

Anwendung eines internationalen Sprach-Testsignals zur Charakterisierung von Hörgeräten

Inga Holube, Martin Hansen, Stefan Fredelake, Monika Kappelmann

Institut für Hörtechnik und Audiologie, 26121 Oldenburg, Deutschland, Email: Inga.Holube@fh-oow.de

Einleitung

Die Hörgerätesignalverarbeitung hat sich in den letzten 10 Jahren maßgeblich weiter entwickelt. Ein wichtiger Aspekt dabei ist die signalabhängige Veränderung der frequenz- und pegelabhängigen Verstärkung, so dass in der Hörgerätemesstechnik bei Verwendung von standardisierten Messsignalen wie Sinustönen und Rauschsignalen nicht auf die Signalverarbeitung von Hörgeräten bei Sprache geschlossen werden kann. Aus diesem Grund müssen in der Messtechnik Sprache oder sprachähnliche Signale eingesetzt werden. Während der DAGA 2007 wurde ein internationales Sprach-Testsignal (ISTS) basierend auf sechs weiblichen Sprecherinnen vorgestellt (Holube et al., 2007). Das ISTS wurde inzwischen in der Hörgerätemesstechnik zur Charakterisierung von simulierten Hörgerätealgorithmen und von kommerziellen Hörgeräten eingesetzt. Erste Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

Verstärkung für verschiedene Eingangspegel

Zunächst wurde mit dem ISTS die Verstärkung bei drei verschiedenen Eingangspegeln (50, 65 und 80 dB) bestimmt. Dazu wurde das Langzeitspektrum der Sprache am Eingang von demjenigen am Ausgang des Hörgerätes subtrahiert. In Abb. 1 ist ein beispielhaftes Ergebnis für ein modernes digitales Hörgeräte dargestellt. Wie erwartet ergibt sich die geringste Verstärkung für den höchsten und die größte Verstärkung für den kleinsten Eingangspegel.

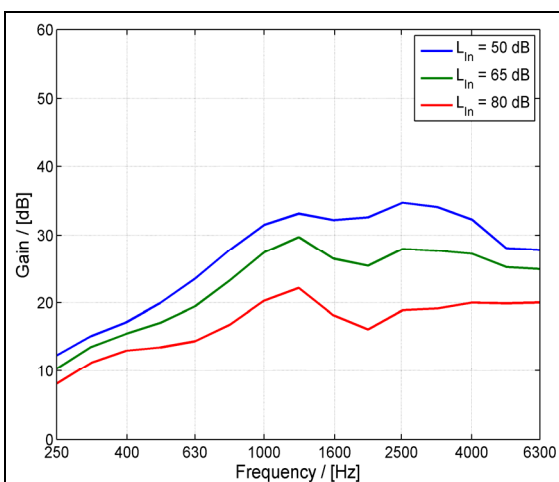


Abbildung 1: Verstärkung für drei verschiedene Langzeit-RMS-Eingangspegel.

Perzentilverteilung

Interessiert jedoch die Verstärkung für leise und laute Sprachanteile bei einem festen Eingangspegel (z.B. 65 dB SPL), so kann die Perzentilanalyse zu Hilfe genommen werden. Zur Erstellung der Perzentilanalyse wird der Pegel

des Signals in rechteckförmigen 125 ms langen Zeitfenstern (50% Überlapp) bestimmt. Das x%-Perzentil wird gemäß Definition von x% aller Kurzzeitpegel unterschritten oder erreicht, d.h. (100-x)% aller Kurzzeitpegel sind größer als das x%-Perzentil. Zur Bestimmung der Verstärkung für Perzentilpegel wird auf Vorschlag der ISMADHA-Arbeitsgruppe der EHIMA der Ausgangspegel aller Zeitfenster, deren Eingangspegel im Bereich von +/- 3 dB um das x%-Perzentil liegt, bestimmt und der entsprechende Eingangspegel subtrahiert. In Abb. 2 sind die Ergebnisse für drei verschiedene Perzentile und im Vergleich dazu die Verstärkung des Langzeitspektrums von Sprache (LTASS) bei einem Langzeit-RMS-Eingangspegel von 65 dB SPL wiederum exemplarisch für ein Hörgerät dargestellt. Auch hier ist zu erkennen, dass aufgrund der Dynamikkompression leise Sprachanteile mehr verstärkt werden als laute Sprachanteile. Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass nicht alle untersuchten Hörgeräte dieses Verhalten zeigen. Manche Hörgeräte weisen die gleiche Verstärkung für alle Sprachanteile und damit ein lineares Verhalten auf.

