER

Astrid Haastrup, M.A.

Zusammenfassung

Sprachliche Kommunikation enthält viele redundante Informationen, die uns beim Verstehen helfen. Ein Hörverlust nimmt uns einige der akustischen Redundanzen von Sprache, in der Regel in den hohen Frequenzen. Die eingeschränkten Möglichkeiten der Hörsysteme von heute können bedeuten, dass diese Elemente nicht wiederhergestellt werden können. Frequenzminderung ist eine alternative Strategie zur Verbesserung der Hörbarkeit im Hochfrequenzbereich. ReSound präsentiert den neuen Frequenzkompressionsalgorithmus Sound Shaper, der die Hörbarkeit hochfrequenter Signale mit minimalen Auswirkungen auf die Klangqualität verbessern kann.

EINLEITUNG

Sprache spielt eine wichtige Rolle bei gesellschaftlicher Interaktion. Die vielen verschiedenen Umgebungsbedingungen, in denen wir kommunizieren, stellen erhebliche Ansprüche an den Sprechprozess. Zum Beispiel kann das akustische Sprachsignal durch Rauschen oder andere Störsignale auf dem Weg vom Sprecher zum Hörer erheblich verändert werden. Um uns beim Verstehen zu helfen, ist Sprachkommunikation linguistisch und akustisch redundant. Das bedeutet, dass Sprache mehr Informationen enthält als zur Dekodierung benötigt werden. Linguistische Redundanz lässt sich in schriftlicher Sprache einfach nachweisen. Wer der englischen Sprache mächtig ist, hat meist keine Probleme, folgenden Satz zu verstehen, obwohl alle Vokale durch ein „x“ ersetzt wurden: Xt xs nxt hxrd tx rxxd thxs sxntxcx.

Ein gleichwertiges Beispiel aus dem Akustikbereich sind Vokalformantübergänge, die den Platz der Artikulation für die vorangehenden und nachfolgenden Konsonanten angeben und dadurch ein zusätzliches akustisches Element zur Erleichterung der richtigen Identifizierung dieser Konsonanten bieten. Phonologisches Wissen der gesprochenen Sprache hilft, die Möglichkeiten weiter einzuschränken. Darüber hinaus beeinflusst grammatikalisches, semantisches und pragmatisches Wissen die Fähigkeit des Hörers, den Kontext einer zerstückelten Nachricht zu nutzen, um sie zu verstehen¹.

Die relative Bedeutung verschiedener Typen von Redundanz in Sprache und Kommunikation verändert sich in Abhängigkeit von akustischen und intrinsischen Faktoren. Das wird durch die Bandgewichtungsfaktoren für verschiedene Typen von Sprachmaterial bei der Berechnung des Speech Intelligibility Index², wie in Abbildung 1 zu sehen, veranschaulicht. Wenn das Sprachmaterial aus unsinnigen Silben besteht, sind

hochfrequente akustische Informationen für die korrekte Identifizierung (rote Kurve) wichtiger als bei einer kontinuierlichen Rede (schwarze Kurve). Zudem können gute Sprachkenntnisse bei der korrekten Identifizierung helfen. Dies hat erhebliche Auswirkungen für Kinder, die die Sprache noch erlernen, da sie linguistische Redundanz und Pragmatik nicht im gleichen Umfang nutzen können wie Erwachsene. Nachweislich brauchen Kinder bessere Signal-zu-Rausch-Verhältnisse als Erwachsene, um beim Erkennen von Wörtern und Sätzen die gleiche Leistung zu erzielen^{3,4}. Deshalb verlassen sich Kinder sogar noch mehr auf akustische Redundanz in Sprache als Erwachsene. Die Schwerhörigkeit nimmt Teile der akustischen Redundanz in Sprache weg, indem sie Sprachsignale schwerer hörbar macht. Das bedeutet für alle Hörgeschädigten Ambiguität, kann jedoch absolut verheerend für die Spracherkennung und den Spracherwerb von Kindern sein.

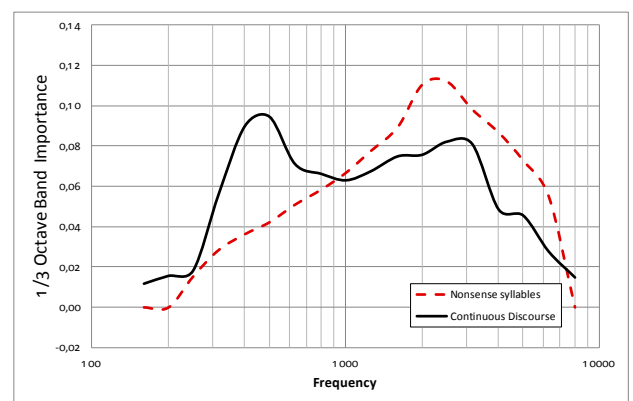


Abbildung 1: Terzbandgewichtungsfaktoren für unsinnige Silben und kontinuierliche Rede.

