

Verfahren zur lautheitsbasierten Hörgeräteanpassung mit instantanem Insitu-Perzentil-Monitoring

Steffen Kreikemeier, Jürgen Kießling

Funktionsbereich Audiologie, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen

Entwickelt für die technische Kontrolle von Hörgeräten, ermöglicht die Perzentilanalyse aktueller Hörgerätemesstechnik eine instantane Beobachtung des Verstärkungsverhaltens moderner Hörsysteme. Somit eröffnen sich neue Wege, das Perzentil-Monitoring nicht nur zur Kontrolle verschiedener Parameter, wie Frequenzgang und Kompression zu nutzen, sondern auch, um eine individualisierte, lautheitsbasierte (Fein-)Anpassung unter Berücksichtigung der Sprachdynamik zu realisieren.

Methoden und Probanden

Am Universitätsklinikum Gießen wurde im Rahmen einer Labor- und Feldstudie ein Verfahren zur Anpassung von Hörgeräten mit instantanem Insitu-Pegelmonitoring auf der Grundlage der Perzentilanalyse entwickelt, das die individuelle Lautheitswahrnehmung berücksichtigt und eine personalisierte Akklimation ermöglicht. Zur Berechnung der Zielkurven wird der Abstand des unverstärkten Sprachspektrums (LTASS – Long Term Average Speech Spectrum) zum MCL (Most Comfortable Level) bei einem Normalhörenden proportional auf die Restdynamik des Schwerhörigen umgerechnet (Abb. 1). Hierfür wurde der MCL individuell durch eine Lautheitsskalierung bestimmt und nicht durch 1:2 Teilung des Restdynamikbereichs berechnet. Da eine vollständige Lautheitskompensation häufig nicht akzeptiert wird, wurden Verstärkungsabstufungen auf Basis der kategorialen Lautheit (Categorical-Unit=CU) realisiert, die als Akklimationsstufen eingesetzt werden können. Deshalb erfolgt die Ermittlung der Zielverstärkung nicht ausschließlich auf Basis von CU25 („mittellaut“), der für jeden Probanden individuellen Lautheitsskalierung, sondern alternativ auch auf den Stufen CU20 und CU15.

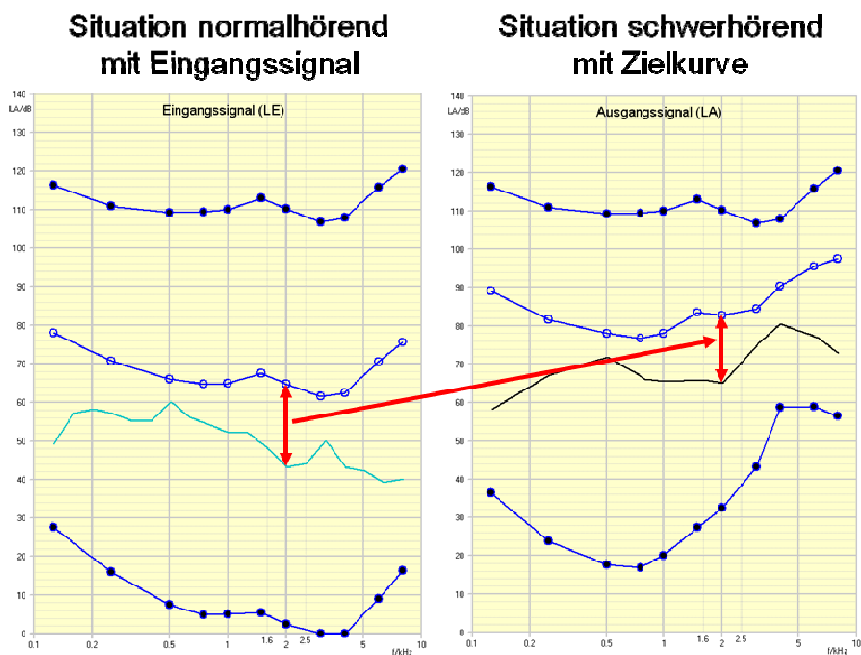


Abb. 1: Berechnung der Zielkurven – der Abstand zwischen MCL und LTASS beim Normalhörenden wird proportional auf die Restdynamik des Schwerhörigen umgerechnet.

