

Optimierung der präskriptiven Hörgeräteanpassung durch eine verbesserte Schätzung des Restdynamikbereichs von sensorineuralen Schwerhörigen

M. Latzel¹, S. Margof-Hack², R. Blum², J. Kießling²

¹: Abteilung Audiologie, INTERTON Hörgeräte GmbH, D-51469 Bergisch Gladbach, ²: Funktionsbereich Audiologie, Hals-Nasen-Ohrenklinik der Universität Gießen, D-35385 Gießen

Einleitung

Der Restdynamikbereich eines sensorineuralen Hörgeschädigten kann mit Hilfe der Differenz der Unbehaglichkeitsschwelle (UCL) und der Hörschwelle (HS) berechnet werden. Während die Hörschwelle verhältnismäßig einfach und präzise im Tonaudiogramm bestimmt werden kann, ist die Bestimmung der UCL dagegen eine relativ schwierige und ungenaue Messung.

Die Genauigkeit der Voreinstellung eines Hörgeräts mit Wide Dynamic Range Compression (WDRC) ist abhängig von der Schätzung des „wirklichen“ Restdynamikbereichs, wobei eine bessere Voreinstellung auch zu einer höheren Spontanakzeptanz der Hörversorgung führt. Problem bei der Ermittlung des „wirklichen“ Restdynamikbereichs ist die Messung der UCL über das Tonaudiogramm. Andere Messungen, wie z. B. das Sprachaudiogramm oder die Lautheitsskalierung verwenden im Gegensatz zum Tonaudiogramm natürliche Signale insbesondere Sprachsignale, die eine höhere Genauigkeit bei der Ermittlung der wirklichen UCL erwarten lassen. Die Ergebnisse dieser Messungen, die im Rahmen einer routinemäßigen Hörgeräteanpassung durchgeführt werden, werden jedoch nur zur Verifizierung der Hörgeräteversorgung herangezogen. Bei der Anpassung selber spielen sie dagegen gar keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Die Fragestellung, die sich an dieser Stelle ergibt und die im Folgenden untersucht werden soll: Liefern diese psychoakustischen Messungen zusätzliche Informationen, die für eine exaktere Voreinstellung von Hörgeräten verwendet werden können?

Material und Methodik

Bestimmung der Daten für die HS und UCL: Die psychoakustischen Messungen, die im Rahmen der Evaluierung des digitalen Hörsystems QUANTUM^{PLUS} in einem Feldversuch durchgeführt wurden, werden analysiert, um die Prozedur zu ermitteln, die die bestmögliche Schätzung des Restdynamikbereichs liefert. In die Analyse werden die Messergebnisse des Tonaudiogramms, der Lautheitsskalierung und des Sprachaudiogramms miteinbezogen. Die HS und UCL wird direkt aus dem Tonaudiogramm und Sprachaudiogramm abgelesen. Die Bestimmung der UCL über die modellierte Lautheitsskalierung (Brand, 2000) erfolgt dadurch, dass der Schnittpunkt der Lautheitsfunktion mit der Kategorieinheit (KE) = 0 (nicht gehört) als HS und der Schnittpunkt mit KE = 50 (zu laut) als UCL

Optimierung der präskriptiven Hörgeräteanpassung durch eine verbesserte Schätzung des Restdynamikbereichs von sensorineuralen Schwerhörigen

definiert wird. Die Modellierung der Lautheitsskalierung erfolgt über einen linearen Ansatz, im Folgenden mit LLF genannt und einen nichtlinearen Ansatz, im folgenden NLF genannt. Bei der linearen Modellierung besteht die Lautheitsfunktion aus einer Geraden mit der Steigung m die durch den Punkt $KE = 25$ (normale Lautheit, auch als L_{25} bezeichnet) geht, wobei die Gerade über den Maximum Likelihood Estimator an die individuellen Lautheitsdaten angepasst wird. Bei der nichtlinearen Modellierung dagegen besteht die Lautheitsfunktion aus 2 Geradenstücken mit den Steigungen m_1 und m_2 , die sich im Punkt L_{25} schneiden.

Berechnung der Voreinstellung für die Test-Hörgeräte: Zur Berechnung der Voreinstellung der Hörgeräte wird die herstellerspezifische Anpassregel DynaGraph 2.0 verwendet. Diese Anpassregel berücksichtigt sowohl die HS, als auch die UCL und berechnet daraus die Verstärkung für leise (G50) und für laute (G80) Eingangssignale. Als Eingabeparameter dienen die UCL- und HS-Daten der verschiedenen oben genannten Verfahren, die zu 5 verschiedenen Methoden miteinander kombiniert werden (Tabelle 1).

