

# Bestimmung der optimalen Schrittweite für Parameteränderungen im Rahmen der interaktiven Hörgerätefeinanpassung

J. Kießling, S. Margolf-Hackl, J. Denkert, M. Latzel\*, M. Müller

Funktionsbereich Audiologie, Hals-Nasen-Ohrenklinik der Universität Gießen, \* jetzt: Siemens Audiologische Technik GmbH, Erlangen

## 1. Einleitung

Der Ablauf einer Hörgeräteanpassung, deren Konzept sich, im Gegensatz zu den rein schwellenbasierten Verfahren, durch ein möglichst hohes Maß an Individualisierung auszeichnet, ist etwa wie folgt vorstellbar:

- *Schritt 1* (LoudFit<sub>total</sub>): Basisanpassung der eingangspegelabhängigen Frequenzgänge mit dem Ziel der Wiederherstellung der normalen Lautheit für Schmalbandreize (z. B. bei 0,5, 1,5, 4 und 6 kHz)
- *Schritt 2* (LoudFit<sub>plus</sub>): Applikation von frequenz- und eingangspegel-spezifischen Korrekturen zur Berücksichtigung von Aufwärtsverdeckung, Lautheitssummati-on in benachbarten Frequenzbändern etc.
- *Schritt 3*: Interaktive Feinanpassung unter Verwendung von Meta-Stellern, die die Hörgeräte-Einstellparameter in gekoppelter Form verstellen
- *Schritt 4*: Verifikation und Validierung.

Die vorliegende Studie befasst sich mit der Erforschung von Grundlagen von Schritt 3, speziell mit der Definition so genannter „Meta-Steller“ und der individuellen Bestimmung der optimalen Schrittweite für Parameteränderungen. Unter dem Begriff Meta-Steller versteht man eine audiologisch sinnvolle Kopplung mehrerer Hörgeräte-Einstellparameter (z. B. Verstärkung als Funktion von Frequenz und Eingangspegel, damit auch von Kompression und Ausgangs-begrenzung, Regelzeiten, Störgeräusch- oder Rückkopplungsunterdrückung usw.), so dass sich bei Betätigung des betreffenden Meta-Stellers im Hintergrund mehrere Einstellparameter in gekoppelter Weise ändern. Eine derartige Kopplung von Aktionen hat den Vorteil, dass nur „sinnvolle“ Einstellungskombinationen möglich sind, und der Nutzer nicht mehrere Einzelaktionen unabhängig voneinander durchführen muss, wie man es von den Anweisungen der gängigen Anpassassistenten der Hörgerätehersteller kennt. Für den einfachen Fall der Optimierung der Lautheit bietet sich als primitivster Meta-Steller ein globaler Verstärkungssteller an. Ein etwas intelligenterer Ansatz wäre die Nutzung frequenz- und/oder pegelabhängiger Verstärkungsänderungen im Sinne von Meta-Stellern

zur Optimierung des Klangs (allgemein / eigene Stimme) oder der Sprachverständlichkeit (in Ruhe / im Störschall).

Mit derartigen Meta-Stellern kann sich der Hörgerätenutzer seine Hörgeräte - aufsetzend auf die lautheitsbasierte Grundanpassung - mit Hilfe strukturierter Paarvergleiche (Tournament, Simplex, Round-Robin, etc.) und unter Nutzung simulierter Hörsituationen in der Anpasskabine interaktiv feinanpassen. Für dieses Prozedere ist es wichtig, individuell optimierte Schrittweiten zu wählen: einerseits fein genug, um die bestmögliche Einstellung zu realisieren und andererseits groß genug, um dem Hörgeräteträger deutlich wahrnehmbare Änderungen der Einstellung zu präsentieren.

