

Modellbasiertes Anpassverfahren für hörunterstützende Technologien in Audiogeräten

Stefan Nitzschner¹, Dirk Schneider¹, Thomas Rohdenburg¹ und Inga Holube²

¹Fraunhofer IDMT, Projektgruppe Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, 26129 Oldenburg, Deutschland

²Jade Hochschule, Institut für Hörtechnik und Audiologie, 26121 Oldenburg, Deutschland

Email: thomas.rohdenburg@idmt.fraunhofer.de

Einleitung

Die statistische Auswertung von Audiogrammen von Menschen mit Schwerhörigkeit zeigt, dass etwa 85% der Audiogramme durch zwei typische Verläufe charakterisiert werden können: zu hohen Frequenzen zunehmender Hörverlust (ca. 70%) und flacher Hörverlust (ca. 15%) [3]. Nur etwa 20 % dieser Gruppe sind mit einem Hörgerät versorgt, obwohl 60-70% von hörunterstützenden Technologien (wie z.B. Dynamikkompression und frequenzabhängige Verstärkung) profitieren würden [5]. Ziel der Integration dieser Technologien in Audiogeräte (TV, Radio, MP3-Player, etc) ist es, insbesondere die bisher unversorgten leicht- bis mittelgradigen Schwerhörenden bei der Nutzung dieser Geräte zu unterstützen. Die Anpassung der Algorithmen-Parameter an die individuelle Hörwahrnehmung soll ohne professionelle Unterstützung vom Nutzer selbst vorgenommen werden. In dieser Arbeit wurde ein modellbasiertes Verfahren entwickelt und evaluiert, das eine Parametrisierung standardisierter Audiogramme (typischer Hochtonverlust durch Altersschwerhörigkeit) aus [2] verwendet und das über einen einzigen Meta-Steller bedienbar ist.

Verfahren zur Simulation und zur Kompensation eines Hörverlusts

Zunächst wurden 16 Audiogramme aus [2] ausgewählt, die einen zunehmenden altersabhängigen Hörverlust beschreiben. Zur Simulation und zur Kompensation eines Hörverlusts wurde ein Dynamikkompressor in 3 Bändern verwendet [1, 6], wobei die Schwerhörigkeit durch Expansion entsprechend [4] simuliert wurde. Die notwendigen Parameter wurden durch Mittelung der Audiogrammdaten innerhalb der drei Bänder bestimmt und zu jeweils 16 Parametersätzen (Presets) für Hörverlustsimulation und -kompensation zusammengefasst. Die Algorithmen wurden dabei so verschaltet, dass bei entsprechender Wahl der zueinander komplementären (d.h. auf dem gleichen Audiogramm beruhenden) Presets eine vollständige Kompensation des simulierten Hörverlusts möglich war.

Experimente

Im ersten Experiment sollten sich 15 normalhörende Probanden (Alter zwischen 19-32 Jahre) einen simulierten Hörverlust für verschiedene Stimuli (3 Sprecher und 3 Sprecherinnen in ruhiger Umgebung, 3 verschiedene Musikbeispiele) ausgleichen. Dazu konnten sie aus 16 Presets dasjenige auswählen, welches zu einer natürlichen und für sie angenehmen Wiedergabe führt. Nur das zum

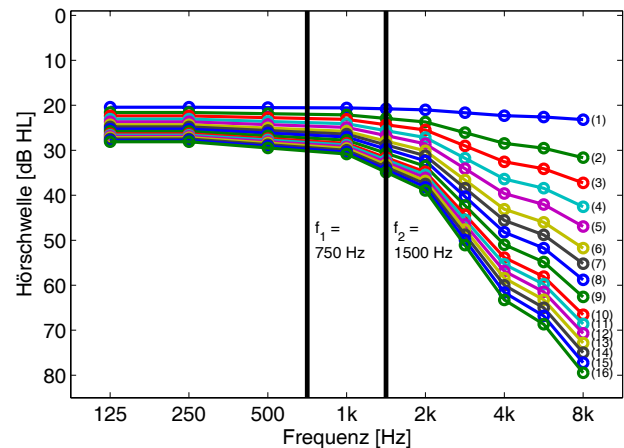


Abbildung 1: 16 Parametersätze (Presets) für die Dynamikkompression wurden mit Hilfe von standardisierten Audiogrammen der Altersschwerhörigkeit definiert und decken einen weiten Bereich der typischen Hörstörungen ab.