An dieser Studie nahmen 21 erfahrene Hörgeräteträger/innen (mittlere Trageerfahrung 6,9 Jahre) mit symmetrischen Hochtonverlusten und einem Durchschnittsalter von 67 Jahren teil. In zwei Sitzungen wurde ein Tonaudiogramm für Luft- und Knochenleitung, eine Lautheitsskalierung (Oldenburg-ACALOS) für Schmalbänder der Frequenzen 0,5, 1, 2, 4, 6 kHz, die Anpassung der hier verwendeten RIC-Hörsysteme (Pure 700 - Siemens Audiologische Technik GmbH) mit geschlossenen Domes, sowie Sprach-, Labor- und Feldtests und ein Campusrundgang durchgeführt.

Als Sprachtests kamen in dieser Studie der Freiburger Einsilbertest in Ruhe als Bezug zur praktischen Arbeit des Akustikers und der Oldenburger Satztests im Störgeräusch mit einem fluktuierenden Störgeräusch, dem ICRA_5_250, zum Einsatz. Unter kontrollierten Bedingungen des Labors wurden Klangvergleiche für Natürlichkeit, Lautheit und globale Präferenz eingesetzt.

Um reale Situationen unter möglichst kontrollierten Bedingungen in die Studie zu integrieren, wurde ein Campusrundgang mit den drei individuell lautheitsbasierten Anpassungen (LPFit-15, -20 und -25) durchgeführt. Dabei wurden in einem Anpassraum (Sprache in Ruhe), einer halligen Umgebung (Sprache in leisem Störgeräusch) und stark befahrener Straße (Sprache im lauten Störgeräusch) Dimensionen, wie Lautstärke, Anstrengung für das Sprachverstehen und Klang abgefragt und zudem sollte jedem Programm eine Rangziffer (1 bis 3) zugeteilt werden. In Labor- und Feldtests wurden die Anpassungen (LPFit-15, -20 und -25) mit einer Referenz (NAL-NL2) und den eigenen Hörsystemen von 21 Probanden verglichen und erprobt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse aus Labor- und Feldtest zeigen eine deutliche Präferenz der CU15-basierten Anpassung (d.h. LPFit-15) gegenüber den anderen Varianten, sowohl im Sinne einer subjektiven Bevorzugung, als auch einer hohen Sprachverständlichkeit. Im Vergleich zu den eigenen Hörsystemen konnte damit die Sprachverständlichkeit in Ruhe und im Störgeräusch deutlich verbessert werden. Die Verstärkungsabstufungen (Abb. 2), die sich unter Verwendung von CU15, CU20 und CU25 ergeben, können als Akklimatisierungsstufen zur individuellen Anpassung an die Nutzerbedürfnisse dienen.

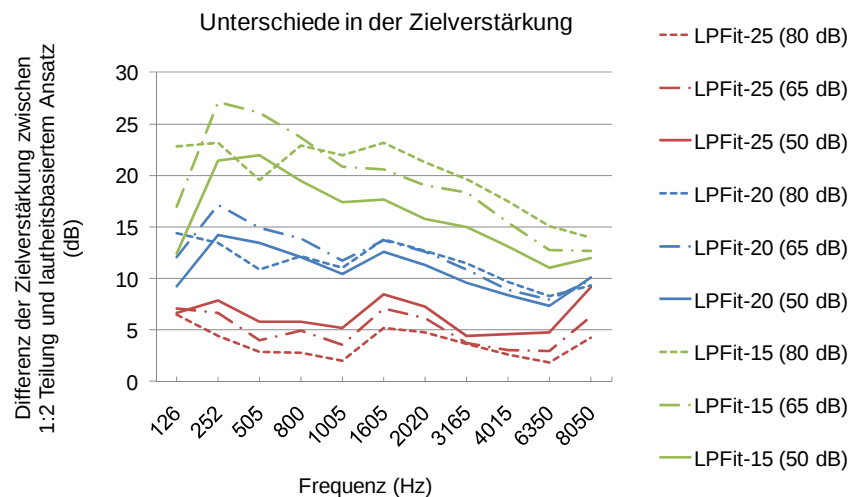


Abb. 2: Unterschiedliche Zielverstärkungen eines berechneten MCL durch 1:2 Teilung des Restdynamikbereichs und der individuell lautheitsbasierten Anpassung in Abhängigkeit vom Eingangspegel

