

CMR bei Flankenbändern mit fluktuierenden Mittenfrequenzen

Florian Doleschal¹, Jesko Verhey²

¹ Abteilung für Exp. Audiologie, Uni Magdeburg, 39120 Magdeburg, E-Mail: florian.doleschal@med.ovgu.de

² Abteilung für Exp. Audiologie, Uni Magdeburg, 39120 Magdeburg, E-Mail: jesko.verhey@med.ovgu.de

Einleitung

Auch in komplexen Situationen kann das menschliche Gehör Geräuschmischungen unterschiedlichen Quellen zuordnen. Es nutzt zur Trennung kohärente Einhüllenschwankungen von verschiedenen Frequenzkomponenten als typische Merkmale von Umweltschallen.

Die Sensitivität des menschlichen Gehörs für Komodulationen führt zu einem psychoakustischen Effekt, der als „Comodulation Masking Release“ (CMR) bezeichnet wird. Er beschreibt hierbei die Reduktion der Schwelle eines verdeckten Sinustons, wenn der Verdeckter kohärente Pegelschwankungen in verschiedenen Frequenzregionen aufweist im Vergleich zu dem Fall, dass die Schwankungen nicht frequenzübergreifend kohärent sind [1].

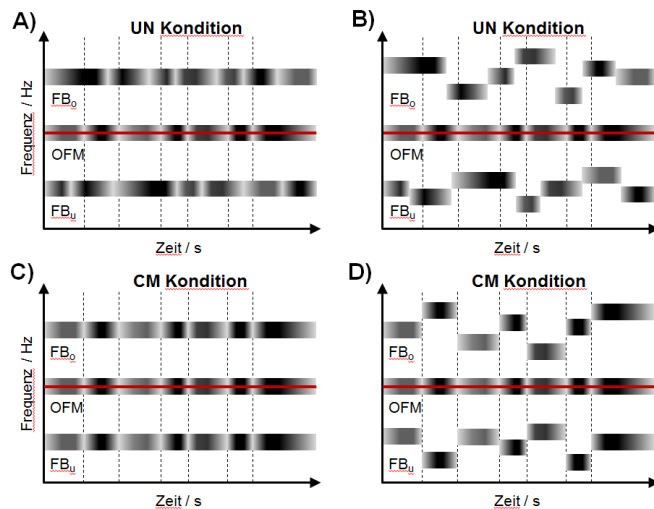


Abbildung 1: Spektrogramme von komodulierten (CM, unten) und unkorrelierten (UN, oben) Konditionen. Links: konstante Frequenz aller Komponenten. Rechts: zeitlich variable Frequenz der FB, bei der im Amplitudenminimum die Frequenz geändert wurde.

Ein typisches CMR-Paradigma ist das Flankenbandexperiment, bei dem zusätzlich zu einer schmalbandigen Verdeckerkomponente an der Signalfrequenz („On-Frequency Masker“, OFM) zusätzlich eine oder mehrere spektral entfernte Komponenten (Flankenbänder, FB) dargeboten werden (Abb. 1) [1,2].

In den bisherigen Versuchen wurde der CMR bereits für konstante [1] sowie monoton steigende und fallende [3] Mittenfrequenzen der Flankenbänder untersucht. Dieser Beitrag behandelt die Fragestellung, ob Komodulation auch bei zeitlich zufällig in der Mittenfrequenz fluktuierenden Flankenbändern (Abb. 2) zu einer Schwellenreduktion führt, wobei sich die Mittenfrequenz bei jedem Nulldurchgang der Einhüllenden ändert.

Die Schwellen wurden für verschiedene Begrenzungen der Fluktuationsbreite bestimmt. Hierbei soll die maximale Fluktuationsbreite bestimmt werden, bei der ein CMR noch feststellbar ist.

Experiment

Stimuli:

Zielsignal: Sinuston, $f = 1000 \text{ Hz}$, Dauer: 500 ms

Verdeckter: Multiplikationsrauschen,

$L_R = 65 \text{ dB SPL}$, $f_{TP} = 20 \text{ Hz}$, Dauer: 500 ms

OFM: $f_c = 1000 \text{ Hz}$

FB_u : $f_c = 500 \text{ Hz}$

FB_o : $f_c = 1500 \text{ Hz}$

Maximale Schwankungsbreite der FB:

