

## Nachhörschwellen in Abhängigkeit von der spektralen Zusammensetzung des Maskierers

H.G.Gralla

(Lehrstuhl für Elektroakustik, Technische Universität München)

### 1. Einleitung

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß das Gehör bei Mithörschwellenmessungen sowohl zeitliche als auch spektrale Muster in einem viel größeren Bereich auszuwerten in der Lage ist, als dies bisher angenommen wurde. Als Beispiele der Auswertung zeitlicher Muster seien die unter dem Stichwort "Mithörschwellen bei harmonischen Tonkomplex-Maskierern" veröffentlichten Arbeiten /6,7/ erwähnt, als Beispiele für die Auswertung spektraler Muster die unter dem Stichwort "Comodulation Masking Release" (CMR) veröffentlichten Arbeiten /2,3,4,8/.

Die hier vorgestellten Untersuchungen beschäftigen sich mit der Auswertung spektraler Muster. Es ist bekannt, daß die spektrale Verbreiterung eines Maskierers nicht nur bei Simultanhörschwellenmessungen (CMR), sondern auch bei Nachhörschwellenmessungen eine Abnahme der Maskierung bewirken kann. Diese Abnahme hängt von der Testtondauer ab und sie ist nur bei längeren Testtönen zu beobachten /5/. In welchem Umfang eine spektrale Verbreiterung des Maskierers die Nachhörschwellen beeinflusst und wie groß der Einfluß einzelner Spektralanteile ist, soll durch die folgenden Messungen näher untersucht werden. Dazu wurden Nachhörschwellen von Sinustönen bei maskierendem Rauschen unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung gemessen.

### 2. Versuchsdurchführung

Bei den hier beschriebenen Versuchen wurde eine Testtondauer von 20 ms und eine Verzögerungszeit (gemessen vom Ende des Maskierers bis zum Ende des Testtones) von ebenfalls 20 ms gewählt, d.h. der Testton folgte dem Maskierer unmittelbar. Als Maskierer wurden Rauschen verwendet, die aus ein oder mehreren frequenzgruppenbreiten Ausschnitten aus Weißem Rauschen (FG-Rauschen) bei verschiedenen Mittentonheiten zusammengesetzt waren. Der Pegel der einzelnen FG-Rauschen betrug stets 64 dB. Es wurden verschiedene spektrale Zusammensetzungen des Maskierers verwendet, die in den Bildern 1a,b,c jeweils im oberen Teil schematisch dargestellt sind. In der ersten Meßreihe (Bild 1a) wurde der Maskierer zu höheren bzw. tieferen Tonheiten hin ohne spektrale Lücken erweitert. Auf der Abszisse ist die Differenz  $z_1 - z_0$  zwischen den Mittentonheiten des (spektral) äußersten FG-Rauschens und dem zentralen FG-Rauschen, dessen spektrale Mitte mit der Testton-Tonheit übereinstimmt, angegeben. Für  $z_1 - z_0 = 0$  Bark

wurde, wie auch in den weiteren Untersuchungen, nur das zentrale FG-Rauschen dargeboten. In der zweiten Meßreihe (Bild 1b) wurde nur ein zusätzliches FG-Rauschen neben dem zentral maskierenden FG-Rauschen dargeboten, der Abstand zwischen der Mittentonheit dieses FG-Rauschens und der Mittentonheit des zentralen FG-Rauschens ist auf der Abszisse aufgetragen. Im dritten Versuch (Bild 1c) wurde das zentral maskierende FG-Rauschen symmetrisch zu beiden Seiten hin erweitert. Auf der Abszisse ist die Gesamtbreite des Maskierers aufgetragen.

Die Schalle wurden monaural über Kopfhörer (Beyer DT 48 mit Freifeldentzerrer /9/) dargeboten, die Einstellung der Mithörschwellen erfolgte nach einer in /1/ beschriebenen Kombination aus Einregel- und Abfragemethode. Dargestellt sind Zentralwerte und wahrscheinlichen Schwankungen von 6 Versuchspersonen.