Die Verstärkung hilft, einen Teil der akustischen Redundanz für das dem hörgeschädigten Hörer zur Verfügung stehende Signal wiederherzustellen. Ein wichtiges Ziel

der Anpassung der Verstärkung an hörgeschädigte Kinder besteht darin, so viele Sprachinformationen wie möglich verfügbar zu machen. Jedoch erschwert die im Allgemeinen abfallende Hörleistung die Hörbarkeit hochfrequenter Frikative wie /s/, /sh/ und /f/. Das /s/ ist im Englischen und in einigen anderen Sprachen ein Marker, der für das Sprachverständnis von Bedeutung ist. Auch bei Erwachsenen mit postlingualer Schwerhörigkeit, die weniger akustische Redundanz im Signal benötigen, kann eine herkömmliche Verstärkung den angemessenen Zugang zu Hochfrequenz-Sprachinformationen oder Hochfrequenz-Signalen in der Umgebung einschränken.

Obwohl die eingeschränkte Hochfrequenzbandbreite des Hörsystems ein Grund für die unzureichende Verstärkung der Sprachfrequenzen sein kann, werden die meisten heutigen Hörsysteme eher durch akustische Rückkopplung oder die Reaktion des Empfängers behindert. Zum Beispiel werden hochgradig schwerhörige Menschen mit leistungsstarken Geräten versorgt. Die Empfänger in High-Power-Hörsystemen haben größere Membrane mit größerer Masse und deshalb eine geringere Resonanz. Das bedeutet, dass die Antwort in den höheren Frequenzen stärker abprallt als bei Hörgeräten für weniger schwere Hörschäden.

Neben den technisch eingeschränkten Möglichkeiten der Verstärkung wird vermutet, dass eine Hochfrequenz-Verstärkung nicht immer von Vorteil ist. Eine nichtfunktionale „dead region“ in der Hörschnecke mit wenigen oder nicht funktionierenden inneren Haarzellen überträgt möglicherweise keine Energie von der Basilarmembran, was zu Off Frequency Listening und möglicherweise schlechterem Sprachverständnis führt⁵.

Neben der hohen Amplifikation ist auch die Frequenzminderung ein Mittel zur Verbesserung der Hörbarkeit hochfrequenter Signale. Damit sind Klangverarbeitungsstrategien gemeint, die Informationen aus höheren Frequenzbereichen in niedrigere Frequenzbereiche, in denen die Hörbarkeit besser ist, transportieren. Der Grundgedanke hinter dem Konzept der Frequenzminderung ist, dass die Hörbarkeit dieser Töne auch bei „falsch platzierten“ Frequenzen immer noch vorteilhafter ist als gar keine Hörbarkeit. Die am häufigsten verwendete Frequenzminderungsstrategie ist die Frequenzkompression. Ähnlich wie die Amplitudenkompression, die seit Jahrzehnten in Hörsystemen zum Einsatz kommt, verändert die Frequenzkompression das Verhältnis zwischen In- und Output des Hörgeräts oberhalb einer bestimmten Grenz- oder Knickpunkt-Frequenz. ReSound führt mit Sound Shaper die Frequenzkompression in Hörsystemen ein.

WAS IST SOUND SHAPER?

Die Frequenzkompression von Sound Shaper kann mit der Anordnung von Tasten auf einem Piano verglichen werden. In Abbildung 2 sehen Sie oben die normale Tastenreihenfolge und unten eine „aufgerollte“ Hörschnecke (Cochlea). Das basale Ende der Hörschnecke (rechts) ist am empfindlichsten für hohe Frequenzen und hat eine feinere Frequenzabstimmung, wie an den darübergelegten auditorischen Filtern zu erkennen ist. Sound Shaper „zerdrückt“ die Frequenzen oberhalb eines bestimmten Punkts, sodass sie näher aneinander rücken. Dies wird anhand der engeren Anordnung der Tasten in Abbildung 3 verdeutlicht. Auf diese Weise werden mehr Informationen in einen Bereich verlagert, der für den Hörsystemträger hörbar ist.

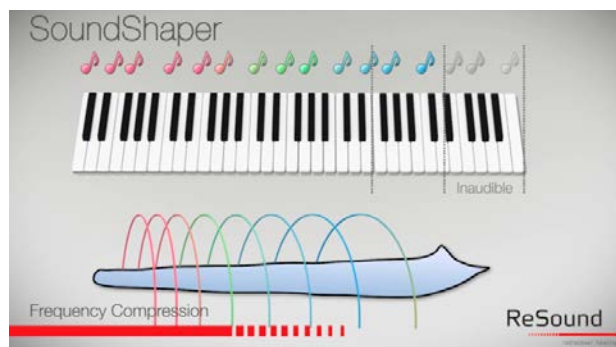


Abbildung 2. Hochfrequente Töne können je nach Hörverlust und technischen Einschränkungen des Hörsystems unhörbar sein.

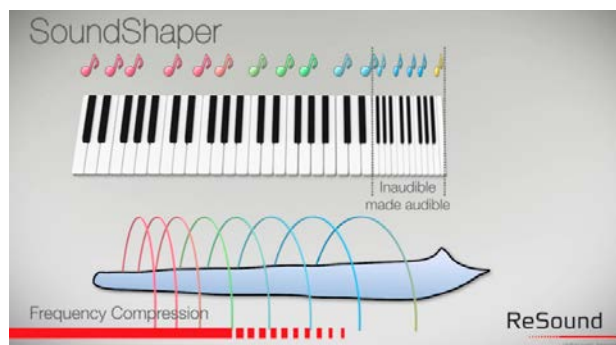


Abbildung 3. Sound Shaper komprimiert Hochfrequenzinformationen und transportiert diese in einen Bereich, der wahrscheinlich eher gehört wird.

