

Objektives Sound-Quality-Assessment für komplexe Hörtechniken

Georg Schmalfuß¹, Jörg Haubold²

ciAD, 44287 Dortmund, Deutschland

¹ Email: schmalfuss@audioquality.de

² Email: haubold@audioquality.de

Einleitung

Ein objektives Sound-Quality-Assessment hat das Ziel, die subjektive Beurteilung von Patienten hinsichtlich der akustischen Eigenschaften einer Hörtechnik vorherzusagen. Neben der Sprachverständlichkeit hat die auditive Angenehmheit für die Akzeptanz der Hörtechnik die größte Bedeutung. Ausgehend von den Anwendungsbereichen in der Hörakustik werden Anforderungen formuliert, die an Modelle zur Berechnung der auditiven Angenehmheit zu stellen sind. Aus diesem Blickwinkel wird eine Wertung verschiedener Ansätze gegeben.

Anwendungsbereiche

Die Anwendungsbereiche für psychoakustische Modelle der auditiven Angenehmheit umfassen die Entwicklung, die Anpassung und den praktischen Einsatz von Hörtechniken. Im Bereich der Forschung und Entwicklung ermöglichen sie eine Verringerung des experimentellen Aufwandes mit schwerhörenden Probanden. Signalverarbeitungsstrategien, Anpassvorschriften und Fein Anpassungsalgorithmen können effizienter entwickelt werden. Die optimale Anpassung komplexer Hörtechniken sollte durch Einsatz von objektiven Methoden des Sound-Quality-Assessments von der Voreinstellung über die Fein Anpassung bis hin zu einer abschließenden Qualitätskontrolle begleitet werden. Dies ist besonders wichtig, da eine individuelle Anpassung einer Vielzahl von Hörtechnikparametern an den Patienten erforderlich ist, jedoch dessen zeitlicher Belastbarkeit enge Grenzen gesetzt sind. Letztlich ist ein objektives Sound-Quality-Assessment als integraler, korrigierender Bestandteil adaptiver Hörtechniken im täglichen Einsatz möglich.

Anforderungen

Aus der Zusammenfassung der in [2], [8] und [10] aufgestellten Forderungen ergeben sich folgende allgemeine Merkmale des Modells:

- Verwendung von Zeitsignalen (Messsignal) als Eingangsgrößen des Modells,
- Veranschaulichung des Wahrnehmungsprozesses,
- Nachbildung bekannter Gehöreigenschaften,
- Modellierung kognitiver Effekte,
- hohe Genauigkeit,
- hohes Skalenniveau,
- Verwendung beliebiger Signaltypen.

Mit Blick auf den Anwendungsbereich Hörakustik werden diese Anforderungen nachfolgend genauer spezifiziert.

Als Besonderheit der Hörtechnikversorgung ist hervorzuheben, dass nur ein Messsignal (Ausgang der Hörtechnik) und kein gesichertes Referenzsignal existiert. Folglich sollte ein Modell zum objektiven Sound-Quality-Assessment kein Referenzsignal benötigen.

Über die Veranschaulichung des Wahrnehmungsprozesses hinaus muss das Modell in einer Weise interpretierbar sein, die ausgehend vom Prognosewert der auditiven Angenehmheit die Detektion seiner Ursachen und die Ableitung von Optimierungskenngrößen ermöglicht. Für die Nachbildung bekannter Gehöreigenschaften ist die Modellierung von Schwerhörigkeit wesentlich. Das Modell muss anhand etablierter audiologischer Daten anpassbar sein.

Durch die persönliche Betroffenheit des Patienten erhält die Modellierung kognitiver Effekte, die das Urteil des Probanden über Hörtechnikeinstellungen mitprägen, in der Praxis eine herausragende Bedeutung. Die Genauigkeit des Modells sollte mit der Urteilsgenauigkeit schwerhörender Probanden vergleichbar sein. Eine breite Validierung mit Praxisdaten ist erforderlich.