3. Ergebnisse

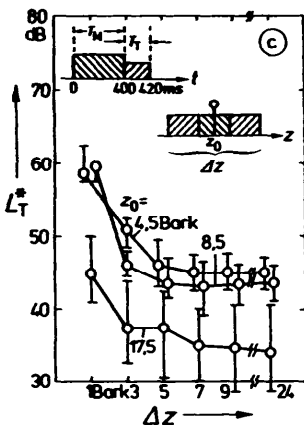
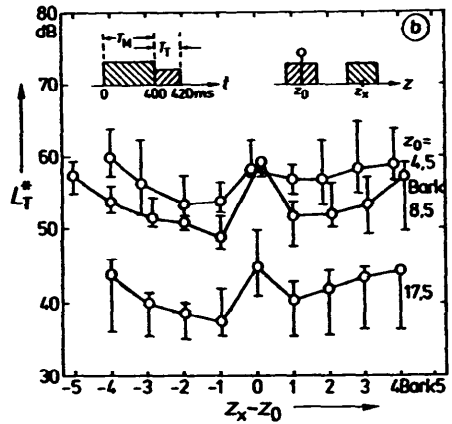
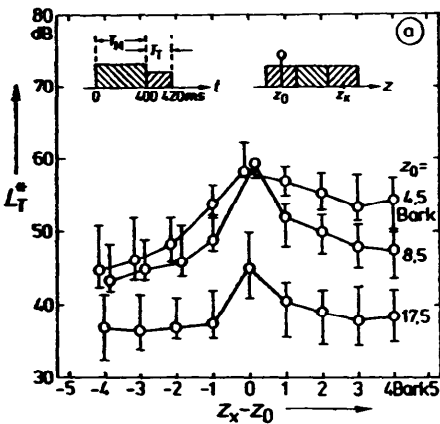


Bild 1a,b,c: Nachhörschwellen für Sinustöne in Abhängigkeit von der spektralen Zusammensetzung des Maskierers. Das Spektrum des Maskierers ist im oberen Teil der Bilder schematisch skizziert, Näheres siehe Text. Maskiererpegel  $L_M^* = 64$  dB/Bark, Maskiererdauer  $T_M = 400$  ms, Testtondauer  $T_T = 20$  ms, Verzögerungszeit  $t_v = 20$  ms. Testtonhöhe = Mittentonheit  $z_0$  des zentralen FG-Rauschens. Parameter der Kurven ist die Testton-Tonhöhe  $z_x$ . Zentralwerte und wahrscheinliche Schwankungen der Meßdaten von 6 Versuchspersonen.

Die Nachhörschwellen nehmen generell mit zunehmender spektraler Breite des Maskierers ab. Die zu niedrigeren Tonheiten hin gelegenen Spektralanteile des Maskierers bewirken eine größere Reduktion als die zu höheren Tonheiten hin gelegenen Anteile (Bild 1a,b). Die höchsten Nachhörschwellenwerte werden (bei konstanter Mittenonheit  $z_0$ ) stets dann eingestellt, wenn nur das zentrale FG-Rauschen alleine dargeboten wird. Ähnlich hohe Mithörschwellen ergeben sich, wenn nur ein zusätzliches FG-Rauschen dargeboten wird und dieses mehr als 5 Bark vom zentralen maskierenden Rauschen entfernt liegt (Bild 1b). In diesem Fall findet keine Reduktion der Nachhörschwellen mehr statt, die für eine Verarbeitung der Schalle anzunehmende "Kopplungsbreite" ist damit begrenzt. Die niedrigsten Werte werden eingestellt, wenn bei symmetrischer Verbreiterung des Maskierers die Bandbreite etwa 7 Bark beträgt (Bild 1c). Eine weitere spektrale Verbreiterung des Maskierers führt zu keiner zusätzlichen Erniedrigung der Nachhörschwellen. Die dem zentralen maskierenden FG-Rauschen nächstgelegenen Spektralanteile des Maskierers reduzieren die Nachhörschwellen am stärksten. Dies ist aus allen drei Meßreihen (Bild 1a,b,c) zu erkennen. Die Kurvenverläufe sind bei den drei untersuchten Mitten-Tonheiten 4.5, 8.5 und 17.5 Bark (entsprechend 450, 1000 und 4000 Hz) qualitativ gleich, die beobachteten Effekte sind jedoch bei mittleren Tonheiten am größten. Diese Abhängigkeit des Reduktionseffektes von der Mittenonheit des zentralen maskierenden Rauschens (bzw. der Testton-Tonheit) soll in einer weiteren Meßreihe ausführlicher untersucht werden. Mit der im oberen Teil von Bild 1c skizzierten symmetrischen Erweiterung des Maskierers von 1 Bark auf 3 Bark wurden im gesamten Hörbereich die Nachhörschwellen untersucht. Bild 2 zeigt die Differenzen der Zentralwerte von 6 Versuchspersonen zwischen den bei  $\Delta z = 1$  Bark und  $\Delta z = 3$  Bark gemessenen Werten in Abhängigkeit von der Mittenonheit  $z_0$ .