SOUND SHAPER IM DETAIL

Ähnlich wie Amplitudenkompression kann Sound Shaper mithilfe einer Ein-/Ausgangsfunktion beschrieben werden. Anstelle von Ein- und Ausgangspegeln werden Ein- und Ausgangsfrequenzen gezeichnet. Der dunkel blau dargestellte Teil der Kurve ist der Frequenzbereich, in dem Sound Shaper nicht aktiv ist. Die Frequenzverhältnisse werden nicht von Sound Shaper geändert. Der hell blau unterlegte Teil der Kurve ist der Bereich, in dem Sound Shaper aktiv ist, und zeigt, dass die Eingangsfrequenz einer niedrigeren Ausgangsfrequenz entspricht. Der Punkt zwischen den dunkelblauen und hellblauen Bereichen der Kurve ist die Knickpunkt-Frequenz, auch als Knickpunkt der

Kompression bezeichnet. Sound Shaper wirkt sich nur auf Frequenzen oberhalb dieses Knickpunktes aus. Die Beziehung zwischen Eingangsfrequenz und Ausgangsfrequenz im hellblauen Teil der Kurve wird als Frequenzkompressionsverhältnis bezeichnet.

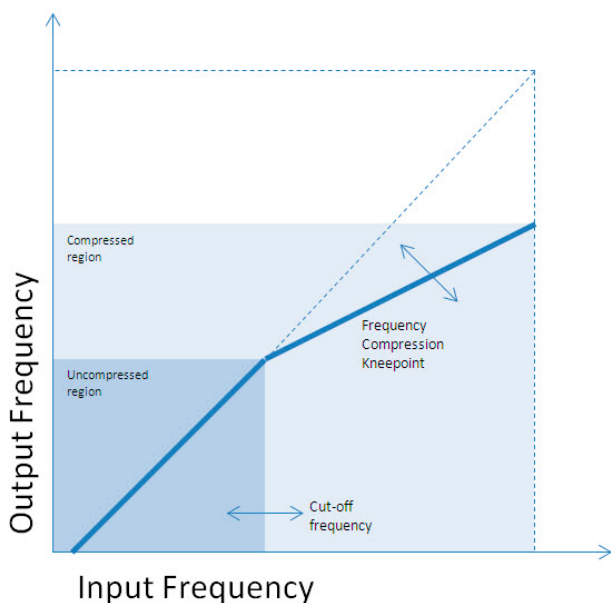


Abbildung 4: Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangsfrequenzen. Frequenzkompression wird auf die hohen Frequenzen (hellblau) oberhalb des Knickpunktes angewendet, der untere Frequenzbereich (dunkelblau) bleibt unkomprimiert.

VERGLEICH MIT ANDEREN METHODEN

Die Literatur zu den Vorteilen der Frequenzkompression präsentiert leider nur sehr uneinheitliche Ergebnisse. Klar ist, dass einige Patienten von dieser Art des Verfahrens profitieren, andere jedoch nicht. Momentan gibt es noch keine todsichere Möglichkeit zu identifizieren, wer davon profitiert. Außerdem ist unklar, wie sich die Frequenzkompression auf die Klangqualität auswirkt. Obwohl normal hörende Patienten hochsensibel auf die Effekte der Frequenzkompression reagieren, können hörgeschädigte Patienten verschiedene Frequenzkompressionseinstellungen in puncto Klangqualität nicht vom unverarbeiteten Signal unterscheiden⁶. Nachweislich bevorzugen sowohl normal hörende als auch hörgeschädigte Personen für Musik keine Frequenzkompression oder moderate Frequenzkompressionseinstellungen gegenüber starken Frequenzkompressionseinstellungen⁷. In Anbetracht dessen wurde Sound Shaper entwickelt, um eine minimale Wirkung und den am geringsten verzerrenden Effekt auf das Signal zu erreichen. Dies hat Auswirkungen auf die verfügbaren Einstellungen sowie die Signalkompressionsmethode.

Sound Shaper sorgt für die Aufrechterhaltung eines proportionalen Verhältnisses zwischen In- und Output. Dies steht im Kontrast zu anderen Frequenzkompressionsalgorithmen, die ein nicht-proportionales Verhältnis schaffen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Herangehensweisen an das Signal wird in Abbildung 5 verdeutlicht. In jedem dieser Diagramme wird die Eingangsfrequenz auf der x-Achse und die Ausgangsfrequenz auf der y-Achse dargestellt. Die Intensität wird durch Farben angezeigt, wobei rot am stärksten und blau am schwächsten ist. Für diese Messungen wurde ein reiner Ton mit 90 dB SPL durch eine Reihe von Frequenzen getestet. Der reine Ton, der mit der ReSound-Warp-Amplitudenkompression für einen leichten bis mittelgradigen Hörschaden verarbeitet wurde, wird oben links dargestellt. Im oberen rechten Bereich ist der Output bei eingeschaltetem Sound Shaper zu sehen. Die Grenzfrequenz sowie die Frequenzkompression sind deutlich anhand des reduzierten Gefälles der Eingangs-/Ausgangsfunktion sichtbar. Im Output ist relativ wenig Energie oberhalb der Grenzfrequenz vorhanden, die nicht auch schon im Input zu sehen war.