Die Anforderungen an das Skalenniveau der Vorhersagewerte unterscheiden sich je nach Einsatzbereich des Modells. Im Labor kann häufig ein Ordinalskalenniveau ausreichend sein, was einer Ermittlung von Präferenzen entspricht. Für die Hörtechnikanpassung ist das Intervallskalenniveau besser geeignet. Dieses erlaubt unter Nutzung der Information über die Größe des Abstandes von Ist und Soll eine schnellere Optimierung von Hörtechnikeinstellungen.

Anstelle beliebiger Signaltypen interessieren vorwiegend natürliche, alltagsrelevante Schalle und von diesen durch eine Prozessierung mit Hörgeräten abgeleitete Varianten. Technische und synthetische Schalle sind dagegen von untergeordneter Bedeutung.

Vergleich von Ansätzen

Auf Grund des Fehlens eines gesicherten Referenzsignals ist für die Hörakustik eine Unterscheidung von Verfahren ohne bzw. mit Referenzsignal besonders wichtig. Klassische Beispiele für Verfahren ohne Referenzsignal sind das von BRANDENBURG als NMR [3] realisierte Verfahren, der Wohlklang nach AURES [1] und die Lästigkeit nach WIDMANN [13]. Der Hörakustik näher stehende Modelle sind das OSSQAR nach BRAMSLØW [2] und das MCHI nach SCHMALFUß [8][9]. Das MCHI greift dabei als Besonderheit auf eine subjektive Angenehmheitsreferenz Normalhörender bezüglich des unprozessierten Originalschalles zurück. Das PEAQ [10][11][12] kombiniert Ansätze mit und ohne Referenzsignal. Zusätzlich existiert eine Unterscheidung nach impliziter oder expliziter Implementierung eines Modells. Implizite Verfahren mit neuronalen Netzen, wie

das OSSQAR und das PEAQ, erschweren im Gegensatz zu expliziten Verfahren (z. B. modifiziertes Verfahren nach HANSEN & KOLLMEIER [6] von HUBER [7] und MCHI) die Ableitung von Optimierungshandlungen. Das PEAQ bietet dabei auf Grund subjektiv interpretierbarer Teilmerkmale bessere Analysemöglichkeiten, als das OSSQAR.

Die Nachbildung von Gehöreigenschaften für Schwerhörende ist im Modell nach HUBER und im MCHI, dessen Vorverarbeitung auf dem DLM nach CHALUPPER [4] aufsetzt, am umfassendsten implementiert. Im OSSQAR werden dagegen Nachverdeckung und zeitliche Integration vernachlässigt. Das PEAQ ist auf Normalhörende ausgerichtet.

Das MCHI berücksichtigt im besonderen Maße kognitive Effekte, indem es auf den Kontext der Hörtechnikversorgung abgestimmt ist. Das Modell von HUBER berücksichtigt den kognitiven Effekt, dass fehlende Signalanteile weniger störend wirken, als zusätzliche Signalanteile [7].

Sowohl für das OSSQAR, das PEAQ, das Modell nach HUBER als auch das MCHI ist für spezifizierte Anwendungsfälle eine Genauigkeit nachgewiesen, die mit der Genauigkeit von Probandenurteilen vergleichbar ist. Die breite Validierungsbasis der Modellgenauigkeit mit Schwerhörenden unter den Bedingungen der Anpasspraxis spricht vor allen für das MCHI.

Von den hier betrachteten Verfahren zielen nur OSSQAR und MCHI auf Intervallskalenniveau ab. Dabei vernachlässigt das OSSQAR jedoch den Kontext.

Hinsichtlich der Signaltypen ist das MCHI das geeignetste Modell. Zu seiner Entwicklung wurden 48 verschiedene Alltagsschalle, prozessiert mit 3470 realen Hörgeräte-einstellungen, herangezogen. Zu beachten ist, dass zu jedem Originalschall (nicht jedoch zu jeder Signalmanipulation) eine subjektive Angenehmkeitsreferenz von Normalhörende benötigt wird. Die Anpassung des neuronalen Netzes von OSSQAR beruht auf vier Schallen (Musik und Sprache, jeweils ungestört und gestört) in 64 Varianten mit drastischen Hörteichneinstellungen (Aktivieren/Deaktivieren von Frequenzbändern, breitbandige Begrenzungskompression). Andere Modelle orientieren besonders oder ausschließlich auf Musik (PEAQ), Sprache [6], technische Schalle [13] oder kurze Einzelereignisse mit ausgeprägten psychoakustischen Merkmalen [1].

