

Anpassung von Hochtonsteilabfällen mithilfe psychoakustischer Modelle

J. Chalupper, R. Kasanmascheff

Siemens Audiologische Technik, Erlangen, Josef.Chalupper@siemens.com

Einleitung

Bei der Anpassung von Hochtonsteilabfällen müssen besondere Randbedingungen beachtet werden. Aufgrund des geringen Hörverlusts bei niedrigen Frequenzen und der daraus resultierenden niedrigen Verstärkung, nehmen Schwerhörige mit einem Hochtonsteilabfall die eigene Stimme aufgrund des Okklusionseffekts als besonders unangenehm wahr. Dieses Problem kann durch eine offene Versorgung weitgehend gelöst werden. Eine offene Versorgung bringt jedoch wiederum eigene Nachteile mit sich: erhöhte Rückkopplungsneigung und Kammfiltereffekte aufgrund der Interaktion von Direkt- und Hörgeräteausgangsschall. Darüberhinaus steht häufig nur ein schmaler Frequenzbereich („Übergangsbereich“) für eine wirksame Verstärkung zur Verfügung. Bei tiefen Frequenzen ist aufgrund des geringen Hörverlusts eine Verstärkung nicht sinnvoll, während bei hohen Frequenzen der Hörverlust bei Hochtonsteilabfällen so hochgradig sein kann, dass eine ausreichende Verstärkung nicht realisiert werden kann oder die übertragene Information nicht für das Sprachverstehen genutzt werden kann. Aufgrund dieser vielfältigen Anforderungen sind bei der Anpassung von Hochtonsteilabfällen häufig mehrere Iterationen nötig, um eine optimale individuelle Hörgeräteeinstellung zu finden. In diesem Beitrag wird deshalb eine Methode („OPEN“) vorgestellt, die mithilfe eines mathematischen Optimierungsverfahren eine Zielverstärkung berechnet, welche die oben aufgeführten Aspekte in einem Schritt berücksichtigt.

Theoretischer Hintergrund

In den letzten Jahren wurden von mehreren Forschergruppen Studienergebnisse vorgelegt, die daraufhindeuten, dass insbesondere bei Hochtonsteilabfällen Verstärkung bei sehr

hohen Frequenzen häufig nur einen sehr geringen oder gar keinen Nutzen für den Schwerhörigen hat (Hogan und Turner, 1998; Ching et al., 1998; Vickers et al., 2001) Ching et al. konnten zeigen, dass Schwerhörige mit einem Hörverlust von 60 dB HL bei 4 kHz weniger als 40% der hörbaren Anteile von Sprache tatsächlich zum Verstehen nutzen können. Dagegen trägt dieser Anteil bei 2 kHz (wie auch bei Normalhörenden) nahezu 100%. Die Gründe hierfür („Desensitization“) werden einerseits in „toten Regionen“ auf der Basilarmembran und andererseits in der „auditorischen Deprivation“ vermutet. Letzteres meint die Entwöhnung des auditorischen Cortex von hohen Frequenzen und ist möglicherweise reversibel (z.B. durch Hörtraining). Interessanterweise ist gerade der

Frequenzbereich um 3 – 4 kHz gleichzeitig besonders empfindlich gegenüber Rückkopplung (s. Abb. 1).

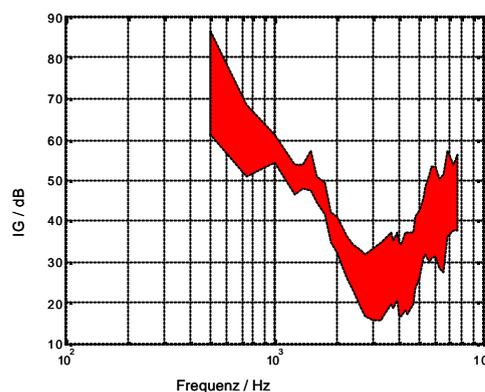


Abbildung 1: Verteilung der maximal möglichen rückkopplungsfreien Verstärkung bei offener Anpassung.

Prinzipiell ist es möglich, durch adaptive Filter Rückkopplungen ohne Verstärkungsverlust zu unterdrücken („phase cancellation“) – allerdings auch nicht unbegrenzt: Die maximale zusätzliche Verstärkung durch derartige Systeme beträgt etwa 10 – 15 dB. Da der akustische Rückkopplungspfad im Alltag aufgrund von Kauen, Gähnen und reflektierenden Flächen (wie Hüte, Fenster etc.) um etwa denselben Betrag variiert, muss – um Rückkopplungsfreiheit im Alltag garantieren zu können – die Anpassung beim Hörgeräteakustiker (stationärer Fall, „best case“) auch ohne adaptive Rückkopplungsunterdrückungssysteme stabil sein. Da die maximal mögliche rückkopplungsfreie Verstärkung bei offener Anpassung interindividuell bis zu 20 dB variieren kann (s. Abb.2), sollte es bei der Berechnung der Zielverstärkung möglich sein, eine individuell gemessene open-loop-gain (OLG, entspricht der maximal möglichen rückkopplungsfreie Verstärkung) zu berücksichtigen.

Berechnung der Zielverstärkung

„OPEN“ berechnet die Zielverstärkung im Wesentlichen in drei Schritten.