Im unteren linken Bereich der Abbildung 5 sehen Sie den reinen Ton, der von einem anderen Hörgerätehersteller mit Amplitudenkompression, wie für einen leichten bis mittelgradigen Hörverlust vorgeschrieben, verarbeitet wurde. Im unteren rechten Bereich ist der Output mit eingeschaltetem Frequenzkompressionsalgorithmus dieses Geräts zu sehen. Die Grenzfrequenz und das Kompressionsverhältnis waren ähnlich wie bei Sound Shaper. Die Frequenzkompression des anderen Herstellers erzeugt ein nichtproportionales Verhältnis zwischen Ein- und Ausgangsfrequenzen. Dies erzeugt mehr Verzerrungen oberhalb der Grenzfrequenz, wie an der „Unschärfe“ der Kurve in dem frequenzkomprimierten Bereich zu erkennen ist.

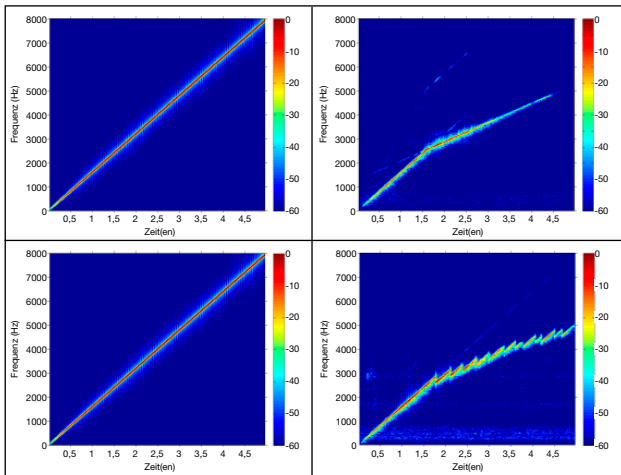


Abbildung 5: Frequenzgangs- und -ausgangsfunktionen für einen verwischten reinen Ton wurden mit ausgeschalteter (links) und eingeschalteter (rechts) Frequenzkompression gemessen. Im oberen Bereich sind die Ergebnisse für Sound Shaper und im unteren Bereich die für den anderen Hersteller zu sehen. Die proportionale Frequenzkompressionsstrategie von Sound Shaper führt zu viel weniger Verzerrung oberhalb der Grenzfrequenz.

Um näher zu untersuchen, wie sich diese verschiedenen Frequenzkompressionsmethoden auf die Klangqualität auswirken, wurden auch 10-sekündige Segmente von Popmusik bei 60 dB SPL durch jedes Hörgerät für einen leichten, mittelgradigen und sich verschlechternden Hörschaden aufgenommen. Die Ergebnisse wurden für voraussagende Klangqualitätsbewertungen mittels Hearing Aid Speech Quality Index (HASQI) analysiert⁸. Der HASQI basiert auf der „Kohärenz“ zwischen dem Eingangssignal und dem Output des Hörgeräts. Die Kohärenz liefert einen physikalischen Messwert des hinzugefügten Signals und der Verzerrung im Verhältnis zum Originalsignal. Der HASQI korreliert mit den subjektiven Qualitätsbewertungen von normal hörenden und leicht bis mittelgradig schwerhörigen Hörern. Für das Experiment wurden die Verstärkungen gemäß der Standardverordnung für das jeweilige Audiogramm festgelegt und die Aufnahmen wurden ohne Frequenzkompression und mit zwei in den Geräten ähnlichen Frequenzkompressionseinstellungen durchgeführt. Diese werden als „moderat“ und „stark“ bezeichnet. Für die Einstellung „Moderat“ war die Grenzfrequenz so nah wie möglich an 3 kHz und das Kompressionsverhältnis so nah wie möglich an 2:1. Für die Einstellung „Stark“ war das Kompressionsverhältnis das gleiche und die Grenzfrequenz so nah wie möglich an 2 kHz. Die Aufnahmen wurden im abgetrennten Zustand verarbeitet, um den HASQI-Wert zu ermitteln. Für beide Frequenzkompressionsalgorithmen war die vorausgesagte Klangqualität geringer, je aggressiver die Verarbeitung erfolgte. Der Effekt war für den Algorithmus mit nichtproportionaler Methode stärker, während Sound Shaper ein relativ besseres Ergebnis erzielte (Abbildung 6). Die Ergeb-

nisse für alle drei Arten des Hörverlustes zeigten die gleichen Trends. Der Einfachheit halber wird in der Abbildung der Durchschnitt dieser Ergebnisse für jede Frequenzkompressionseinstellung dargestellt.