Wie aus Bild 2 zu erkennen ist, ist die Reduktion der Nachhörschwellen durch spektrale Verbreiterung des Maskierers im mittleren Tonheitsbereich zwischen 7 und 13 Bark (entsprechend 700 und 2000 Hz) am größten und nimmt zu tieferen und höheren Tonheiten hin ab. Das Maximum ist nur schwach ausgeprägt, eine Reduktion der Nachhörschwellen ist im gesamten untersuchten Tonheitsbereich (2.5 - 21.5 Bark) festzustellen.

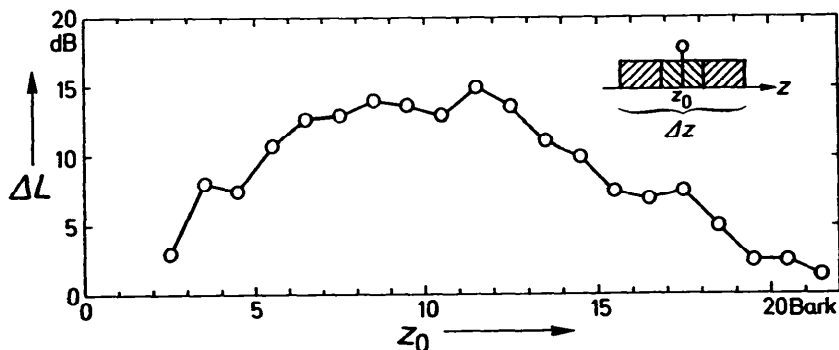


Bild 2: Differenzen der Nachhörschwellen für Sinustöne bei maskierendem Rauschen einer spektralen Breite von 1 Bark und 3 Bark in Abhängigkeit von der Mittenfrequenz des maskierenden Rauschens. Schallparameter wie in Bild c. Dargestellt sind Differenzen der Zentralwerte von 6 Versuchspersonen.

#### Literatur

- /1/ Fastl, H. (1976) : Temporal masking effects I: Broadband noise masker. *Acustica* 35, 287-301.
- /2/ Grose, J.H., Hall, J.W. (1989) : Comodulation masking release using SAM tonal complex maskers: Effects of modulation depths and signal position. *J. Acoust. Soc. Am.* 85, 1276.
- /3/ Hall, J.W., Grose, J.H., Haggard, M.P. (1988) : Comodulation Masking Release for Multicomponent Signals. *J. Acoust. Soc. Am.* 83, 677-686.
- /4/ McFadden, D. (1986) : Comodulation masking release : Effects of varying the level, duration and time delay of the cue band. *J. Acoust. Soc. Am.* 80, 1658-67.
- /5/ Moore, B.C.J. (1981) : Interaction of masker bandwidth with signal duration and delay in forward masking. *J. Acoust. Soc. Am.* 70, 62-68.
- /6/ Püschel, D., Mehrgardt, S., Alpei, H. (1984) : Mithörschwellenmessungen mit anharmonischen Tonkomplex-Maskierern. In: Fortschritte der Akustik - DAGA '84, Bad Honnef, DPG-GmbH, 757-760.
- /7/ Püschel, D., Alpei, H. (1985) : Mithörschwellen von Tonimpulsen in harmonischen Tonkomplexmaskierern bei kurzzeitigen Störungen des Maskierersignals. In: Fortschritte der Akustik - DAGA '85, Bad Honnef, DPG-GmbH, 523-526.
- /8/ Schooneveldt, G.P., Moore, B.C.J. (1987) : Comodulation masking release (CMR): Effects of signal frequency, flanking-band frequency, masker bandwidth, flanking-band level, and monotic versus dichotic presentation of the flanking band. *J. Acoust. Soc. Am.* 82, 1944-1956.
- /9/ Zwicker, E., Feldtkeller, R. (1967) : Das Ohr als Nachrichtenempfänger. S. Hirzel Verlag, Stuttgart.