

Hörgeräteanpassung mit Hilfe sprachaudiometrischer Daten

T. Geißler¹, A. Steinbuß² und G. Krump³

¹ Hochschule Deggendorf, 94469 Deggendorf, E-Mail: the.geissler@gmail.com

² Siemens Audiologische Technik, 91058 Erlangen., E-Mail: andre.steinbuss@siemens.com

³ Hochschule Deggendorf, 94469 Deggendorf, E-Mail: gerhard.krump@fh-deggendorf.de

Einleitung

Vor der Anpassung eines Hörgerätes wird die Hörschädigung mittels Audiometrie (Hörschwelle und Unbehaglichkeitsschwelle) eines Schwerhörigen ermittelt. Anhand des Hörverlustes wird die Verstärkung für ein Hörgerät berechnet und eingestellt. Die maximale Ausgangspegelbegrenzung (MPO – Maximum Power Output) stellt sicher, dass das Hörgerät eingehende Signale nicht über die Unbehaglichkeitsschwelle (UCL – Uncomfortable Loudness Level) des Schwerhörigen hinaus verstärkt. Gängige Formeln zur Berechnung der MPO-Zielkurve basieren auf der mit Reintönen gemessenen UCL, im Folgenden UCL_{sin} genannt. Ein Großteil der Hörgeräte-Spezialisten nutzt jedoch die Möglichkeit, die UCL nicht nur mit schmalbandigen Signalen zu bestimmen, sondern ergänzend mittels Sprache (UCL_{Sp}). Häufig entsteht der Eindruck, dass sich mit diesem Signal, aufgrund der Vertrautheit und der geringeren Lästigkeit, höhere Schwellen messen lassen. Durch die Orientierung der MPO an der mit schmalbandigen Signalen anstatt durch Sprache ermittelten UCL würde also für den Schwerhörigen wertvolle Dynamik verschenkt und das möglicherweise zu Lasten der Sprachverständlichkeit in lauten Situationen. Dieser Hypothese wird hier nachgegangen.

Vorstudie – Berechnung der MPO aus UCL_{Sp}

Ein Hörgeräteakustiker aus Stuttgart stellte für Simulationen Ton- und Sprachaudiogramme von 21 schwerhörigen Kunden zur Verfügung. Die mittleren Tonaudiogramme der Kunden sind für beide Ohren symmetrisch und verlaufen von 30 dB HL bei 125 Hz bis zu 70 dB HL bei 8 kHz (Abbildung 1, links).

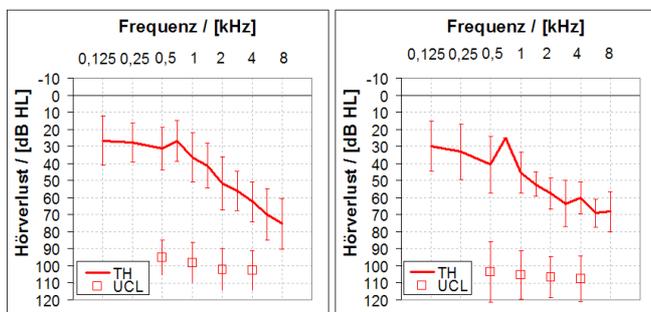


Abbildung 1: Luftleitungsschwelle (TH) und UCL der 21 VPn der Vorstudie (links), sowie der Hauptstudie (rechts). Dargestellt sind die Pegel der Mittelwerte und Standardabweichungen in dB HL über der Frequenz.

UCL_{Sp} wird UCL_{sin} in Breitband- und Terzpegeldarstellung gegenübergestellt. Die Terzpegel für UCL_{Sp} werden dabei dem Leistungsdichtespektrum des Langzeitspektrums für Sprache (LTASS – Long Term Average Speech Spectrum) entnommen. Aus den Pegelwerten werden die Lautheiten N_{sin} und N_{Sp} der gemessenen Schwellen anhand des Lautheitsmodells nach Chalupper [1] berechnet.

Ziel der Untersuchung ist es, zu prüfen ob sich aus der mit Sprache ermittelten UCL_{Sp} ein Dynamikgewinn bei der Einstellung der MPO ableiten lässt. UCL_{sin} und UCL_{Sp} der 21 Kundendaten unterscheiden sich auf physikalischer Ebene nicht signifikant. Die Analyse der Terzpegel zeigt sogar deutlich niedrigere UCLs für Sprache. Der Vergleich der Lautheiten N_{Sp} und N_{sin} zeigt große Unterschiede (Abbildung 2). Die Lautheit N_{Sp} ist bis zu doppelt so hoch wie die der Reintöne bei 2 und 4 kHz. Dies lässt vermuten, dass bei Frequenzen oberhalb von 1 kHz nicht das Lautheitsempfinden ausschlaggebend für die Unbehaglichkeit eines schmalbandigen Tones ist, sondern andere Faktoren wie z.B. Schärfe.