Beim Freiburger Einsilbertest in Ruhe (Abb. 3) erzielen LPFit-15 und NAL-NL2 im Median eine Sprachverständlichkeit von 80%. Auffallend hierbei ist, dass die Spannweite bei NAL-NL2 (65%) deutlich größer ist, als dies bei LPFit-15 (40%) der Fall ist. Dies deutet darauf hin, dass eine Anpassung allein auf Basis tonaudiometrischer Daten im Einzelfall dazu führen kann, dass eine deutlich schlechtere Sprachverständlichkeit erreicht wird als mit einer individuell lautheitsbasierten Anpassung. Eine weitere Verbesserung der Sprachverständlichkeit kann mit den Anpassungen LPFit-20 und LPFit-25 erreicht werden, die höhere Verstärkungen liefern und deshalb eine bessere Sprachverständlichkeit in Ruhe erzielen. Bei der Zweifach-Rangvarianzanalyse verbundener Stichproben nach Friedman zeigt sich ein signifikanter Unterschied (Signifikanzniveau = 0,05) zwischen den Ergebnissen der eigenen Hörsysteme und LPFit-25, den eigenen Hörsystemen und LPFit-20 und NAL-NL2 und LPFit-20.

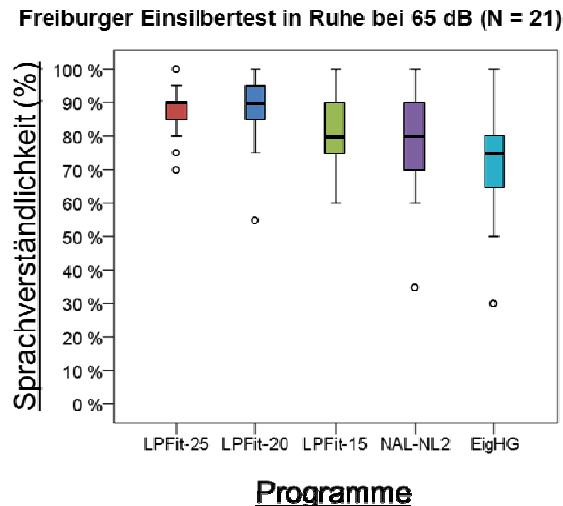


Abb. 3: Im Freiburger Einsilbertest in Ruhe wird mit dem LPFit-20 im Median die höchste Sprachverständlichkeit (90%) erreicht, obwohl, im Gegensatz zu den eigenen Hörsystemen, keine Gewöhnung an die Anpassung erfolgt ist. Die Ergebnisse sind als Box-Whisker-Plots mit Median, Interquartilsabstand und größter nicht-extremer Wert (Whisker) dargestellt. Die Kreise zeigen Extremwerte, die den 1,5-fachen Interquartilsabstand zum Median aufweisen.

Die Bewertungen des Campusrundgangs zeigen in allen drei akustischen Situationen die gleiche Tendenz (Abb. 4). Diese ist auch innerhalb der unterschiedlichen Dimensionen (Lautstärke, Anstrengung und globaler Klang) wiederzufinden und zeigt eine deutliche Bevorzugung einer Anpassung, die die Lautheitswahrnehmung nicht in vollem Umfang wiederherstellt, wie das bei LPFit-15 der Fall ist.

