

DIE AMPLITUDE EVOZIERTER OTO-AKUSTISCHER EMISSIONEN ALS MASS FÜR DIE VERDECKUNG

Angelika Scherer
 Institut für Elektroakustik, Technische Universität München

Ein Schall, der in ruhiger Umgebung zu hören ist, kann durch einen Störschall teilweise oder vollständig unterdrückt, d.h. unhörbar werden; der Störschall beeinflusst den Testschall. Die vollständige Unterdrückung wird psychoakustisch über Mithörschwellenmessungen bestimmt und als Verdeckung oder Maskierung bezeichnet. Bei der Bildung der Mithörschwellen (MHS) sind sowohl periphere Verarbeitung (Innenohr) als auch neuronale Nachverarbeitung beteiligt. Die Unterdrückung kann mit einer zweiten, physiologischen Meßmethode beschrieben werden, und zwar mit Hilfe der oto-akustischen Emissionen. Diese entstehen in der Cochlea [1], hängen nur vom Erregungszustand des Innenohres ab und werden ausschließlich von Effekten, die dort wirken, beeinflusst. Diese Beeinflussung -als Suppression bezeichnet- bewirkt eine Verringerung bzw. vollständige Reduktion der Amplitude der Emissionen.

Sowohl bei der Verdeckung als auch bei der Suppression gibt es zwei Effekte, die trotz gleicher Wirkung voneinander unterschieden werden müssen, die spektralen gleichzeitigen (z.B. simultane Verdeckung) und die nichtsimultanen (z.B. Vor- und Nachverdeckung). Ein Vergleich von MHS- und Emissions-Meßergebnissen bei simultaner spektraler Unterdrückung einerseits und bei nichtsimultaner zeitlicher Unterdrückung andererseits zeigt, daß die beiden Effekte verschiedenen Verarbeitungsstationen des Gehörs zugeordnet werden können. Emissionen und MHS werden durch die simultane Unterdrückung in gleicher Weise beeinflusst, d.h. die simultane Unterdrückung gehört zur peripheren Verarbeitung [2]. Dagegen hat die nichtsimultane Unterdrückung keinen Einfluß auf die Emissionen, woraus geschlossen werden kann, daß diese ihren Ursprung in höheren, der peripheren Vorverarbeitung im Innenohr nachgeschalteten neuronalen Verarbeitungsstufen hat [3], [4].

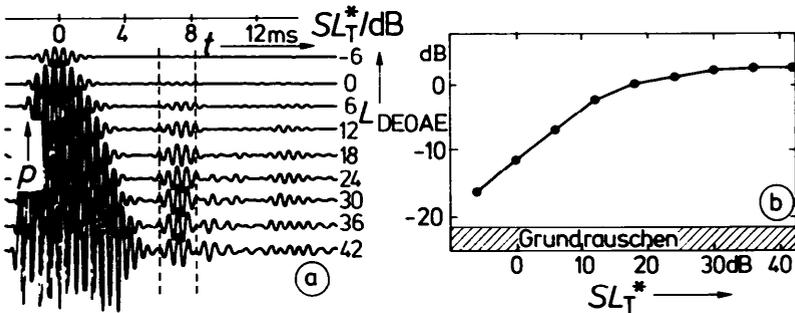


Fig. 1(a): Schalldruck-Zeitfunktionen zeitverzögerter oto-akustischer Emissionen evoziert von einem 2,5 ms langen, gaußförmig geschalteten ($T_{RG}=1$ ms) Testtonimpuls der Frequenz 1,8 kHz für verschiedene Pegel des Impulses über der Ruheshörschwelle (SL_T^*). (b) Mittlerer Schalldruckpegel der Emission über dem Grundrauschen für das in (a) gestrichelt gekennzeichnete Zeitfenster in Abhängigkeit vom Evoziererpegel.

Bei simultaner Maskierung mit sehr tieffrequenten Schallen entsteht durch den sich periodisch ändernden Schalldruck eine zeitabhängige Verdeckung für kurze Tonimpulse (Mithörschwellen-Periodenmuster) [5]. In den vorliegenden Untersuchungen soll ausgehend von simultaner Unterdrückung durch höherfrequente Schalle geklärt werden, ob ein direkter Zusammenhang zwischen der Stärke der Verdeckung eines Tonimpulses und der Größe der von diesem Impuls evozierten Emission besteht und ob dieser Zusammenhang auch für Unterdrückung durch tieffrequente Schalle gilt.