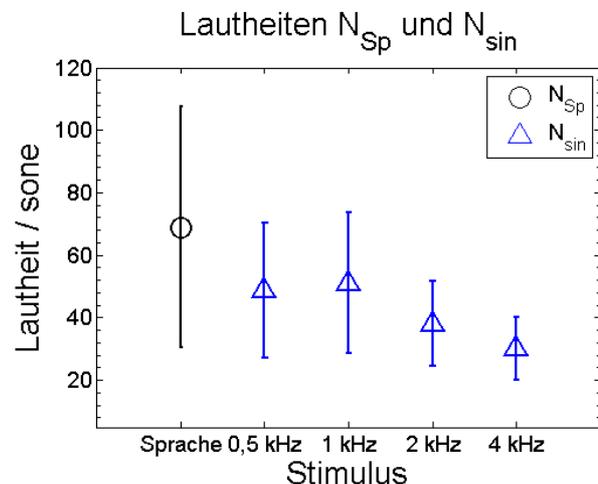


Abbildung 2: UCL_{Sp} und UCL_{sin} der Vorstudie ausgedrückt in ihren Lautheiten N_{Sp} und N_{sin} . Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Lautheiten in sone in Abhängigkeit von der Art des Stimulus.

Bentler und Nelson [2] konnten nachweisen, dass sich die UCLs für Long-Term-Average-Speech-Spectrum- (LTASS) und Reversed-LTASS- (gespiegelt bei 1 kHz) gefiltertes Rauschen nicht voneinander unterscheiden. Das Lautheitsempfinden für Sprache, welches mittels Sprache für tieffrequente Bereiche bestimmt wird, kann folglich auf Frequenzbereiche oberhalb 500 Hz übertragen werden. Oberhalb 1 kHz wird eine neue, zu UCL_{Sp} äquivalent laute Schwelle bestimmt und auf dieser Grundlage eine maximale Ausgangspegelbegrenzung (MPO_{laut}) berechnet.

Je niedriger die MPO eines HÖRGERÄTES eingestellt wird, desto kleiner wird der nutzbare Dynamikbereich. Der Ausgangspegel, bei welchem eine Sättigung erreicht wird und Verzerrungen entstehen können, wird verringert. MPO_{laut} wird oberhalb 1 kHz deutlich über den herkömmlichen, auf der Reinton-UCL basierenden, MPO-Werten (MPO_{sin}) liegen. Von MPO_{laut} wird folglich ein natürlicheres Klangempfinden und ein besseres Sprachverständnis für laute Sprache erwartet.

Hauptstudie – Experimentelle Evaluierung

Um MPO_{laut} zu evaluieren, wird eine Studie mit elf schwerhörigen Versuchspersonen durchgeführt (Abbildung 1, rechts). Mit sowohl objektiven als auch subjektiven Vergleichstests werden Akzeptanz und Nutzen der neuen Schwelle untersucht. Die Testphase erstreckt sich über einen Zeitraum von vier Wochen, innerhalb dessen die Probanden sich zu jeweils drei Sitzungen einfinden. Um MPO_{laut} evaluieren zu können, ist es notwendig die Probanden mitunter sehr lauten Schallen auszusetzen. Die Testreihe wird deshalb in mehrere kurze Sitzungen unterteilt. Sitzung 1 beinhaltet die Hörschwellenmessung, die Ermittlung von UCL_{sin} und UCL_{Sp} sowie Anpassung der Hörgeräte mit der Anpassformel NAL-NL2 [3]. Diese Anpassformel ist eine Weiterentwicklung von NAL-NL1 und wurde in den National Acoustic Laboratories in Australien entwickelt um Sprachverständlichkeit für Hörgeschädigte weiter zu optimieren. Während Sitzung 2 findet ein direkter Paarvergleich zwischen MPO_{sin} und MPO_{laut} statt, Sitzung 3 beinhaltet den Test zur objektiven Sprachverständlichkeit (WaKo-Test [4]). Zwischen den Terminen tragen die Probanden die Hörgeräte anstelle ihrer eigenen Geräte.