simulierten Hörverlust komplementäre Preset war geeignet, den simulierten Hörverlust vollständig zu kompensieren, während alle anderen Einstellungen entweder zu einer Über- oder Unterkompensation und damit zu einer Veränderung gegenüber dem unverarbeiteten Stimulus führten. Insgesamt wurden vier unterschiedliche Schwerhörigkeiten (komplementär zu Preset 3, 6, 9, 14) simuliert. Ziel dieses Experiments war, die Fähigkeit von Normalhörenden zu ermitteln, sich ohne Kenntnis des unverarbeiteten Signals einen akuten Hörverlust auszugleichen. Weiteres Ziel war es, die Eignung verschiedener Stimuli für diese Aufgabe zu identifizieren und zu quantifizieren. Bei einer Hörverlust-Simulation wird neben einer spektralen Färbung auch der Wiedergabepiegel verringert. Interessanter als die dadurch verringerte Lautheitswahrnehmung sind jedoch die spektralen und die nichtlinearen Effekte, die mit einem Hörverlust einhergehen, da sie nicht mit einem Lautstärkeregel am Audiogerät kompensiert werden können. Um diese Lautheitseffekte zu vermeiden, wurden alle Stimuli durch eine Korrektur der linearen Gesamtverstärkung mit einem RMS-Pegel von 65 dB SPL präsentiert. In einem zweiten Experiment wurde das Preset-basierte Anpassverfahren mit Schwerhörenden (5 Probanden, typische Altersschwerhörigkeit, Hörschwelle zwischen 40-80 dB HL bei 6 kHz, Pure-Tone-Average über 500, 1k, 2k, 4kHz in Abb. 3) evaluiert, die keine Hörgeräteträger und damit nicht an den Klang eines Hörgerät gewöhnt waren. Die Aufgabe für die Probanden war, für 6 Stimuli (3 Sprecherinnen, 2 Sprecher, Gitarrenmusik) aus den 16 vorgegebenen

nen Presets sich das bevorzugte Preset auszuwählen. Für jeden Stimulus wurden 3 Wiederholungen durchgeführt und alle Signale wurden wieder bei einem RMS-Pegel von 65 dB SPL präsentiert. Das über alle Stimuli gemittelte bevorzugte Preset wurde anschließend auf ein Testsignal (Dialog aus einem Film, Länge ca. 60s) angewendet. Die Probanden sollten in einem Paarvergleich zwischen un-verarbeitetem und mit dem Preset verarbeiteten Signal ihre Präferenz auswählen.

Ergebnisse

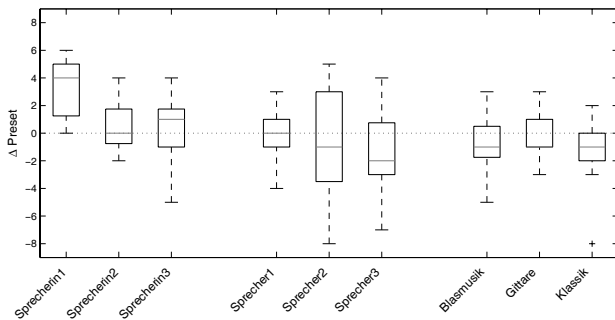


Abbildung 2: Abweichungen vom simulierten Preset zum eingestellten Preset für die Kompensation. Normalhörende sind in der Lage sich einen simulierten Hörverlust auszugleichen, jedoch ist die Abweichung von der idealen Kompensation vom verwendeten Testsignal abhängig.

Die Ergebnisse des Experiments mit Normalhörenden mit einem simulierten Hörverlust sind in Abb. 2 dargestellt. Aufgetragen ist die Abweichung des bevorzugten Presets im Vergleich zum Preset, das für die Simulation der Schwerhörigkeit ausgewählt wurde. Für die drei Sprecher und die drei Musikstimuli wird eine vollständige Kompensation des Hörverlustes erreicht. Die Ergebnisse für den Stimulus „Sprecher 2“ zeigen dabei den größten Interquartilbereich. Für die Stimuli „Sprecherin 2 und 3“ zeigen die Ergebnisse ebenfalls eine Kompensation des simulierten Hörverlusts. Die gewählten Einstellungen für „Sprecherin 1“ zeigen ein tendenziell zu hoch gewähltes Preset (Median: +4).