Bei allen Messungen wurde ein 2,5 ms langer Testtonimpuls mit einer Frequenz von 1,8 kHz zum einen als Testschall beim Messen der MHS, zum andern als evozierender Impuls für die Emissionen benutzt. Die Mikrofonzeitsignale der zeitverzögerten (delayed) evozierten oto-akustischen Emissionen (DEOAE) sind in Fig. 1a für verschiedene Pegel des Tonimpulses dargestellt. Die Emissionen treten vor allem 6 bis 8 ms nach dem Evozierer auf. Sie wachsen mit zunehmendem Evoziererpegel zunächst an und nehmen für größere Pegel einen konstanten Wert an. Der mittlere Schalldruckpegel der Emissionen L_{DEOAE} , berechnet für das gestrichelt eingetragene Zeitfenster, ist in Fig. 1b als Funktion des Evoziererpegels aufgetragen. Es zeigt sich die für die DEOAE typische Pegelabhängigkeit, ein lineares Anwachsen bis etwa $SL_T^* = 15$ dB und danach ein Übergang zu einem Sättigungswert, der bei etwa 30 dB erreicht ist [6].

Diese für die DEOAE charakteristische Kennlinie soll im folgenden bei Suppression untersucht werden. Für die Unterdrückung wird zunächst ein 470 Hz Ton verwendet, dessen Zeitstruktur durch den Testtonimpuls nicht aufgelöst werden kann. Der Pegel des Testtones an der MHS steigt mit zunehmendem Maskiererpegel stark an (Fig. 2a), wie dies für Maskierung an der oberen Flanke bekannt ist [7]. Für dieselben Suppressorpegel (470 Hz Ton) wurde die Amplitude der DEOAE in Abhängigkeit vom Evoziererpegel bestimmt (Fig. 2b). Es zeigt sich, daß die charakteristische Abhängigkeit prinzipiell erhalten bleibt. Die Kennlinie wird ausgehend von der

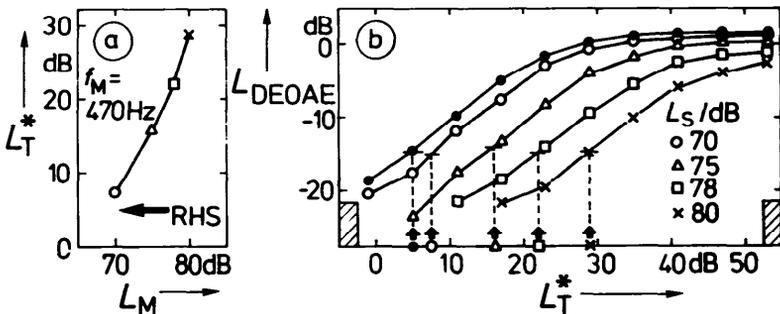


Fig. 2(a): Mithörschwelle des Testtonimpulses (L_T^*) als Funktion des Maskiererpegels eines 470 Hz Tones. (b) Pegel der Emissionen in Abhängigkeit vom Evoziererpegel in Ruhe (•) und bei Suppression mit einem 470 Hz Ton mit vier unterschiedlichen Pegeln. Die jeweiligen MHS und die Ruhehörschwelle sind durch Pfeile markiert, die Pegel der dazugehörigen Emissionen durch Querstriche. Schraffiert gekennzeichnet ist das Systemrauschen von Meßapparatur und Versuchsperson.

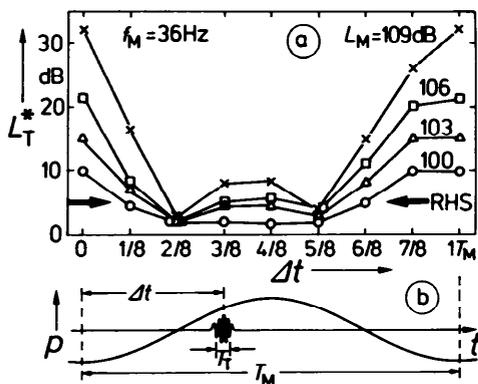


Fig. 3(a): Mithörschwellen-Periodenmuster eines 2,5 ms langen 1,8 kHz Testtonimpulses maskiert von einem 36 Hz Ton bei verschiedenen Maskiererpegeln L_M . Aufgetragen ist der Pegel L_T^* des gerade wahrnehmbaren Tonimpulses in Abhängigkeit von der zeitlichen Verschiebung Δt innerhalb der Periode T_M . (b) Schematische Darstellung der Zeitsignale von Maskierer und Testschall.

Kennlinie ohne Suppression mit zunehmendem Suppressorpegel zu höheren Evoziererpegeln hin parallel verschoben. Der Sättigungswert nimmt hierbei leicht ab. Das bedeutet, daß DEOAE bei konstantem Evoziererpegel mit zunehmenden Suppressorpegel immer stärker unterdrückt werden. Betrachtet man die Größe der Emissionen bei Suppression für die jeweiligen Evoziererpegel, die den Testtonpegeln an den MHS entsprechen, und vergleicht diese mit der Emission an der Ruhehörschwelle, stellt man fest, daß die Emissionen an den Schwellen gleich groß sind.