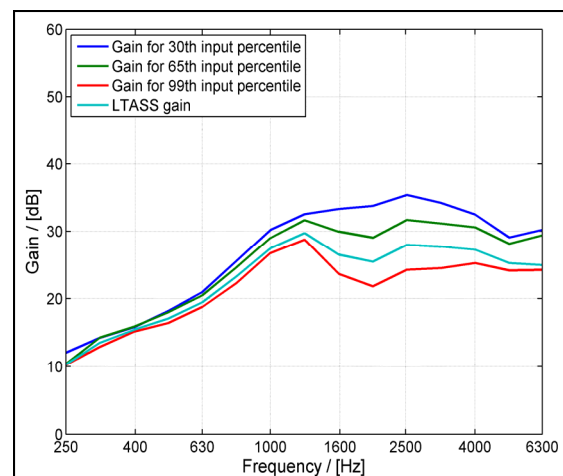


Abbildung 2: Verstärkung für drei verschiedene Perzentile und LTASS bei festem Langzeit-RMS-Eingangspegel von 65 dB SPL.

Effektives Kompressionsverhältnis

In der Vergangenheit wurde die Wirkung der frequenzabhängigen Dynamikkompression in Hörgeräten durch das Inverse der Steigung der statischen Kennlinie im Input-Output-Diagramm bei Verwendung von Sinustönen verschiedener Frequenz angegeben. Die so ermittelten Kompressionsverhältnisse (CR) wurden mit den vom Hersteller in der Software angegebenen Kompressionsverhältnissen verglichen (CR_{soft}). Abb. 3 zeigt das Ergebnis wiederum exemplarisch für ein Hörgerät. Bei Verwendung von Sprache ist jedoch eine solche einfache Berechnung des Kompressionsverhältnisses nicht möglich. Im Folgenden

werden verschiedene Berechnungsmethoden vorgestellt und verglichen.

Methode nach Elberling und Naylor ($Perc_{EINay}$)

Von Elberling und Naylor (1996) wurde eine Methode zur Bestimmung der effektiv wirksamen Kompression vorgeschlagen, bei der die oben beschriebenen Kurzzeitpegel des Eingangs- und Ausgangssignals im Input-Output-Diagramm aufgetragen werden und eine Regressionsgerade an die entstehenden Messwerte angepasst wird. Um deren Steigung bestimmen zu können, ist festzulegen, in welchem Pegelbereich die Gerade an die Kurzzeit-Pegelwerte angepasst werden muss. Verwendet man einen Pegelbereich von 18 dB unterhalb bis 12 dB oberhalb des Langzeit-RMS-Wertes, so erhält man nicht für alle Messsignale und alle Frequenzbereiche ein zufrieden stellendes Ergebnis. Alternativ könnte die Gerade in einem Bereich vom 30%- bis zum 99%-Perzentil des Eingangssignals an die Kurzzeitpegel angepasst werden. Diese Methode vermeidet die beschriebenen Probleme und ist als rote Gerade schematisch in Abb. 3 integriert.

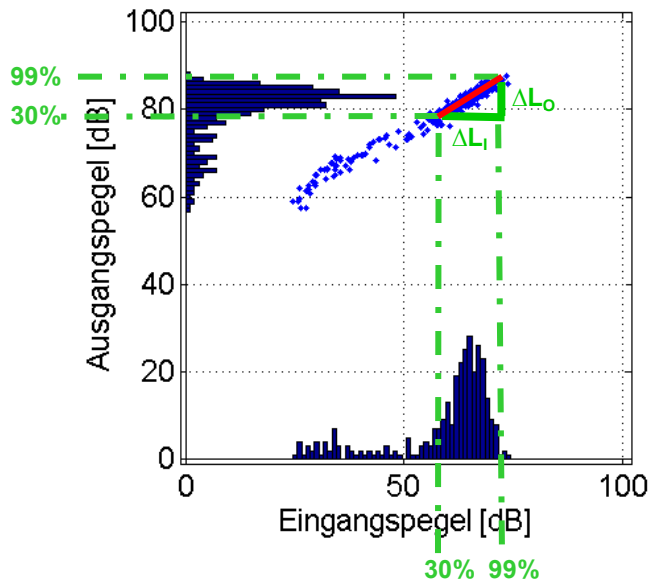


Abbildung 3: Bestimmung des effektiven Kompressionsverhältnisses, s. Text.