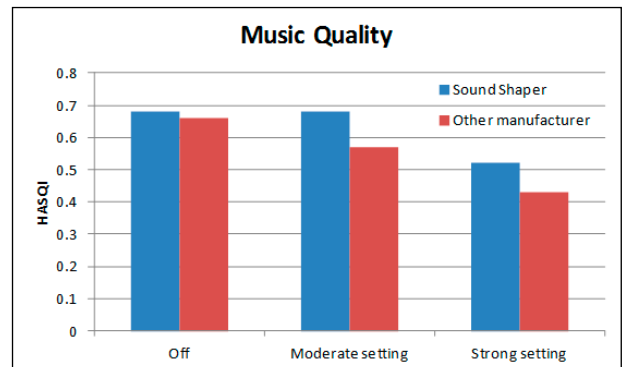


Abbildung 6: HASQI-Vorhersagen der Klangqualität bei Musik zeigten, dass Sound Shaper die Klangqualität verhältnismäßig besser erhielt als eine nicht-proportionale Frequenzkompressionsmethode.

SOUND SHAPER ANWENDEN

Die Frequenzkompression verändert die spektralen Verhältnisse des Signals im Verhältnis zum Originalsignal. Dies zeigt sich vor allem darin, dass das Ausgangsspektrum des frequenzkomprimierten Signals eine geringere Bandbreite aufweist als das Original. Während das Ergebnis dieser Art der Verarbeitung die Hörbarkeit bestimmter hochfrequenter Signale verbessern kann, können die Veränderungen auch als störend wahrgenommen werden. Da nicht ganz klar ist, welche Personengruppe geeignet ist, wie die Technologie angemessen angepasst wird und welche Ergebnisse zu erwarten sind, ist es vernünftig, bei der Anwendung der Frequenzkompression auf traditionelle Weise vorzugehen.

Eines der Ziele bei der Entwicklung von Sound Shaper war es, Einstellungen zu definieren, die einen Nutzen haben könnten, aber auch die Klangqualität so weit wie möglich erhalten würden. Ein weiteres Ziel war die Vereinfachung der Anpassung.

Erste Laboruntersuchungen haben gezeigt, dass die Grenzfrequenz einen deutlich höheren Einfluss hat als das Kompressionsverhältnis. Deshalb wurden für die weitere Untersuchung nur zwei Kompressionsverhältnisse gewählt. Anschließend wurden acht Kombinationen von Grenzfrequenzen und Kompressionsverhältnissen an 17 hörgeschädigten Teilnehmern mit steil abfallenden Hörverlusten im Hochfrequenzbereich und 20 Teilnehmern mit schweren Hörverlusten getestet. In Tabelle 1 sehen Sie die Einstellungskombinationen.

Einstellungs-ID	Grenzfrequenz [Hz]	Kompressionsverhältnis
„Aus“	-	-
1 (schwächste Einstellung)	5000	1,33
2	4000	1,33
3	4000	2
4	3500	2
5	3000	2
6	2500	2
7	2250	2
8 (stärkste Einstellung)	2000	2

Tabelle 1. Acht Kombinationen von Grenzfrequenzen und Kompressionsverhältnissen wurden intern an hörgeschädigten Hörern getestet.

Für 20 der Teilnehmer wurde die Testeinstellung für die Studie basierend auf einem Echtohrmessungsprotokoll zur Optimierung der hörbaren Bandbreite gewählt. Für die restlichen Teilnehmer wurde die Testeinstellung basierend auf der Einstellung gewählt, die im UWO-Plural-Test die beste Leistung erzielte⁹. Für mehrere Teilnehmer waren die Punktzahlen bei mehr als einer Einstellung gleich. In diesen Fällen wurde die konservativste Einstellung mit der höchsten Grenzfrequenz ausgewählt. Darüber hinaus wurden die Verstärkungsechtohrmessungen in 40 Ohren mit den Ling-Signalen /s/ und /sh/ übertragen, um die Wirkung aller 8 Einstellungskombinationen verglichen mit der Einstellung „Aus“ zu dokumentieren. Dabei wurde festgestellt, dass die Messwerte in 3 verschiedene Gruppen eingeteilt werden können (Abbildungen 7 und 8).

Zu den Ausgangsmessungen gehörten Klarheitsbewertungen, Klangqualitätsbewertungen für eine männliche Stimme, weibliche Stimmen und Musik, Sprachtests und die Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ)¹⁰. Wie bei ähnlichen Studien der Frequenzkompression legten die Gruppendaten keine optimalen Einstellungen oder einen durchschnittlichen Vorteil nahe. Jedoch zeigten einzelne Personen bessere Ausgangsmessungen, die auf individuelle Präferenzen für diese Art der Verarbeitung hindeuteten. Individuelle Punktunterschiede für Sound Shaper im eingeschalteten und ausgeschalteten Zustand im UWO-Plural-Test, dargestellt in Abbildung 9, zeigen die Variabilität. Diejenigen, die Sound Shaper bevorzugten, berichteten, dass der Klang knackiger und klarer war als bei der herkömmlichen Verstärkung.

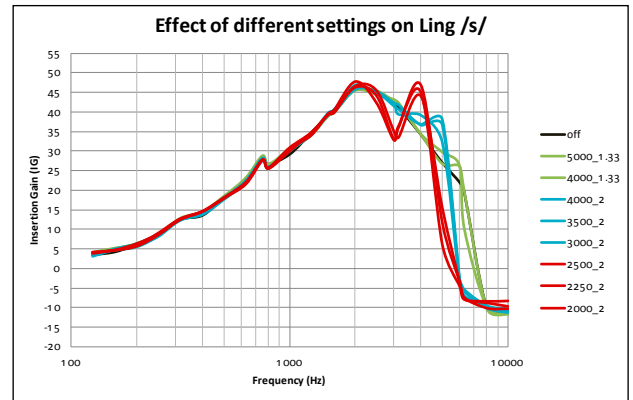


Abbildung 7. Echtohrmessungen mit Ling-Signal /s/, aufgeteilt in drei sehr ähnliche Gruppen.

