

Pilotstudie zur Wahrnehmbarkeit und Beurteilung verschiedener Hörgeräte-Entzerrungsfunktionen durch Hörgeräteträger

Tobias Sankowsky-Rothe^a, Tobias Herzke^b und Matthias Blau^a

^a Institut für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Wilh./Oldenburg/Elsf., 26121 Oldenburg, Deutschland,

Email: Tobias.Sankowsky@jade-hs.de

^b Hoertech gGmbH, 26129 Oldenburg, Deutschland

Einleitung

Eine optimale Hörgeräteanpassung sollte den oftmals eingeschränkten Dynamikbereich des Restgehörs eines Schwerhörigen möglichst gut ausschöpfen. Dies erfordert unter anderem die Kenntnis des durch das Hörgerät erzeugten Schalldruckes am Trommelfell des individuellen Ohres. Sind die Übertragungseigenschaften des individuellen Gehörgangs bekannt, können sie in Form einer Entzerrungsfunktion berücksichtigt werden. Üblicherweise werden Übertragungseigenschaften des Gehörgangs entweder durch ein Modell eines mittleren Gehörgangs angenommen oder aber durch eine Schalldruckmessung im Gehörgang bestimmt. Darüber hinaus existieren auch Verfahren zur Vorhersage der Übertragungseigenschaften auf Grundlage einer Impedanzmessung [1] oder einer Schalldruckmessung [2] im Gehörgang.

Die verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Übertragungseigenschaften führen teilweise zu erheblichen Unterschieden in den Entzerrungsfunktionen. In einer Pilotstudie mit 3 erfahrenen Hörgeräteträgern wurde nun untersucht, in wie weit diese Unterschiede wahrgenommen werden können.

Methodik

In der vorliegenden Studie wurde ein Vorgehen gewählt, bei dem die Probanden verschiedene Darbietungen über Hörgeräte in Bezug zu einer Freifelddarbietung beurteilen sollten, ähnlich wie in [3].

Bestimmung der Entzerrungsfunktion

Die Entzerrungsfunktionen für die Hörgerätedarbietungen in diesem Experiment resultieren aus einer Freifeldübertragungsfunktion $\underline{H}_{FF} = \hat{p}_{TF}/\hat{u}_{LS}$ mit dem Schalldruck am Trommelfell \hat{p}_{TF} relativ zur Spannung am Freifeldlautsprecher \hat{u}_{LS} und einer Gehörgangsübertragungsfunktion $\underline{H}_{GG} = \hat{p}_{TF}/\hat{u}_{Rec}$ mit der Spannung \hat{u}_{Rec} am Hörgerätereceiver nach

$$EQ = \frac{\underline{H}_{FF}}{\underline{H}_{GG}} . \quad (1)$$

Hier und im folgenden sind komplexe Größen durch einen Unterstrich gekennzeichnet und es wird generell von einer Frequenzabhängigkeit ausgegangen.

Die Gehörgangsübertragungsfunktion wurde nach den folgenden Methoden bestimmt:

1. Messung der Übertragungsfunktion am Trommelfell, wobei der Schlauch des Sondenmikrofons durch die geschlossene Otoplastik geführt und unmittelbar vor dem Trommelfell platziert wurde.

2. Vorhersage nach einem individuellen Gehörgangsmodell, basierend auf einer Impedanzmessung mit einem unabhängigen Quellenmodell nach [1].
3. Vorhersage nach einem individuellen Gehörgangsmodell und einem Quellenmodell, basierend auf einer Schalldruckmessung im Gehörgang nach [2].
4. Vorhersage durch ein Ohrsimulatormodell nach [4] mit unabhängigen Quellenmodell nach [1].

Zusätzlich zu den verschiedenen Gehörgangsübertragungsfunktionen wurden auch insgesamt drei auf unterschiedliche Weise bestimmte Freifeldübertragungsfunktionen verwendet. Es wurden eine mittlere Freifeldübertragungsfunktion $\underline{H}_{FF,m}$ nach [5], eine individuell gemessene $\underline{H}_{FF,i}$ und eine teilindividualisierte Übertragungsfunktion $\underline{H}_{FF,ti}$ verwendet. Für die teilindividualisierte Übertragungsfunktion wurde die Transformation vom freien Schallfeld zum Hörgerätemikrofon MLE (microphone location effect) gemessen. Dies wurde zum einen an einer Messpuppe (Typ KEMAR, Knowles inc.) durchgeführt (\underline{MLE}_m). Zum anderen wurde dies am individuellen Probandenohr durchgeführt (\underline{MLE}_i). Die teilindividualisierte Freifeldübertragungsfunktion wurde dann berechnet nach

$$\underline{H}_{FF,ti} = \underline{H}_{FF,m} \frac{\underline{MLE}_i}{\underline{MLE}_m} . \quad (2)$$