Ein für die Mithörschwellen-Periodenmuster (MHSPM) charakteristisches Meßergebnis bei einer Maskierfrequenz von 36 Hz zeigt Fig. 3a. Aufgetragen ist der Pegel des Testtonimpulses in Abhängigkeit von der zeitlichen Verschiebung Δt des Impulses über die Periode des Maskierers bei verschiedenen Maskiererpegeln. Die Verschiebung Δt ist entsprechend der schematischen Darstellung der Zeitfunktionen von Maskierer und Testschall festgelegt (Fig. 3b). Bei kleinem Maskiererpegel ($L_M=100$ dB) folgt die MHS dem

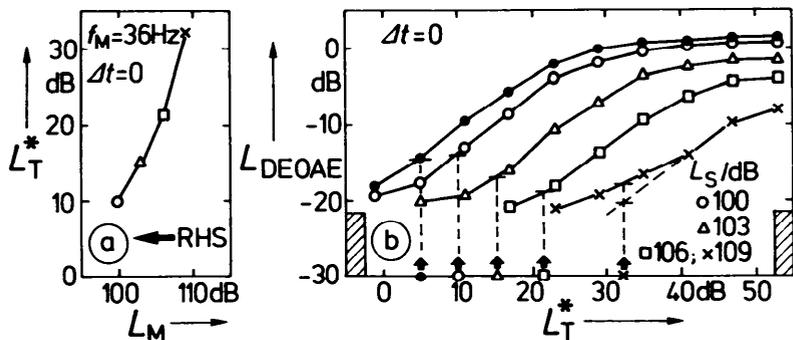


Fig. 4(a): Mithörschwelle des Tonimpulses (L_T^*) für einen 36 Hz Maskierer zum Zeitpunkt $\Delta t=0$ in Abhängigkeit vom Maskiererpegel. (b) Pegel der Emissionen in Abhängigkeit vom Evoziererpegel in Ruhe (\circ) und für Suppression mit einem 36 Hz Ton bei vier unterschiedlichen Pegeln. Der Evoziererimpuls liegt im Sogmaximum des Suppressors ($\Delta t=0$). Darstellung wie in Fig. 2b.

Schalldruckverlauf des Maskierers. Bei weiter ansteigendem Pegel bildet sich an Stelle des Minimums ein zweites Maximum aus, wobei die größte Verdeckung immer im Sogmaximum ($\Delta t=0$) auftritt.

Beispielhaft für alle übrigen Zeitpunkte Δt wird der Zusammenhang zwischen der Verdeckung und der Suppression für $\Delta t=0$ diskutiert. Der Pegel des Testtones an der MHS steigt in diesem Fall (Fig. 4a) mit zunehmendem Maskiererpegel genauso an, wie bei der Maskierung mit dem 470 Hz Ton. Auch die Abhängigkeit der DEOAE vom Evoziererpegel bei verschiedenen Suppressorpegeln (Fig. 4b) bleibt qualitativ erhalten und entspricht den Messungen mit dem 470 Hz Ton. Vergleicht man jedoch die DEOAE bei Suppressorpegeln, die etwa dieselbe MHS hervorrufen, z.B. ein Pegel von 78 dB bei 470 Hz und von 106 dB bei 36 Hz, so zeigt sich, daß die Emission bei der Suppression durch den tieffrequenten Ton an der Schwelle um 4,5 dB kleiner ist - d.h. die Emission wird stärker unterdrückt - als bei der Suppression durch den höherfrequenten. Dies bestätigt sich auch bei den anderen Suppressorpegeln.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei Unterdrückung mit Tönen, deren Zeitstruktur nicht aufgelöst werden kann, ein direkter Zusammenhang zwischen der Größe der DEOAE und der Verdeckung besteht. Tonimpulse, die bei Suppression Emissionen erzeugen, die gleich groß sind wie die Emissionen an der RHS, beschreiben die MHS für die jeweilige Maskierung. Unterdrückung durch Töne tiefer Frequenz, deren Verdeckung die MHSPM beschreiben, beeinflußt die DEOAE prinzipiell auf die gleiche Art und Weise und kann somit auch dem peripheren Bereich des Gehörs zugeordnet werden.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des SFB 204 "Gehör", München, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt.

Literatur

- [1] Kemp, D.T. and Anderson, S.D. (Eds.) Proceedings of the Symposium on Nonlinear and Active Mechanical Processes in the cochlea. Hearing Research 2, No. 3/4, 1980, 169.
- [2] Zwicker, E., Masking a peripheral effect! 11. Intern. Kongreß für Akustik, Paris, Vol. 3, 1983, 71.
- [3] Zwicker, E., On peripheral processing in human hearing. In: Hearing-physiological bases and psychophysics. Springer Verlag, Berlin 1983, 104.
- [4] Scherer, A., Evozierte oto-akustische Emissionen bei Vor- und Nachverdeckung. Acustica 56, 1984, 34.
- [5] Scherer, A., Charakteristische Eigenschaften der Mithörschwellen-Periodenmuster. Fortschritte der Akustik, DAGA'84, 511.
- [6] Zwicker, E., Delayed evoked oto-acoustic emissions and their suppression by Gaussian-shaped pressure impulses. Hearing Research 11, 1983, 359.
- [7] Zwicker, E., Psychoakustik, Hochschultext, Springer Verlag, 1982.