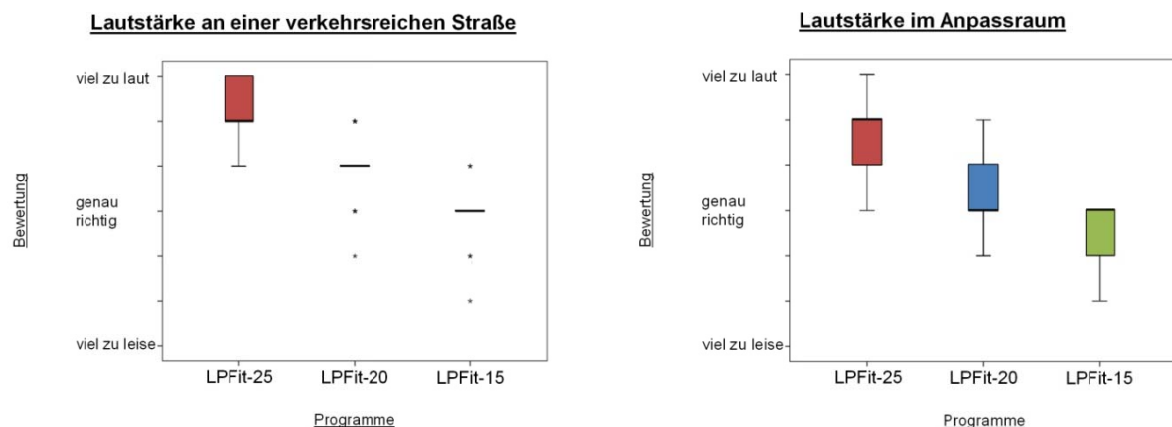


Abb. 4: Bewertung der Lautstärke an einer verkehrsreichen Straße (links) und im Anpassraum (rechts). Die Ergebnisse sind als Box-Whisker-Plots mit Median, Interquartilsabstand und größter nicht-extremer Wert (Whisker) dargestellt. Die Sternchen zeigen Extremwerte, die den 3-fachen Interquartilsabstand zum Median aufweisen.

Von den Probanden haben sich nach Labortests und Campusrundgang fünfzehn für LPFit-15, fünf für LPFit-20 und kein Proband für LPFit-25, die volle Lautheitskompensation, entschieden. Für einen besonders hörentwöhnten Probanden musste sogar eine Anpassung mit geringerer Verstärkung in Form von LPFit-10 realisiert werden. Im Feldtest konnten die Probanden die bevorzugte LPFit-Variante direkt mit NAL-NL2 vergleichen, wobei ihnen nicht bekannt war, welche Anpassung in welchem Programm (eins oder zwei) gespeichert wurde. Zusätzlich wurde die Anordnung der Programme randomisiert. In der Felderprobung wurden von den Proband(inn)en insgesamt 174 Situationen frei beschrieben, in denen die Hörprogramme einer systematischen Bewertung unterzogen wurden.

Von den 174 Situationen wurde die vom Probanden / von der Probandin jeweils gewählte lauthheitsbasierte Anpassung (LPFit-25, LPFit-20 oder LPFit-15) 119 Mal (68,4%) und die NAL-NL2 Referenz 55 Mal (31,6%) in der beschriebenen Situation bevorzugt. Somit zeigt sich im Feldtest eine eindeutige Präferenz für die individuelle lauthheitsbasierte Anpassung.

Schlussfolgerung

In der Studie konnte gezeigt werden, dass eine individuelle lauthheitsbasierte Anpassung unter flankierendem Monitoring mittels instantaner Perzentilanalyse einer Präskription, welche allein auf tonaudiometrischen Daten basiert, unter mehreren Aspekten überlegen ist. Dies zeigen sowohl die Ergebnisse der Sprachaudiometrie, als auch die subjektive Bewertung im Labor, bei einem strukturierten Rundgang sowie im Feldtest. Durch das in dieser Arbeit vorgestellte Verfahren wird eine individuelle Hörsystemanpassung erzielt, die eine gute Sprachverständlichkeit bei hoher Spontanakzeptanz aufweist. Der Mehraufwand, der durch die Lauthheitsskalierung entsteht, ist dabei sehr gering. Insofern ist es denkbar und zu wünschen, dass der hier präsentierte lauthheitsbasierte, individuelle Lösungsansatz, der eine Serie von Akklimatisierungsstufen liefert, Anwendung in der täglichen Anpasspraxis des hörakustischen Betriebs findet, um auf diesem Wege eine praktische Validierung und weitere Verbesserungen zu erfahren.

Danksagung

Die Untersuchungen, die diesem Artikel zugrunde liegen, wurden im Rahmen des Verbundforschungsprojekts »Modellbasierte Hörsysteme« durchgeführt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde (Förderkennzeichen 01EZ0741). Die Autoren danken der Siemens Audiologische Technik GmbH und der Acousticon Hörsysteme GmbH für die Leihstellung von Hörsystemen und Messtechnik.