Testaufbau

Die drei Probanden hatten einen symmetrischen Hörverlust ohne Schalleitungskomponente. Die Hörschwelle lag bei 125 Hz im Bereich 15...50 dB HL und fiel zu hohen Frequenzen ab bis auf 70...85 dB HL bei 8 kHz. Alle Probanden wiesen ein Recruitment auf. Ein Proband hatte relativ kleine Gehörgänge, die Querschnittsflächen im 1. Knick betragen hier 62 mm² links und 65 mm² rechts. Die anderen beiden Probanden hatten mit Querschnittsflächen im 1. Knick zwischen 104 mm² und 108 mm² große Gehörgänge.

Die Hörgeräteversorgung erfolgte mit dem Master Hearing Aid (MHA) der Hörtech gGmbH, einer PC-basierten Audiosignalverarbeitungsplattform mit HdO-Hörgerätedummies. Bei der Hörgerätedarbietung wurden die Signale ohne Verwendung der Hörgerätemikrofone über den Receiver abgespielt. Die Hörgeräteverstärkung wurde bestimmt nach der Vorschrift Camfit für mehrkanalige Kompression [6].

Während des Testes saß die Versuchsperson in einer Hörkabine 1,3 m entfernt vom Lautsprecher (Typ Genelec 1031A, Genelec Oy). Als Testsignale wurden ein Text ("Der Nordwind und die Sonne", weibliche Sprecherin)

und eine Passage einer Sonate für Violine und Klavier verwendet. Zu Beginn eines Testdurchlaufes wurden der Versuchsperson zunächst beide Signale über den Lautsprecher vorgespielt. Danach wurde die Versuchsperson aufgefordert, die Hörgeräte einzusetzen und die so dargebotenen Signale in Bezug zur Lautsprecherdarbietung auf einer Skala von 0 bis 10 zu bewerten.

Beim ersten von zwei Terminen ging es darum geeignete Attribute zu den Unterschieden zwischen den Entzerrungsfunktionen zu finden. Daher wurden bei diesem Termin nur vier Entzerrungsfunktionen ($\underline{H}_{FF,ti}/\underline{H}_{GG,2}$, $\underline{H}_{FF,m}/\underline{H}_{GG,2}$, $\underline{H}_{FF,i}/\underline{H}_{GG,1}$ und $\underline{H}_{FF,m}/\underline{H}_{GG,1}$) dargeboten, für die nach folgenden Attributpaaren gefragt wurde: leise-laut, unnatürlich-natürlich, hart-weich, dumpf-hell, unklar-klar, dünn-voll und schlecht-gut. Hierbei waren die Ergebnisse wenig differenziert. Die Attribute Lautheit, Natürlichkeit und gesamt Präferenz schienen jedoch die geeignetsten für eine weitere Beurteilung zu sein. Nach diesen drei Attributen wurden dann beim zweiten Termin gefragt, wobei als Entzerrungsfunktionen alle Kombinationen von \underline{H}_{FF} und \underline{H}_{GG} bis auf $\underline{H}_{FF,i}/\underline{H}_{GG,2}$ und $\underline{H}_{FF,i}/\underline{H}_{GG,3}$ dargeboten wurden.

Ergebnisse

Abb. 1 zeigt die Ergebnisse der Skalierungen zur Lautheit, zur Natürlichkeit und zur Gesamt-Präferenz. Die Ergebnisse sind als Mittelwerte über die Versuchspersonen mit Standardabweichungen dargestellt.

Die Lautheit wurde für beide Signale sehr ähnlich bewertet, wobei die Streuung für Sprache meist geringer ist als für Musik. Desweiteren zeigt sich für die Lautheit, dass die Hörgerätedarbietung fast immer lauter als die Freifelddarbietung beurteilt wurde und dass die mittlere Freifeldübertragungsfunktion gegenüber der individuellen und der teilindividualisierten leiser beurteilt wurde. Die Bewertung der Natürlichkeit streut sehr. Überraschend ist hier, dass die teilindividualisierte Freifeldübertragungsfunktion gegenüber der individuellen besser bewertet wird. Dieser Unterschied ist für Sprache mit der gemessenen Gehörgangsübertragungsfunktion sogar sehr deutlich.

Bei der Bewertung der Gesamt-Präferenz fällt auf, dass die Entzerrung mit individuellen Gehörgangsmodellen bei Sprache besser bewertet wurde als die Entzerrung mit der gemessenen Gehörgangsübertragungsfunktion.