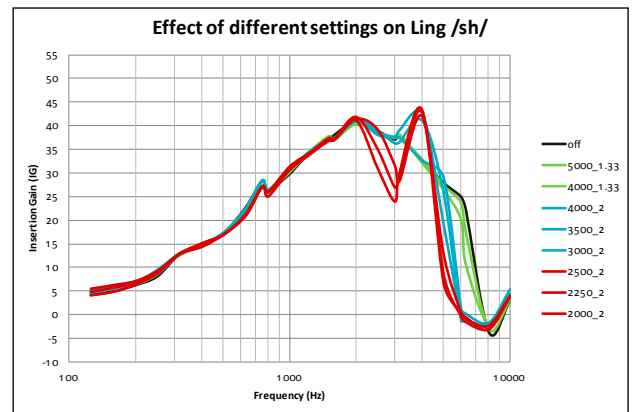


Abbildung 8. Echtohrmessungen mit Ling-Signal /sh/, aufgeteilt in drei sehr ähnliche Gruppen.

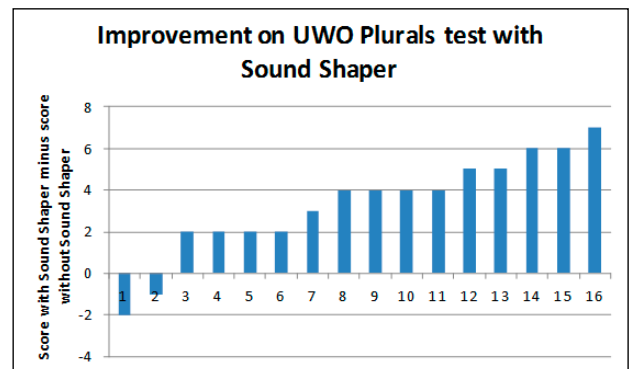


Abbildung 9: Bei den meisten Testpersonen zeigte sich eine Verbesserung im UWO-Plural-Test, wenn Sound Shaper aktiviert war. Dies deutet darauf hin, dass für hochfrequente Sprachsignale die Hörbarkeit verbessert werden konnte.

ANPASSUNG VON SOUND SHAPER

In Aventa ist die Frequenzkompressionsfunktion standardmäßig in jedem Hörsystemprogramm ausgeschaltet. Aufgrund der Gruppierungen von Wirkungen der getesteten Einstellungen in den Echtohrmessungen und der Tatsache, dass es oft keine bestimmte Einstellung gab, die Individuen den größten Vorteil brachte, wurde ein sehr einfacher Weg zur Anpas-

sung von Sound Shaper gewählt. Deshalb gibt es drei Sound-Shaper-Einstellungen, die den aus den Echtormessungen abgeleiteten Gruppierungen entsprechen. Als Sound-Shaper-Einstellungen stehen unter Erweiterte Einstellungen „Aus“, „Mild“, „Moderat“ und „Stark“ zur Verfügung (Abbildung 10). Die Einstellungen entsprechen den Grenzfrequenzen und Kompressionsverhältnissen in Tabelle 2.

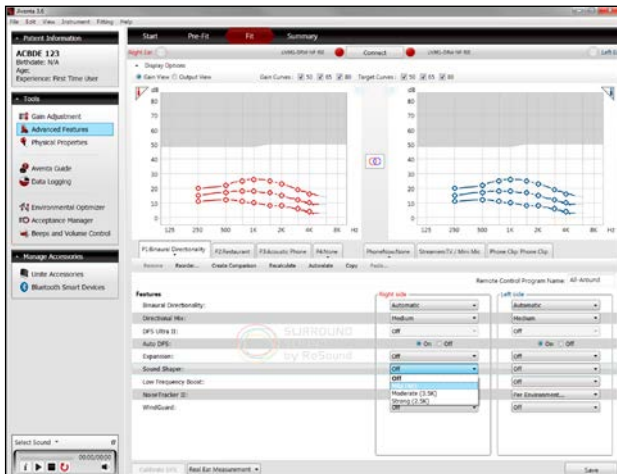


Abbildung 10. Sound-Shaper-Einstellungen unter Erweiterte Einstellungen.

Sound-Shaper-Einstellung	Grenzfrequenz und Kompressionsverhältnis
Mild	4000 Hz, CR 1,33:1
Moderat	3500 Hz, CR 2,0:1
Stark	2500 Hz, CR 2,0:1

Tabelle 1. Sound-Shaper-Einstellungen in Aventa und die entsprechenden Grenzfrequenzen und Kompressionsverhältnisse.