	<u>HS</u>	<u>UCL</u>
<u>Methode A</u>	Tonaudiogramm	Tonaudiogramm
<u>Methode B</u>	Tonaudiogramm	Lineare Modellierung der Lautheitsfunktion (LLF)
<u>Methode C</u>	Tonaudiogramm	Nichtlineare Modellierung der Lautheitsfunktion (LLF)
<u>Methode D</u>	Nichtlineare Modellierung der Lautheitsfunktion (LLF)	Nichtlineare Modellierung der Lautheitsfunktion (LLF)
<u>Methode E</u>	Tonaudiogramm	Sprachaudiogramm

Tab. 1: Zuordnung der in die Analyse einbezogenen Messverfahren zu den verwendeten Methoden

Die daraus resultierenden Voreinstellungen der Verstärkungsparameter G50 und G80 werden mit der individuellen feinangepassten Einstellung (FT2) verglichen, die sich in Alltagssituationen innerhalb einer 3-wöchigen Akklimatisationsperiode für die Probanden ergeben hatte. Da die Lautheitsskalierung nur mit Schmalbandrauschen mit Mittelfrequenzen bei 500 Hz, 1,5 kHz und 4 kHz durchgeführt wurde, beschränkt sich die nachfolgende Analyse auf Daten, die bei diesen Frequenzen erhoben wurden.

Probanden: Es nehmen 19 (3 weiblich, 16 männlich, 38 Ohren) sensorineurale Schwerhörige mit einem mittleren bis hochgradigen Hörverlust an der Feldstudie teil. Das Alter liegt zwischen 49 und 76 Jahren mit einem Median von 68 Jahren. Die Teilnehmer sind erfahrene Hörgeräteträger und mit psychoakustischen Messungen vertraut.

Ergebnisse und Diskussion

Schätzung der Restdynamik: Ein Vergleich der interindividuellen Mittelwerte der verschiedenen Messverfahren zeigt (Abbildung 1), dass das Verfahren NLF eine etwa 8 dB höhere Restdynamik als das Tonaudiogramm schätzt.

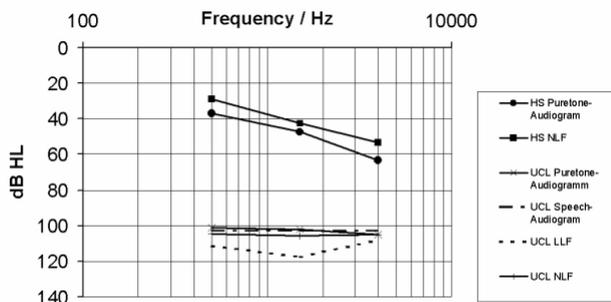


Abb. 1: Darstellung der inter-individuellen Mittelwerte (38 Ohren) der HS und UCL der verschiedenen verwendeten Messverfahren und die sich daraus ergebenden Restdynamikbereiche.

Die HS liegt deutlich niedriger, da bei der Lautheitsskalierung mit Schmalbandrauschen im Gegensatz zu den energetisch niedrigeren Sinussignalen gemessen wird. Die UCL geschätzt mit dem Messverfahren LLF liegt am höchsten im Vergleich zu allen anderen Verfahren. Das resultiert daraus, dass die Steigung der Lautheitsfunktion bei diesem Ansatz nur einen Mittelwert der Steigungen der Lautheitsfunktion im oberen Teil und unteren Teil darstellt. Dadurch wird die Lautheitsfunktion insgesamt flacher, was in einem höheren Wert der UCL resultiert. Die UCL der anderen Messverfahren (Tonaudiogramm, Sprachaudiogramm und NLF) ist im Mittel ungefähr gleich.

Vergleich der Voreinstellung der WDRC-Hörgeräte: In den Abbildungen 2 und 3 sind die individuellen Einstellungen der Parameter G50 und G80 für die verschiedenen Methoden A – E (vergleiche Tabelle 1) und für alle ausgewerteten Frequenzen dargestellt. Auf der x-Achse sind die Daten für FT2, auf der y-Achse die von DynaGraph aufgetragen, wenn die Methoden A – E die Eingabeparameter (geschätzte HS und UCL) darstellen.