Schlußfolgerungen und Ausblick

Die Beurteilung verschiedener Hörgeräte-Entzerrungsfunktionen in Bezug zur Freifelddarbietung zeigt anhand der ersten Versuche mit nur drei Probanden noch keine klaren Unterschiede bezüglich der Natürlichkeit und der Gesamt-Präferenz. Allerdings zeigen sich bei diesen Attributen durchaus Unterschiede in der Beurteilung bei Darbietung von Sprache und von Musik. Unterschiede in der Lautheit werden zwischen den Probanden und auch für beide Signale scheinbar ähnlich wahrgenommen.

Weiter Untersuchungen sollen an einem größeren Kollektiv durchgeführt werden, dabei wird auf eine große anatomische Variabilität der Gehörgänge der Probanden Wert gelegt und es werden dann die Attribute Lautheit, Natürlichkeit und Gesamt-Präferenz abgefragt werden.

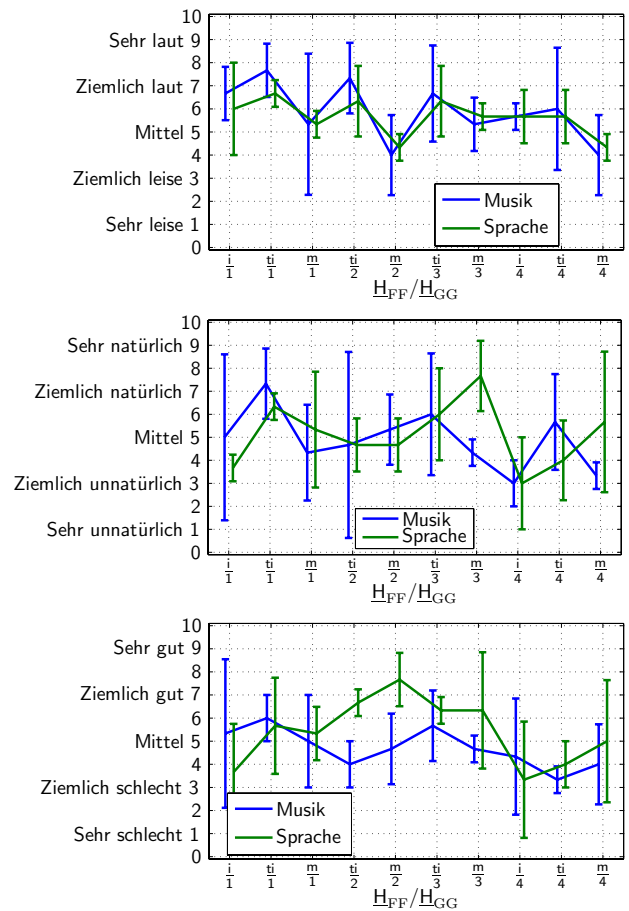


Abbildung 1: Skalierungswerte *oben* zur Lautstärke, in der *Mitte* zur Natürlichkeit und *unten* zur Gesamt-Präferenz jeweils im Vergleich zur Freifelddarbietung, dargestellt als Mittelwerte mit Standardabweichungen über die drei Versuchspersonen. Hier bezeichnet i die individuelle, ti die teilindividualisierte und m die mittlere Freifeldübertragungsfunktion, die Gehörgangsübertragungsfunktionen sind mit 1 (gemessen), 2 (impedanzbasiert) 3 (schalldruckbasiert) und 4 (Ohrsimulationsmodell) bezeichnet.

Danksagung

Diese Untersuchung wurde von der Audiologieinitiative Niedersachsen gefördert.

Literatur

- [1] Blau, M.; Sankowsky, T.; Roeske, P.; Mojallal, H.; Teschner, M. und Thiele, C. Prediction of the sound pressure at the ear drum in occluded human cadaver ears ACUSTICA/acta acustica, 2010, 96, 554-566
- [2] Schmidt, S. und Hudde, H. Messung von Isophonen mit Bezug auf den Schalldruck am Trommelfell DAGA, 2008
- [3] Sankowsky, T.; Rasumow, E.; Blau, M. und Plotz, K. Subjektiver Vergleich individueller Entzerrungsfunktionen für Hörgeräte mit geschlossenen Otoplastiken DAGA 2010, 2010
- [4] IEC 60318-4, I. Electroacoustics - Simulators of Human Head and Ear - Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by ear inserts. 2007
- [5] Blau, M.; Sankowsky, T.; Stirnemann, A.; Oberdanner, H. und Schmidt, N. Acoustics of Open Fittings Acoustics, 2008, 711-716
- [6] Moore, B.; Alcántara, J.; Stone, M. und Glasberg, B. Use of a loudness model for hearing aid fitting: II. Hearing aids with multi-channel compression. British Journal of Audiology, 1999, 33, 157-70