## 2. Probanden und Methode

Es wurden für einige einfache Meta-Steller JND-Untersuchungen (Just Noticeable Difference, also gerade wahrnehmbare Änderungen) an je 10 Normalhörenden und 10 Schwerhörigen mit mittelgradigen Schallempfindungsstörungen mit Hilfe eines 3-AFC-Verfahrens durchgeführt. Die Kopfhörer-Darbietung der Schallbeispiele (Göttinger Testsatz in Ruhe/im Störgeräusch, Breitbandrauschen., Musik) erfolgte über das im Kompetenzzentrum HörTech entwickelte, PC-basierte Master Hearing Aid (MHA). Das MHA ermöglicht in der vorliegenden Implementation auf der Basis einer fein gegliederten Verstärkungstabelle (100 Eingangspegel x 11 Frequenzbänder) die exakte Realisierung beliebiger Zielverstärkungen. Die Schwerhörigen erhielten für die JND-Messungen zur Kompensation ihres Hörverlusts eine Verstärkung im Sinne von LoudFit<sub>total</sub> (Schritt 1); den Normalhörenden wurde keine zusätzliche Verstärkung angeboten.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 JND für Meta-Steller „Lautheit“

Im ersten Teil der Studie wurden die JNDs für frequenz- und eingangspegelunabhängige, globale Pegeländerungen (?L) bei monauraler Darbietung von Schmalbandrauschen (500, 1500 und 4000 Hz)

untersucht. Die Mittelwerte der JNDs sind in Abb. 1 dargestellt. Sie liegen bei etwa 2 dB, wobei Schwerhörige tendenziell etwas niedrigere Werte erreichen als Normalhörende. Da der Einfluss anderer Parameter (Testfrequenz, Präsentationspegel im unteren/ oberen Dynamikbereich, Teststimulus oberhalb/ unterhalb der beiden Referenzreize im 3-AFC-Verfahren) unabhängig vom Hörvermögen ist, wurden die Daten der Normalhörenden und der Schwerhörigen für diese Zweck zusammengefasst. Es ergeben sich mit zunehmender Frequenz sowie mit zunehmendem Reizpegel leicht abnehmende JNDs, was für die Schwerhörigen recruitmentbedingt durchaus nachvollziehbar ist. Bei Approximation von unten an den Referenzpegel findet man kleinere JNDs als bei gegensinnigem Vorgehen.

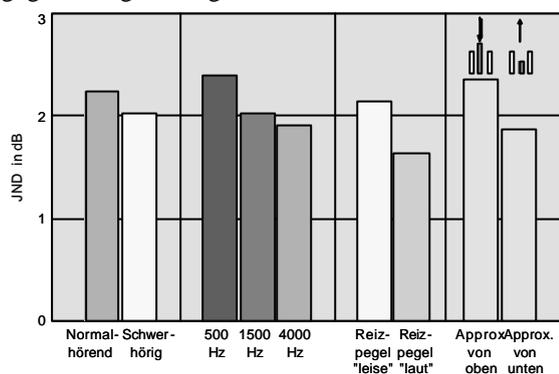


Abb. 1: JND für Meta-Steller „Lautheit“ bestimmt mit 3-AFC-Verfahren; Mittelwerte von 10 Normal- und 10 Innenohrschwerhörigen für Schmalbandrauschen

### 3.2 JND für Meta-Steller „Klang“

Im zweiten Teil der Studie wurden die JNDs für die vier Klangsteller Bassanhebung, Höhenanhebung, Basswaage und Höhenwaage (Abb. 2) für einen Göttinger Testsatz in Ruhe bzw. im Störgeräusch, Breitbandrauschen und eine kurze Sequenz klassischer Musik bestimmt.

Abb. 3 weist für diese Meta-Steller JNDs in der Größenordnung von 2-4 dB aus; die Resultate für Normal- und Schwerhörige sind sehr ähnlich. Tendenziell ergeben sich die größten JNDs für Musik, die kleinsten Werte für Breitbandrauschen. Dies gilt gleichermaßen für ein- und beidohrige Darbietung, wobei die beidohrige Präsentation eine bessere Differenzierbarkeit erlaubt. Die JNDs nehmen von der Bassanhebung, über die Höhenanhebung und die Basswaage bis hin zur Höhenwaage graduell ab. Alle diese gemessenen Effekte decken sich gut mit den subjektiven Bewertungen der Probanden bezüglich der Wahrnehmbarkeit der Klangänderungen.