Vergleicht man Abbildung 2 und 3 so erkennt man, dass grundsätzlich die Ergebnisse für den Parameter G80 eine höhere Streuung aufweisen, als die für G50, was die höhere Ungenauigkeit der UCL-Messung unterstreicht.

Wird das NLF-Verfahren verwendet um sowohl HS, als auch UCL zu schätzen (Methode D), so hat das Ergebnis die größte Varianz. Die oben bereits erwähnte Überschätzung der UCL durch das LLF-Verfahren kann auch in den Abbildungen 3 und 4 beobachtet werden, denn die Punktpaare liegen größtenteils oberhalb der Diagonalen, d. h. durch dieses Verfahren werden die Verstärkungsparameter zu hoch geschätzt.

Werden die Varianzen und Abweichungen von der Diagonalen für die Verstärkungsparameter bei allen beobachteten Frequenzen miteinander verglichen, so zeigt sich, dass eine Kombination der verschiedenen Methoden insgesamt die beste Voreinstellung liefert. Zusätzlich wird eine Korrelationsanalyse durchgeführt (zweiseitige Pearson Korrelation), deren Ergebnisse in Tabelle 2 zusammengestellt sind und mit deren Hilfe sich folgende Kombinationen ergeben:

G50

Die Varianz bei 500 Hz ist bei allen Methoden in etwa gleich, ein Vergleich mit Tabelle 2 ergibt, dass das Tonaudiogramm und NLF (Methode C) die höchste Korrelation liefern. Bei 1,5 kHz existieren große Unterschiede bzgl. der Varianz der 5 Methoden, wobei die geringste Varianz und höchste Korrelation die das Messverfahren NLF (Methode C) aufweist. Bei 4 kHz besteht die höchste Differenz zwischen den Varianzen der 5 Methoden, wobei dieser Parameter (G50 bei 4 kHz) häufig entscheidend ist für die Spontanakzeptanz eines Hörgeräts. Bei dieser Frequenz liefert das Tonaudiogramm die höchste Korrelation.

G50	500 Hz	1,5 kHz	4 kHz
Methode A	0,888**	0,817**	0,887**
Methode B	0,887**	0,823**	0,671**
Methode C	0,888**	0,909**	0,614
Methode D	0,853**	0,783**	0,450**
Methode E	0,883	0,854	0,673
G80	500 Hz	1,5 kHz	4 kHz
Methode A	0,858**	0,778**	0,776**
Methode B	0,787**	0,458**	0,671**
Methode C	0,828**	0,816**	0,612**
Methode D	0,796**	0,714**	0,487
Methode E	0,752**	0,608**	0,749**

Tabelle 2: Ergebnisse der Korrelationsanalyse (Pearson, zweiseitig) zwischen den Einstellungen G50 bzw. G80 und den Ergebnissen von DynaGraph, wenn die Methoden A – E die Eingabeparameter darstellen.

*: Signifikantniveau ($p \leq 0,05$)

** : Signifikantniveau ($p \leq 0,01$)

G80

Der Parameter G80 (500 Hz) wird am besten durch das Tonaudiogramm geschätzt, das hier die höchste Korrelation hat. Bei 1,5 kHz ist, wie beim Verstärkungsparameter G50 bei dieser Frequenz, die Voreinstellung am günstigsten, wenn die UCL über das Messverfahren NLF bestimmt wird, da dieses Verfahren die deutlich höchste Korrelation besitzt. Bei 4 kHz ist nach Berücksichtigung der Daten aus Tabelle 2 genau ge-

nommen das Tonaudiogramm das Verfahren, das für die treffsicherste Voreinstellung verwendet werden sollte, da das Tonaudiogramm bei dieser Frequenz die höchste Korrelation aufweist. Die Korrelation der Daten, bestimmt über das Sprachaudiogramm, ist zwar etwas niedriger. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Reproduzierbarkeit der Messung der UCL mit einem Sprachaudiogramm, deutlich höher ist, als wenn

diese mit einem Tonaudiogramm gemessen wird, da realistischere Signale verwendet werden. Aus diesem Grund sollte bei dieser Frequenz zur Bestimmung des Verstärkungsparameter G80 eher die mit dem Sprachaudiogramm gemessene UCL als Eingabeparameter herangezogen werden.