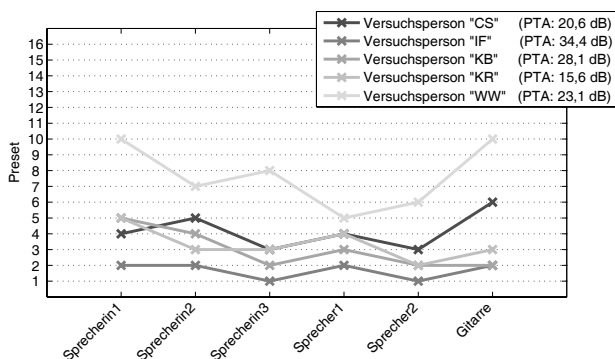


Abbildung 3: Von Schwerhörenden gewählte Voreinstellung (Preset) für den jeweiligen Stimulus.

In Abb. 3 sind die Ergebnisse des zweiten Experiments dargestellt. Für die unterschiedlichen Stimuli ist jeweils das über drei Durchgänge gemittelte Preset aufgetra-

gen, dass sich die Versuchsperson eingestellt hat. Der überwiegende Teil der Probanden wählte tendenziell eine geringe Hochtonanhebung. Auffällig ist Proband „WW“, welcher stark voneinander abweichende Einstellungen für unterschiedliche Stimuli wählte. Anders als in Experiment 1 stechen die Ergebnisse für „Sprecherin 1“ nicht hervor. Bei der anschließenden Präsentation des Testsignals mit dem durchschnittlich gewählten Preset bevorzugten 3 von 5 Probanden diese Einstellung. Ein Proband, welcher sich für das unbearbeitete Signal entschied, berichtete zwar von einer subjektiven Verbesserung der Sprachverständlichkeit bevorzugte aber das unverarbeitete Signal aufgrund des leicht ungewohnten Klangs des aufbereiteten Signals.

Diskussion und Ausblick

Es wurde ein Verfahren vorgestellt, das mit einem einzigen Meta-Steller die Anpassung der Signalverarbeitungskette an das individuelle Gehör ermöglicht. Es konnte gezeigt werden, dass die Presetwahl signalabhängig ist. Signale für welche eine gute „interne Referenz“ vorliegt scheinen hierbei besonders nützlich zu sein. Die durch die schwerhörenden Probanden häufig angemerkte Verbesserung der Sprachverständlichkeit unterstützt den Ansatz der Kompensation mit einem einzigen Meta-Steller.

Zukünftige Experimente sollten der Frage nach der Anzahl sowie der Abstufung der Presets nachgehen. Auch eine Untersuchung mit einer größeren Anzahl an schwerhörnden Probanden zur weiteren Evaluierung dieses Anpassverfahrens erscheint notwendig.

Literatur

- [1] J.-E. Appell, V. Hohmann, und B. Kollmeier. Vergleich verschiedener digital realisierter Signalverarbeitungsstrategien für Dreikanal-Hörgeräte mit Dynamikkompression. *Audiologische Akustik*, 34:134–143, 1995.
- [2] ISO7029. Akustik - Statistische Verteilung von Hörschwellen als eine Funktion des Alters, 2001.
- [3] T. Janssen. Improving the fitting of hearing aids by using prior information from community audiograms. Master-Thesis, 2008.
- [4] D.S. Lum und L.D. Braida. DSP implementation of a real-time hearing loss simulator based on dynamic expansion. *Modeling sensorineural hearing loss*, 113–130, 1997.
- [5] B. Shield. Evaluation of the social and economic costs of hearing impairment. *A Report for Hear-It*, 2006.
- [6] W.S. Woods, D.J. Van Tasell, M.E. Rickert, und T.D. Trine. SII and fit-to-target analysis of compression system performance as a function of number of compression channels. *International Journal of Audiology*, 45(11):630–644, 2006.