Im Dropdown-Menü für Sound Shaper wird die empfohlene Einstellung für das jeweilige Audiogramm fett dargestellt. Falls anzunehmen ist, dass eine konventionelle Verstärkung eine gute Hörbarkeit für eine große Bandbreite gewährleistet, wird die Einstellung „Aus“ empfohlen. Folgende Kriterien gelten für die empfohlenen Anfangseinstellungen „Mild“, „Moderat“ und „Stark“:

- Falls das Audiogramm ein Gefälle von 10 dB oder höher pro Oktave zeigt und dieses Gefälle bei 4000 Hz oder höher beginnt, wird die Einstellung „Mild“ empfohlen.
- Falls das Audiogramm ein Gefälle von 10 dB oder höher zeigt und das Gefälle bei 2000 Hz beginnt, wird die Einstellung „Moderat“ empfohlen (Abbildung 11).
- Falls das Audiogramm ein Gefälle von 10 dB oder höher pro Oktave zeigt und dieses Gefälle bei 2000 Hz endet, wird die Einstellung „Stark“ empfohlen (Abbildung 12).

Hz endet, wird die Einstellung „Stark“ empfohlen (Abbildung 12).

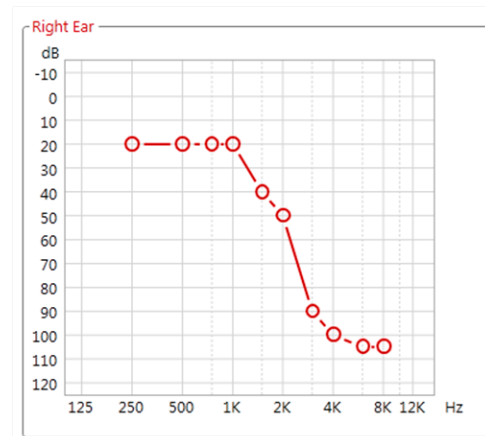


Abbildung 11. Beispielaudiogramm für die empfohlene Sound-Shaper-Einstellung „Moderat“.

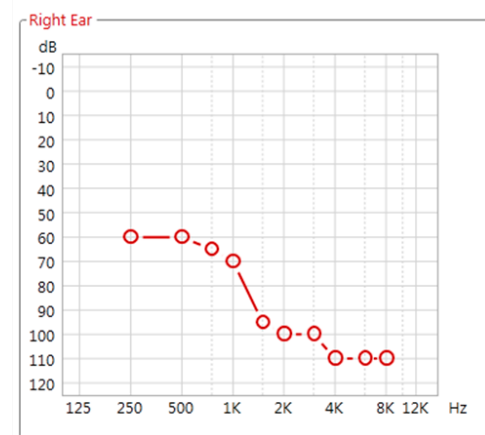


Abbildung 12. Beispielaudiogramm für die empfohlene Sound-Shaper-Einstellung „Stark“.

Wenn Sound Shaper aktiviert ist, wird im Verstärkungsdiagramm eine graue Fläche angezeigt, die für die Grenzfrequenz und den komprimierten Frequenzbereich steht (Abbildung 13).

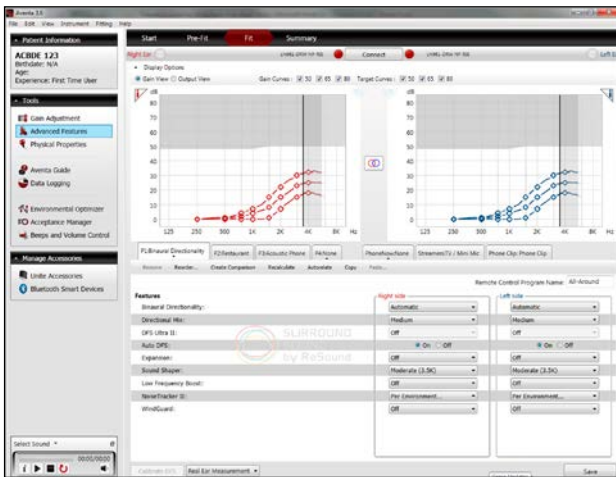


Abbildung 13. Die dunkle senkrechte Linie bei aktiviertem Sound Shaper zeigt die Grenzfrequenz an, der grau hinterlegte Bereich zeigt den Frequenzkompressionsbereich.

Sound Shaper wird je Programm und je Ohr aktiviert.

VERIFIZIERUNG VON SOUND SHAPER

Die routinemäßige klinische Verifizierung von Verstärkung und Output auf Trommelfellebene oder in einem Kuppler ist eine bewährte Methode der Hörgerätenpassung, um sicherzustellen, dass eine angemessene Verstärkung erfolgt. In dieser Hinsicht unterscheidet sie sich nicht von der Anpassung von Hörgeräten mit Frequenzminderung. Die Hersteller von Geräten für die Echtohrmessung haben begonnen, spezielle Tests und/oder Impulse zu integrieren, die Hörgeräteakustiker dabei zu unterstützen zu verifizieren, dass Frequenzminderungsalgorithmen die Hörbarkeit hochfrequenter Signale verbessern. Beispiele hierfür sind in den Abbildungen 14 und 15 dargestellt. Es wurden spezifische Protokolle entwickelt^{11, 12}.