Vergleich zwischen Vor- und Hauptstudie

Aus der Voruntersuchung geht hervor, dass sich UCL_{Sp} und UCL_{sin} in ihrer Reizgröße Lautstärke nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die Empfindungsgröße Lautheit N_{Sp} ist im Mittel jedoch bis zu doppelt so hoch wie bei 2 und 4 kHz. Diese Ergebnisse können in der Hauptstudie bestätigt werden. Die Lautheit N_{Sp} ist signifikant lauter als alle Frequenzbereiche von N_{sin} (Abbildung 3).

Ein Mittelwertvergleich der HÖRGERÄTE-Einstellungen MPO_{sin} und MPO_{laut} zeigt signifikante Unterschiede. Dennoch lieferten weder der Vergleich der versorgten UCL, der Paarvergleich, der Sprachtest im Störgeräusch (WaKo-Test) noch der Tragetest im Alltag signifikante Testergebnisse. Kupplermessungen mit 90 dB SPL Eingangspegel zeigen keine Unterschiede im Ausgangspegel von MPO_{sin} und MPO_{laut} . Kupplermessungen bei maximaler Verstärkung der Hörgeräte bei zwei Probanden zeigen jedoch sehr große Differenzen im Ausgangspegel von bis zu 18,8 dB zwischen MPO_{laut} und MPO_{sin} . Demnach liegt die Vermutung nahe, dass die Anpassung nach NAL-NL2 bei hohen Eingangspegeln nicht genug Verstärkung vorschreibt, um die MPO auszulösen und somit der zusätzliche Dynamikbereich durch MPO_{laut} nicht nutzbar gemacht werden kann.

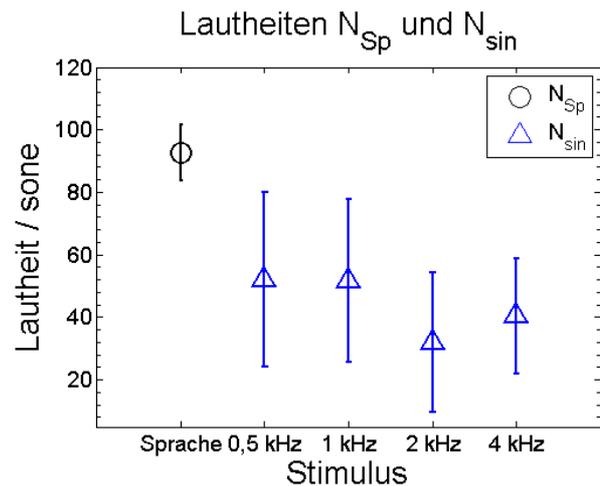


Abbildung 3: UCL_{Sp} und UCL_{sin} der Hauptstudie ausgedrückt in ihren Lautheiten N_{Sp} und N_{sin} . Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Lautheiten in sone über der Art des Stimulus.

Zusammenfassung und Ausblick

Die anfangs gestellte Untersuchungshypothese, durch das Einbeziehen von UCL_{Sp} in die MPO-Zielkurvenberechnung könne Dynamik für den HÖRGERÄTE-Träger gewonnen werden, kann anhand der Stichproben aus der Vor- und Hauptuntersuchung belegt werden.

Die Einstellung MPO_{laut} bringt in Verbindung mit einer Anpassung mit NAL-NL2 in dieser Untersuchung keine Unterschiede mit sich. Kupplermessungen bei maximaler Verstärkung in MPO_{sin} und MPO_{laut} zeigen jedoch deutliche Unterschiede im Ausgangspegel und lassen den Schluss zu, dass in Verbindung mit einer anderen präskriptiven Formel (z.B. DSL v.5) der Dynamikgewinn für den Hörgeräteträger nutzbar gemacht werden könnte. Dies wird in einer weiteren Studie mit Hilfe eines Hörgeräteakustikers weiter untersucht werden.

Literatur

- [1] Chalupper J., Perzeptive Folgen von Innenohrschwerhörigkeit: Modellierung, Simulation, Rehabilitation, Shaker Verlag 2002
- [2] Bentler, R. A., Nelson, J. A.: Effect of Spectral Shaping and Content on Loudness Discomfort, Journal of the American Academy of Audiology, 2001
- [3] Dillon, H., Flax, M. R., Ching, T. Y. C., Keidser, G., Brewer, S.: "The NAL-NL2 prescription procedure"
- [4] Wallenberg, v. E., Kollmeier, B.: Sprachverständlichkeitsmessungen für die Audiologie mit einem Reimtest in deutscher Sprache: Erstellung und Evaluation von Testlisten“, Audiologische Akustik 1989