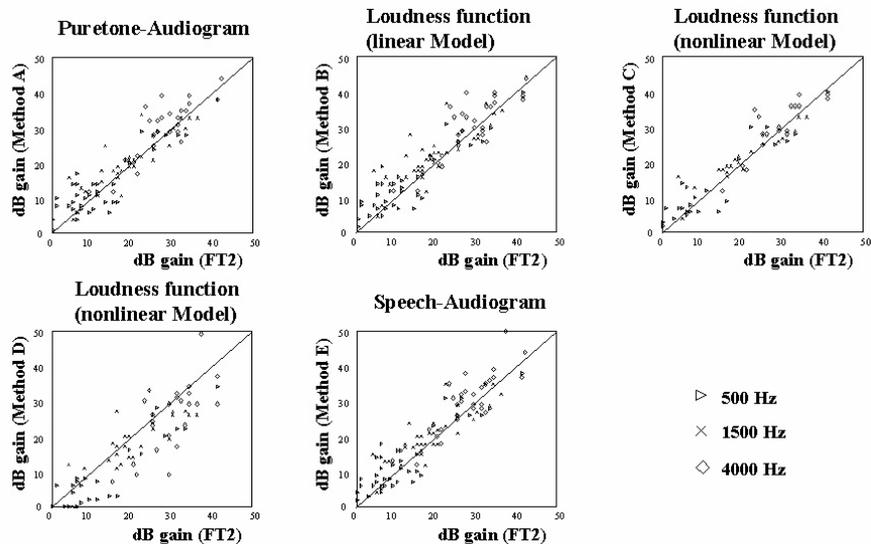


Abb. 2: Gegenüberstellung der individuellen Einstellungen von G50 für FT2 (feinangepasste Einstellung nach einer 3-wöchigen Akklimatisierungsperiode) und für DYNAGRAPH. Die Eingabeparameter HS und UCL für DynaGraph bilden die Methoden A – E (Tabelle 1).

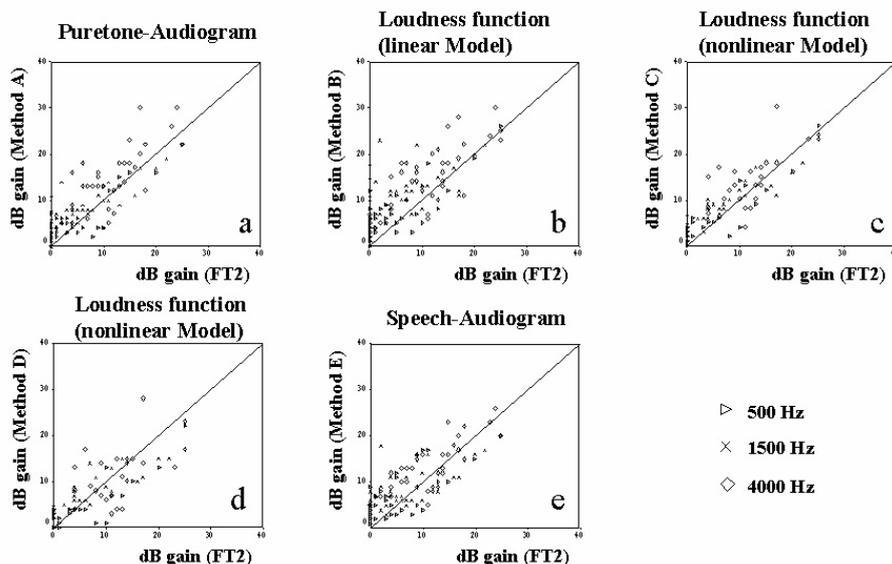


Abb. 3: Gegenüberstellung der individuellen Einstellungen von G80 für FT2 (feinangepasste Einstellung nach einer 3-wöchigen Akklimatisierungsperiode) und für DYNAGRAPH. Die Eingabeparameter HS und UCL für DynaGraph bilden die Methoden A – E (Tabelle 1).

Zusammenfassung

Die so „gewonnenen“ Eingabeparameter sind bereits in einer neuen Version der Anpassregel DynaGraph implementiert worden, um auch in der Praxis zu überprüfen, inwiefern diese zusätzlichen Informationen einen Nutzen für den Höreräteträger und den Optimierung der präskriptiven Höreräteanpassung durch eine verbesserte Schätzung des Restdynamikbereichs von sensorineuralen Schwerhörigen

Hörgeräteakustiker liefern. INTERTON hat eine Studie gestartet, bei der der Einfluss der „neuen“ Parameter in routinemäßigen Anpassungen untersucht wird. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen im Rahmen der nächsten DGA-Tagung vorgestellt werden.

Literatur

Brand T. Analysis and optimization of psychophysical procedures in audiology. Dissertation Universität Oldenburg, 2000.