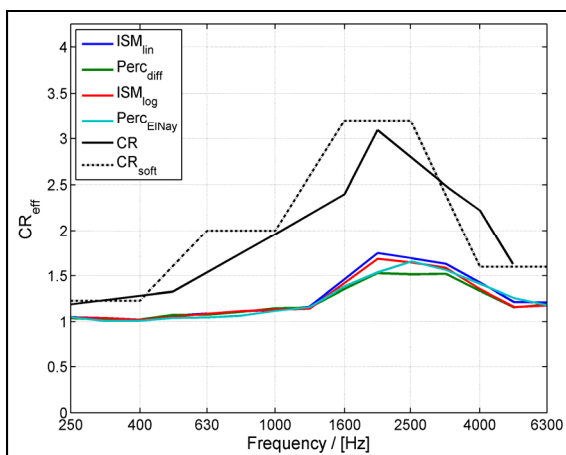


Abbildung 4: Frequenzabhängiges Kompressionsverhältnis gemäß unterschiedlicher Berechnungsmethoden, s. Text.

Perzentildifferenzmaß ($Perc_{diff}$)

Zur Berechnung eines weiteren Maßes ($Perc_{diff}$) wurden die Perzentilverteilungen des Eingangs- und Ausgangssignals unabhängig voneinander bestimmt. Für beide Verteilungen wurde jeweils (nur) das 30%- und das 99%-Perzentil ermittelt. Das effektive Kompressionsverhältnis ergibt sich dann aus dem Quotienten der Differenz des 99%- und des 30%-Perzentils der Eingangspegel (ΔL_i) zur Differenz des 99%- und des 30%-Perzentils der Ausgangspegel (ΔL_o). Dieses Verfahren ist ebenfalls schematisch in Abb. 3 dargestellt.

ISMADHA-Methode (ISM_{lin} und ISM_{log})

Alternativ dazu wurden die zur Bestimmung der Verstärkung ermittelten einander zugeordneten Eingangs- und Ausgangspegel analog zur Berechnung der Verstärkung (siehe oben) verwendet. Das effektive Kompressionsverhältnis ergibt sich aus dem Quotienten der Differenz zwischen den gemittelten Eingangspegeln der 99%- und der 30%-Perzentilen zu und den gemittelten Ausgangspegeln der 99%- und 30%-Perzentilen. Es bestehen jedoch zwei verschiedene mögliche Alternativen bei der Berechnung der Mittelwerte. Während von der ISMADHA-Arbeitsgruppe eine Mittelung der Verstärkung als lineare Größe vorgesehen ist (ISM_{lin}), könnte alternativ auch eine Mittelung der dB-Werte durchgeführt werden (ISM_{log}). Abb. 4 zeigt nur geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen Methoden zur Bestimmung des effektiven Kompressionsverhältnisses. Jedoch stellte sich bei der Betrachtung mehrerer Kompressionsverfahren und Hörgerätealgorithmen heraus, dass ISM_{lin} manchmal höhere effektive Kompressionsverhältnisse anzeigt als die übrigen drei Methoden. Dies ist darauf zurück zu führen, dass durch die Einschwingvorgänge der Dynamikkompression der Ausgangspegel insbesondere für das 30%-Perzentil höhere Schwankungen aufweist und die Mittelung der Leistung als lineare Größe empfindlich auf Ausreißer reagiert. Deshalb sollte ISM_{log} gegenüber ISM_{lin} bevorzugt werden.

Acknowledgement

Das ISTS wurde im Auftrag und mit finanzieller Unterstützung der EHIMA und in Zusammenarbeit mit deren ISMADHA-Projekt erstellt.

Literatur

Holube, I., Fredelake, S., Bitzer, J. und Vlaming, M. (2007) Erstellung eines Testsignals mit Sprachcharakteristik. Fortschritte der Akustik – DAGA 2007, 33. Jahrestagung für Akustik, 19.-22. März 2007.

Elberling, C. und Naylor, G. (1996) Evaluation of non-linear signal-processing hearing aids using speech signals. Issues in Advanced Hearing Aid Research, Lake Arrowhead, California.