1. Schritt:

Ausgangszielverstärkung berechnen. Dieses basiert auf NAL-NL1, ist jedoch in der Verstärkung reduziert.

2. Schritt:

Die Ausgangszielverstärkung wird gemäss OLG begrenzt (s. Abb.2a). Falls keine individuelle OLG-Messung vorliegt, wird eine statistische Kurve herangezogen, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% sicherstellt, dass nach der Anpassung keine Rückkopplung auftritt.

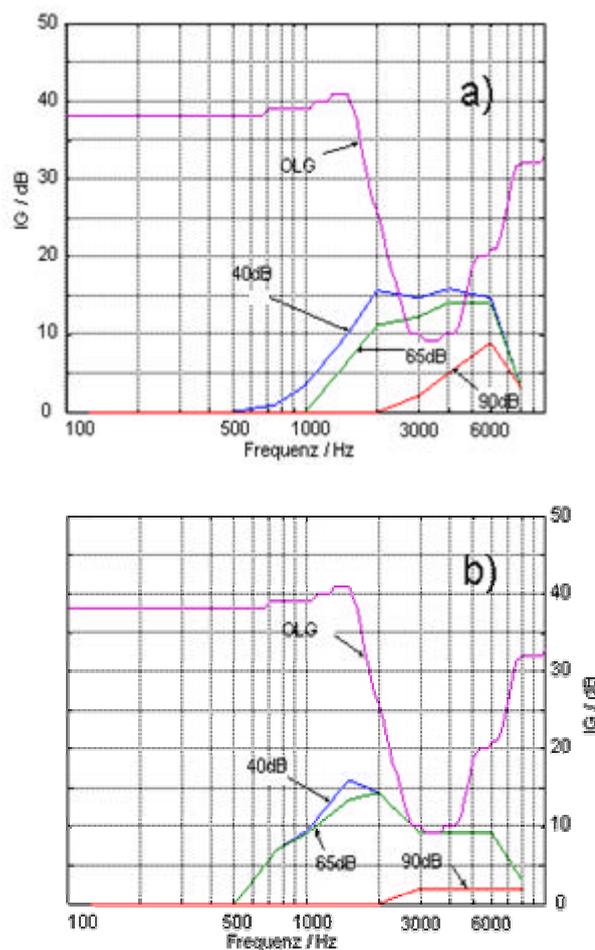


Abbildung 2: Berechnung der Zielverstärkung. Die Ausgangszielverstärkung wird zunächst begrenzt (a) und danach eine neue Zielverstärkung berechnet, welche die Sprachverständlichkeit maximiert (b).

3. Schritt:

Falls die Ausgangszielverstärkung reduziert werden muss (bei allen Frequenzen, an denen die OLG überschritten wird), versucht OPEN die Sprachverständlichkeit zu maximieren, ohne die Lautstärke der Ausgangszielverstärkung zu überschreiten. Für diese Optimierung werden psychoakustische Modelle der Sprachverständlichkeit (Ching et al, 1998) und Lautstärke (Chalupper und Fastl, 2002) verwendet, die an

den individuellen Hörverlust automatisch angepasst werden. Das Resultat dieser Optimierung hängt stark vom Hörverlust und der OLG ab, häufig ist eine Verschiebung der Verstärkung zu niedrigeren Frequenzen (wie in Abb.2) zu beobachten.

Erste Ergebnisse klinischer Studien zeigen, dass auch ohne individuelle OLG-Messung, im Vergleich zu traditionellen Anpassstrategien mit OPEN dieselbe Sprachverständlichkeit in Ruhe und im Störgeräusch, eine erhöhte Spontanakzeptanz und eine wesentlich reduzierte Rückkopplungsneigung bei Hochtonsteilabfällen mit offenen Otoplastiken („LifeTip“) erreicht wird.

Zusammenfassung

Eine neue Anpassmethode („OPEN“) für die Versorgung von Hochtonsteilabfällen mit offenen Otoplastiken wurde vorgestellt. Im Wesentlichen wird hierbei ausgehend von einer Ausgangszielverstärkung (basierend auf NAL-NL1) mithilfe eines Sprachverständlichkeitsmodells und eines Lautheitsmodells die Verstärkung im Übergangsbereich so modifiziert, dass die Sprachverständlichkeit bei angenehmer Lautstärke maximal wird und die Anpassung ohne adaptive Rückkopplungsunterdrückungssysteme rückkopplungsfrei ist. Erste Untersuchungen mit diesem neuen Anpassverfahren zeigen vielversprechende Ergebnisse.

Literatur

- Hogan, C.A., and Turner, C.W. (1998). High frequency audibility: Benefits for listeners with high frequency hearing loss. *Journal of the Acoustical Society of America*, 104, 432-441.
- Ching, T., Dillon, H. and Byrne, D. (1998), Speech recognition of hearing impaired listeners: Predictions from audibility and the limited role of high frequency amplification. *J Acoust Soc Am*, 103, 1128-1140.
- Vickers, D. A., Moore, B. C. J., Baer, T. (2001): Effects of low-pass filtering on the intelligibility of speech in quiet for people with and without dead regions at high frequencies. *JASA* 110 (2), 1164-1175.
- Chalupper, J.,Fastl, H. (2002), Dynamic loudness model (DLM) for normal and hearing-impaired listeners. *ACUSTICA/acta acustica*, 88: 378-386