Wertung und Perspektiven

Anhand der aufgestellten Kriterien weisen unter den betrachteten Modellen das MCHI und das OSSQAR das größte Potenzial für die Prädiktion der auditiven Angenehmheit im Rahmen eines objektiven Sound-Quality-Assessments im Bereich der Hörakustik auf.

Die Entwicklungsperspektiven des MCHI liegen vor allem im fakultativen Ersatz der subjektiven Angenehmkeitsreferenz des Originalschalles durch ein geeignetes Normalhörendenmodell. Damit kann das MCHI auch für Signale aus unbekanntem Originalschallen eingesetzt werden. Zur Vorhersage allgemeiner Präferenzen zweier Schalle unter Störschallbedingungen ist die vom MCHI berechnete Ange-

nehmtheit mit einem Prognosewert für die Sprachverständlichkeit zu kombinieren [5].

Für das OSSQAR sind Reserven in der Berücksichtigung kognitiver Effekte, der Signaltypen, der psychoakustischen Vorverarbeitung und der Validierung mit Praxisdaten ersichtlich.

Literatur

- [1] Aures, W.: Berechnungsverfahren für den Wohlklang beliebiger Schallsignale. Diss. München 1984.
- [2] Bramsløw, L.: An Objective Estimate of the Perceived Quality of Reproduced Sound in Normal and Hearing Impaired Hearing. *J. Audio Eng. Soc.* **90** (2004), 1007-1018
- [3] Brandenburg, K.: Evaluation of Quality for audio encoding at low bit rates. *J. Audio Eng. Soc.*, Preprint 2433
- [4] Chalupper, S.; Fastl, H.: Dynamic Loudness Model (DLM) for Normal and Hearing-Impaired Listeners. *ACUSTICA/acta acustica*, **88** (2002), Nr. 3. Hirzel-Verlag, Stuttgart, 378-386
- [5] Fröhlich, M.; Haubold, J.; Schmalfuß, G.: Vorhersage von Klangqualität und -unterschieden für verschiedene Hörgeräte mittels MCHI. DAGA 2005
- [6] Hansen, M.; Kollmeier, B.: Objective modelling of speech quality with a psychoacoustically validated auditory model. *J. Audio Eng. Soc.* **48** (2000), 395-409
- [7] Huber, R.: Objective assessment of audio quality using an auditory processing model. Diss. Oldenburg 2003.
- [8] Schmalfuß, G.: Psychoakustische Methoden und Modelle zur Feinanpassung von Hörgeräten mit natürlichen Schallen. Diss. München 2004.
- [9] Schmalfuß, G.; Fröhlich, M.; Haubold, J.: Validierung eines psychoakustischen Modells zum Höreindruck „Angenehmheit“ für Schwerhörende (MCHI). In: Boenick, U.; Bolz, A. (Hrsg.): Beiträge zur 38. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE – BMT 2004, Fachverlag Schiele & Schön GmbH, Berlin: 2004, 904f
- [10] Thiede, T.: Gehörriichtige Qualitätsbewertung von Audiosignalen – Übersicht und Einschätzung der gegenwärtigen Verfahren. In: Bericht zur 18. Tonmeister-tagung, Karlsruhe 1994, 623-642
- [11] Thiede, T. et al.: PEAQ - der künftige ITU-Standard zur objektiven Messung der wahrgenommenen Audioqualität In: Bericht zur 20. Tonmeister-tagung, Karlsruhe 1998
- [12] Thiede, T. et al.: Peaq – The ITU standard for objective measurement of perceived audio quality. *J. Audio Eng. Soc.* **48** (2000), 3-29
- [13] Widmann, U.: Ein Modell der psychoakustischen Lästigkeit von Schallen und seine Anwendung in der Praxis der Lärmbeurteilung. Diss. München 1992.