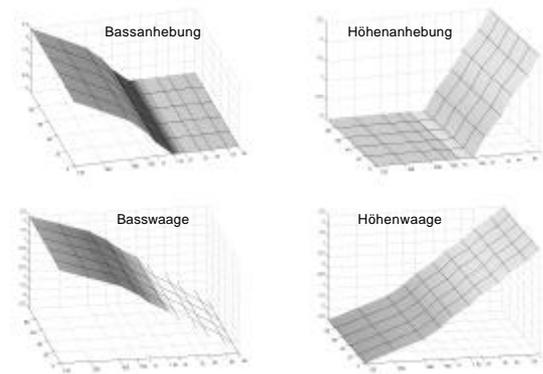


Abb. 2: Mögliche Realisationen von Meta-Stellern „Klang“

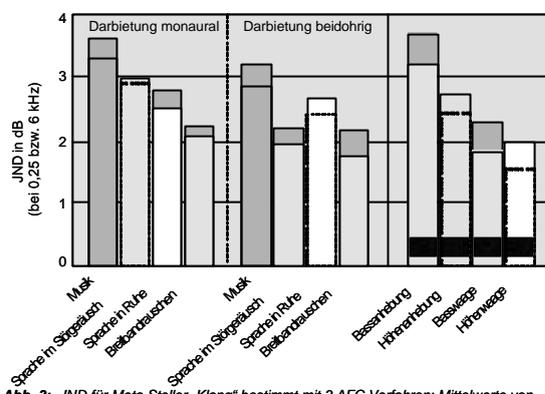


Abb. 3: JND für Meta-Steller „Klang“ bestimmt mit 3-AFC-Verfahren; Mittelwerte von 10 Innenohrschwerhörigen (Mediane von 10 Normalhörenden in Grau dahinter)

### 3.2 JND für Meta-Steller „Sprachverstehen“

In einer dritten Untersuchungsreihe wurden die JNDs für vier verschiedene Realisationsformen einer selektiven Verstärkungsanhebung bei 3 kHz (s. Abb. 4) gemessen. Die Erprobung derartiger 3-kHz-Anhebungen ist durch die praktische Erfahrung mit realen Hörgeräten motiviert, die vermuten lassen, dass dadurch das Sprachverstehen speziell im Störgeräusch beeinflusst werden kann, ohne wahrnehmbare Klangänderungen zu verursachen. Sofern die spätere Validierung das bestätigen sollte, hätte man damit idealer Weise einen Meta-Steller „Sprachverstehen“ an der Hand, der orthogonal zum Meta-Steller „Klang“ wäre.