+/- 0, 25, 250, 450 Hz

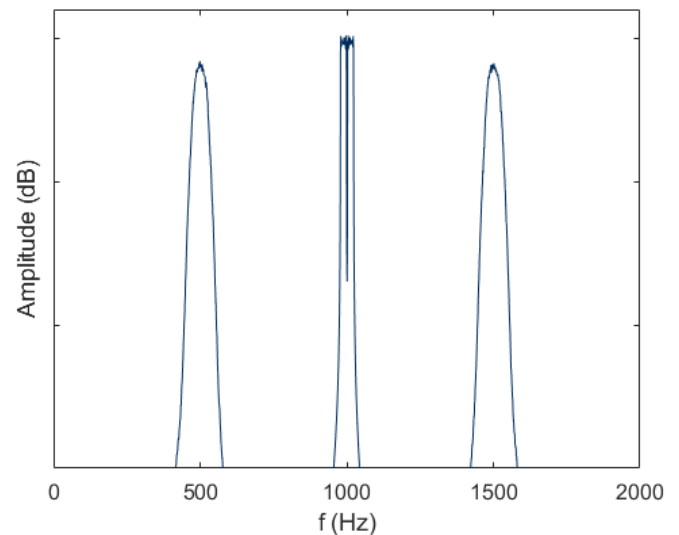


Abbildung 2: Gemitteltes Amplitudenspektrum komodulierter Verdeckter bei einer maximalen Schwankungsbreite von +/- 25 Hz für beide FB. Abstand der Markierungen auf Ordinate: 10 dB.

Messmethodik: Adaptives 3-Intervall-Verfahren [4] (3AFC, 1-up-2-down-Regel): Schrittweite: 4/2/1 dB (Halbierung nach jedem Umkehrpunkt), Mittelwert der letzten 6 Umkehrpunkte bildet die Schwelle, jeweils 4 Messdurchläufe komoduliert und unmoduliert (keine Wertung des ersten Durchlaufs), Wiedergabe über Sennheiser HD 650.

Probanden: Sechs normalhörende Probanden im Alter von 22 bis 40 Jahren (Mittel: 28,5 Jahre)

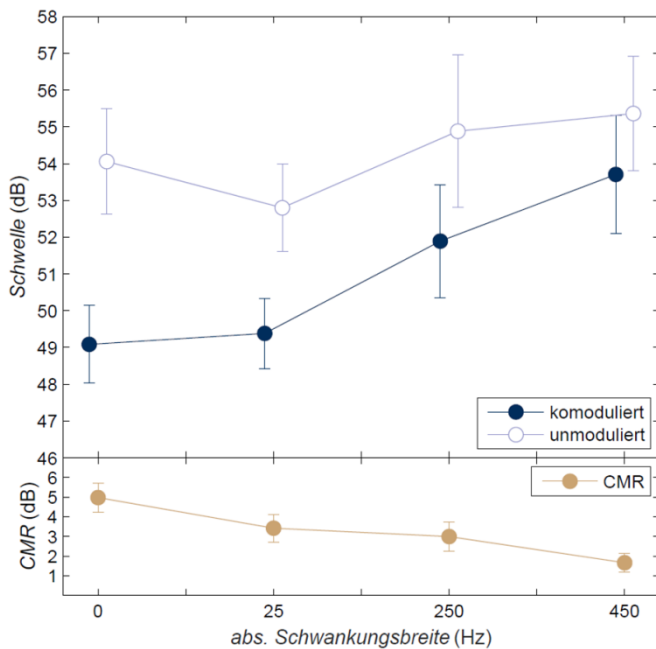


Abbildung 3: Mittelwerte und Standardfehler der Mithörschwellen und CMR aller Versuchspersonen in Abhängigkeit von der Schwankungsbreite.

Ergebnisse: Eine höhere maximale Schwankungsbreite führt zu einer deutlichen Reduktion des CMR: Während der CMR bei konstanten FB-Frequenzen von 500 bzw. 1500 Hz etwa 5 dB beträgt, fällt dieser bei einer Breite von +/- 450 Hz auf 1,7 dB ab.

Der Abfall des CMR ergibt sich dabei hauptsächlich aus dem Anstieg der komodulierten Schwelle: Sie steigt mit wachsender Schwankungsbreite um 4,6 dB an, während der Anstieg der unmodulierten Schwelle nur 1,3 dB beträgt (Abb. 3).

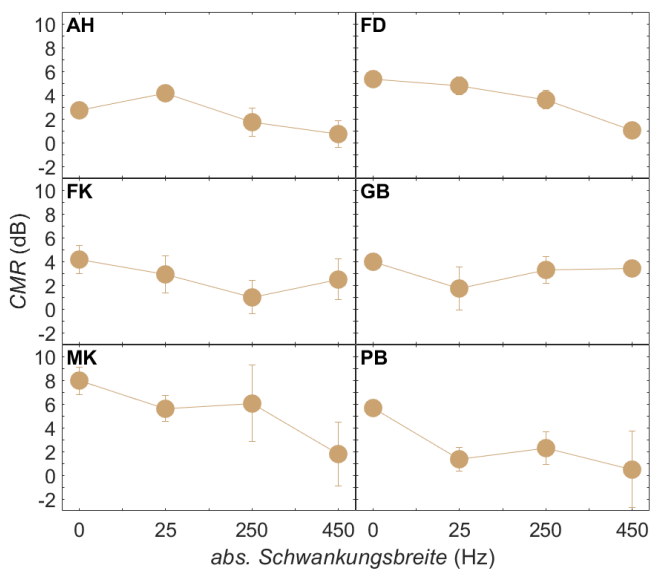


Abbildung 4: Mittelwerte und Standardfehler der CMR jeder einzelnen Versuchsperson in Abhängigkeit von der Schwankungsbreite.