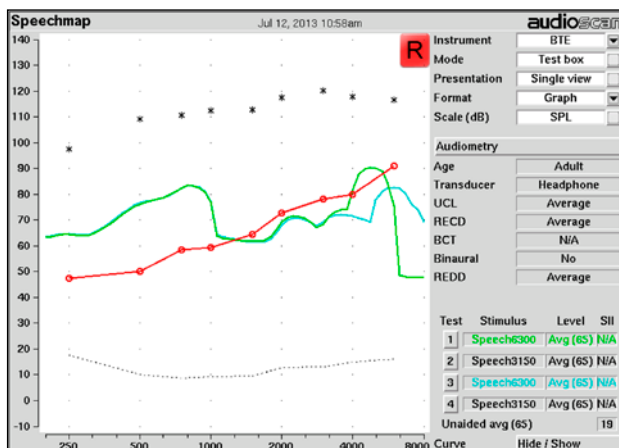


Abbildung 14: Audioscan-Verifit-Display zeigt eine Verifizierungsmessung mit ausgeschaltetem Sound Shaper (blau) und Sound Shaper im Modus „Moderat“ (grün) an.

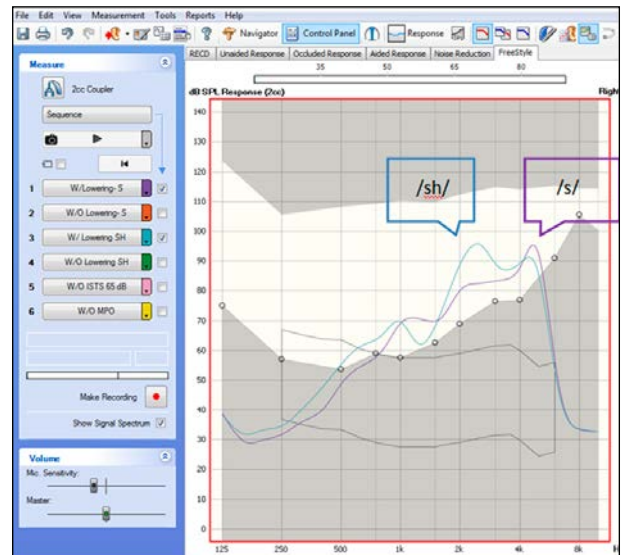


Abbildung 15. Aurical-FreeFit-Display zeigt Verifizierungsmessungen der Ling-Impulse /s/ (violett) und /sh/ (blau) mit Sound Shaper im Modus „Stark“ an.

ÜBERSICHT

Sound Shaper bietet Ärzten eine alternative Möglichkeit zur Verbesserung der Hörbarkeit hochfrequenter Signale, wenn technische Einschränkungen des Hörsystems verhindern, dass die konventionelle Verstärkung einen ausreichenden Vorteil bietet. Dies kann besonders bei der Versorgung älterer Patienten, die sich stärker auf die akustische Redundanz von Sprache verlassen als postlingual hörgeschädigte Nutzer, von Bedeutung sein. Sound Shaper verbessert nachweislich die Hörbarkeit hochfrequenter Sprachsignale wie /s/ ohne negative Auswirkungen auf die Klangqualität. Die Anpassung von Sound Shaper ist kinderleicht – Um den Prozess für Ärzte einfacher zu gestalten, wurden die Kombinationen von Kompressionsverhältnis- und Grenzfrequenz-Einstellungen optimiert.

LITERATUR

1. Alexander JM. Individual Variability in Recognition of Frequency-Lowered Speech. *Seminars in Hearing*. 34 (2): 86-109.
2. ANSI S3.5-1997, Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index. Acoustical Society of America.
3. Nishi K., Lewis D. E., Hoover B. M., Choi S. and Stelmachowicz P. G. Children's Recognition of American English Consonants in Noise. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2010; 127(5): 3177-3188.
4. Neuman A. C. and Hochberg I. Combined effects of noise and reverberation on speech recognition performance of normal-hearing children and adults. *Ear and Hearing*. 2010; 31(3):336-44.
5. Moore B. Dead Regions in the Cochlea: Conceptual Foundations, Diagnosis, and Clinical Applications. *Ear and Hearing*, 2004; 25 (2), 98-116.
6. Parsa V, Scollie S, Glista D, Seelisch A. Nonlinear frequency compression: effects on sound quality ratings of speech and music. *Trends in Amplification*. 2013; 17(1): 54-68.
7. Bentler R. Hearing aids: Clarity or controversy? *Audiology Online Hearing Aid Conference*, 2012. Course 21332.
8. Kates JM, Arehart KH. The Hearing-Aid Speech Quality Index (HASQI). *Journal of the Audio Engineering Society*, 2010; 58(5), 363-381.
9. Glista D, Scollie S. 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*, 2012. 21: 76-81.
10. Gatehouse S, Noble W. The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale. *Int J of Aud*, 2004; 43(2):85-99.
11. Glista D. & Scollie S. Modified Verification Approaches for Frequency Lowering Devices. *Audiology Online*, 2009.
12. Alexander JM. Nonlinear frequency compression: Balancing start frequency and compression ratio. 39th Annual meeting of the American Auditory Society, Scottsdale, AZ, 2012.

Weltweite Vertretungen

ReSound A/S
Lautrupbjerg 7
DK-2750 Ballerup
Dänemark
Tel.: +45 45 75 11 11
Fax: +45 45 75 11 19
www.resound.com