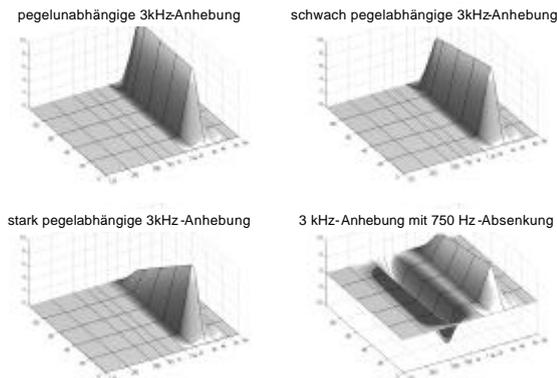


Abb. 4: Mögliche Realisationen von Meta-Stellern „Sprachverstehen“

Wie die Abb. 5 zeigt, liegen die JNDs für die 3 kHz-Anhebungen bei etwa bei 4-5 dB; 68 % aller Messwerte fallen in den Bereich von 3 bis 6 dB. Erwartungsgemäß ergeben sich für die beiden pegelunabhängigen Meta-Steller (Nr. 1 und 4) die kleinsten JNDs, da sich die Pegelangaben für alle vier Steller auf die maximale Anhebung bei niedrigen Eingangspegeln beziehen, d. h. die effektive Anhebung im Bereich mittlerer Eingangspegel wird wesentlich vom Grad der Pegelabhängigkeit bestimmt. Der Einfluss des gewählten Schallbeispiels ist ebenfalls in Abb. 4 dargestellt: demzufolge werden für das Musikbeispiel, das sich durch besondere Breitbandigkeit auszeichnet, tendenziell die kleinsten, für das dynamikreiche Musiksample dagegen die größten JNDs gemessen. In diesem Kontext ist anzumerken, dass die Musikbeispiele in die Untersuchungen dieses mutmaßlichen Meta-Stellers „Sprachverstehen“ einbezogen wurden, um im Rahmen der noch ausstehenden Validierung neben den Auswirkungen auf das Sprachverstehen auch den Einfluss dieses Stellers auf die Klangwahrnehmung unter dem Aspekt der Orthogonalität zum Meta-Steller „Klang“ studieren zu können.

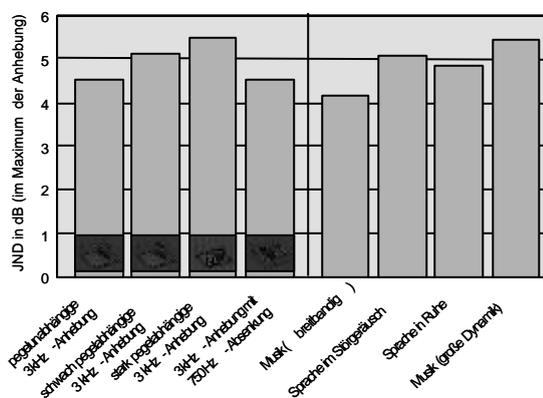


Abb. 5: JND für Meta-Steller „Sprachverstehen“ bestimmt mit 3-AFC-Verfahren; Mittelwerte von 10 Innenohrschwerhörigen

## 4. Zusammenfassung und Konsequenzen

In der vorliegenden Studie wurden verschiedene Meta-Steller im Hinblick auf die interaktive Feinanpassung von Hörgeräten definiert und in einer ersten Realisierungsstufe die kleinsten wahrnehmbaren Schrittweiten (JNDs) für folgende Meta-Steller mit einem 3-AFC-Verfahren gemessen:

- “Lautheit”
- “Klangqualität”
- “Sprachverstehen”

Die JNDs für die hier verwendeten Meta-Steller liegen in der Größenordnung von 2-5 dB. Solche individuellen JND-Messungen scheinen für die Nutzung im Rahmen einer interaktiven Feinanpassung sinnvoll, um das Arbeiten mit zu großen (unpräzise) oder zu kleinen (werden nicht wahrgenommen) Schrittweiten bei der Änderung von Einstellparametern zu vermeiden.

Die Erfahrungen dieser Studie lassen erkennen, dass auch psychoakustisch ungeübte Probanden durchaus in der Lage sind, mit derartigen Meta-Stellern zu arbeiten. Allerdings bedarf es der sorgfältigen Instruktion und besonderer Motivation, um zuverlässige JND-Messwerte zu erhalten. Es hat sich gezeigt, dass die Wahl der verwendeten Schallbeispiele von besonderer Bedeutung ist und die Ergebnisse beeinflusst. Eine synchrone beidohrige Beschallung für Zwecke der JND-Bestimmung und damit auch für den späteren Einsatz im Rahmen der Feinanpassung ist zu bevorzugen, da

- die gemessenen JNDs kleiner sind als bei monauraler Beschallung und damit eine feinere Anpassung ermöglichen
- die Differenzierbarkeit bei beidohriger Präsentation als besser empfunden wird und damit weniger belastend sein dürfte und
- sich der Zeitaufwand halbiert.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen soll das Meta-Steller Konzept im Rahmen weiterer Studien validiert und optimiert werden, um es dann ggf. in einem interaktiven Verfahren zur Hörgerätefeinanpassung (HörTech Advanced Fitting) nutzen zu können.

Die Studie wurden im Rahmen des vom BMBF geförderten Kompetenzzentrums Hörgerätesystemtechnik durchgeführt ([www.HoerTech.de](http://www.HoerTech.de))