Die einzelnen Versuchspersonen unterscheiden sich sowohl in der Höhe des CMR, als auch durch die Reduktion bei höheren Schwankungsbreiten: Während bei einigen Teilnehmern (z.B. GB) nahezu keine Reduktion auftritt, ist die bei anderen (z.B. MK) sehr stark ausgeprägt.

Auch die Charakteristik der Reduktion unterscheidet sich voneinander: Der CMR fällt bei FD nahezu kontinuierlich ab, wobei im Gegensatz dazu bei MK und PB ausgeprägte Reduktionen zwischen 250 und 450 bzw. zwischen 0 und 25 Hz auftreten (Abb. 4).

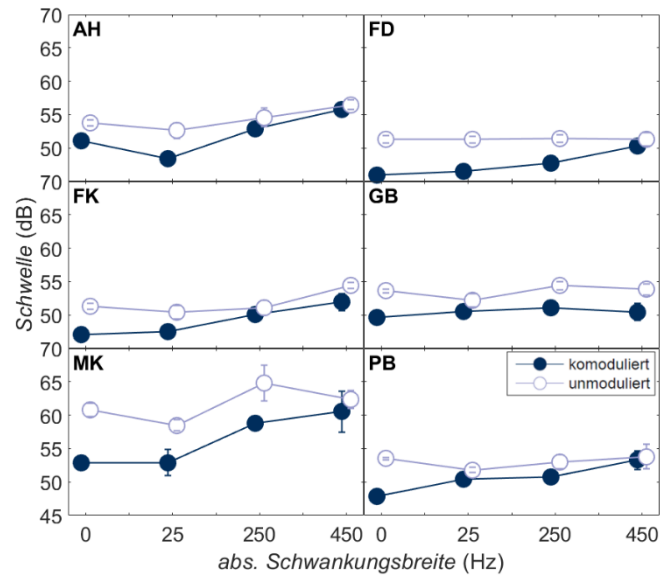


Abbildung 5: Mittelwerte und Standardfehler der CMR jeder einzelnen Versuchsperson in Abhängigkeit von der Schwankungsbreite.

Betrachtet man die gemessenen Mithörschwellen, lassen sich auch hier zwei unterschiedliche Muster erkennen: Während z.B. bei den Personen FD und PB die Reduktion durch einen Anstieg der komodulierten an die konstante unmodulierte Schwelle entsteht, kommt es bei den anderen Teilnehmern (außer GB) zu einem Anstieg beider Schwellen. Hierbei steigt lediglich die komodulierte stärker als die unmodulierte Schwelle an (Abb. 5).

Fazit

In diesem Experiment konnte gezeigt werden, dass CMR auch bei zufällig in der Mittenfrequenz fluktuierenden Flankenbändern auftritt, wobei die Reduktion bei den einzelnen Versuchspersonen unterschiedlich hoch ausfällt. Das menschliche Gehör kann demnach auch kohärente Einhüllendenschwankungen zur Objektbindung nutzen, wenn sich die Einhüllenden in den Frequenzgruppen nicht gänzlich gleichen.

Auffällig sind jedoch sowohl die Unterschiede in der Höhe der CMR sowie in der Charakteristik der Reduktion zwischen den einzelnen Versuchspersonen. Neben einer Erhöhung der Anzahl an Versuchsteilnehmern sollten weitere Experimentalparameter (Abstände der Flankenbänder und maximale Schwankungsbreiten) getestet werden.

Literatur

[1] Hall JW, Haggard MP, Fernandes MA (1984) Detection in noise by spectro-temporal pattern analysis J. Acoust Soc Am 76:50–56

[2] Verhey J, Pressnitzer D, Winter I (2003) The psychophysics and physiology of comodulation masking release, Exp Brain Res 153, 405-417

[3] Verhey J, Klein-Henning H, Epp B (2013) Masking Release for Sweeping Masker Components with Correlated Envelopes, JARO 14: 139-147

[4] Levitt H (1971), Transformed up-down methods in psychoacoustics, J. Acoust. Soc. Am. 49: 467–477