

Wahrnehmungskriterien bei Mithörschwellenmessungen

Gisbert Gralla

Lehrstuhl für Elektroakustik, Technische Universität München,
Arcisstr. 21, 8000 München 2, Germany

1. Einleitung

In der vorliegenden Untersuchung soll die Frage nach den bei Mithörschwellenmessungen relevanten Wahrnehmungskriterien folgendermaßen beantwortet werden: Zunächst werden die Versuchspersonen gebeten, den Pegel eines Testtones so einzustellen, daß sie zwischen einer Darbietung "Maskierer alleine" und einer Darbietung "Maskierer plus Testton" irgendeinen Unterschied wahrnehmen können. Sodann sollen sie das akustische Phänomen, daß ihrer Meinung nach zur Detektion des Testtones geführt hat, verbal beschreiben. Wenn die verbalen Beschreibungen die verschiedenen Wahrnehmungskriterien erfüllt werden können, so soll zu Kontrolle der umgekehrte Versuch durchgeführt werden: Die Versuchspersonen sollen dann den Pegel des Testtones so einstellen, daß ein zuvor vom Versuchsleiter angegebenes Wahrnehmungskriterium gerade erfüllt wird.

2. Stimuli und Versuchsdurchführung

Für die Generierung der verwendeten Schalle wurden ein Rauschgenerator zur Erzeugung von Weißem Rauschen, ein Tongenerator, ein variabler Bandpaß und ein elektronischer Schalter für die Steuerung der zeitlichen Abfolge der einzelnen Schalle verwendet. Als Maskierer wurde ein oktavbreiter Ausschnitt aus Weißem Rauschen (2.8 - 5.0 kHz) mit einem Pegel $L_{m^*} = 70$ dB verwendet, als Testschall ein Sinuston mit der Frequenz $f_t = 1$ kHz.

Die Maskiererdauer T_m betrug 100 ms. Nach jeder zweiten Maskiererdarbietung wurde der Testton hinzugefügt, so daß abwechselnd der Maskierer alleine und der Maskierer zusammen mit dem Testton wahrgenommen werden konnte [1]. Die Pausendauer T_p zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maskierer-Impulsen betrug 500 ms. Die Testtondauer T_t und die Verzögerungszeit τ , letztere gemessen vom Ende des Maskierers bis zum Ende des Testtones, waren die freien Parameter der Untersuchung. Alle Schalle wurden gaußförmig ein- und ausgeschaltet. Die Schaltzeit, gemessen zwischen den 10%- und 90%-Punkten der jeweiligen zeitlichen Hüllkurve der Schalle, betrug 2 ms.

Maskierer und Testschall wurden monaural über einen freifeldenterrichten Kopfhörer (Beyer: DT 48) [2] dargeboten. Die Versuchspersonen saßen in einer schallschützten Kabine und hatten die Möglichkeit, mit Hilfe einer Eichleitung den Pegel des Testschalles zu beeinflussen. Über eine Wechselsprechanlage konnten sie sich mit dem Versuchsleiter verständigen.

Sechs normalhörende Versuchspersonen im Alter zwischen 22 und 33 Jahren nahmen an den Versuchen teil. Die Teilnehmer wurden mehrere Stunden lang trainiert, bevor die Ergebnisse zur Mittelung verwendet wurden. Zu jeder Parameterkombination wurde von jeder Versuchsperson 4 mal der zugehörige Schwellenwert eingestellt. Aus

den individuellen Zentralwerten wurden die allgemeinen Zentralwerte und die dazugehörigen wahrscheinlichen Schwankungen bestimmt.

3. Versuch 1: "Normale" Mithörschwellenmessungen ("detection of anything")

Im ersten Versuch wurde folgender Frage nachgegangen: Was hört eine Versuchsperson, wenn sie einen Testton hört? Die Versuchspersonen wurden gebeten, den Pegel des Testtones (L_T^*) so einzustellen, daß sie zwischen der Darbietung "Maskierer alleine" und der Darbietung "Maskierer plus Testton" irgendeinen Unterschied gerade wahrnehmen können ("detection of anything"). Diese Aufgabenstellung wird im weiteren "normale Mithörschwellenmessung" genannt. Die Ergebnisse sind in Fig. 1 dargestellt. An der Abszisse ist die Dauer des Testtones T_T ange'tragen, an der Ordinate der Pegel des eben wahrnehmbaren Testtones L_T^* . Simultanhörschwellen ($t_v = -100$ ms) sind mit SHS bezeichnet, Ruhehörschwellen mit RHS.

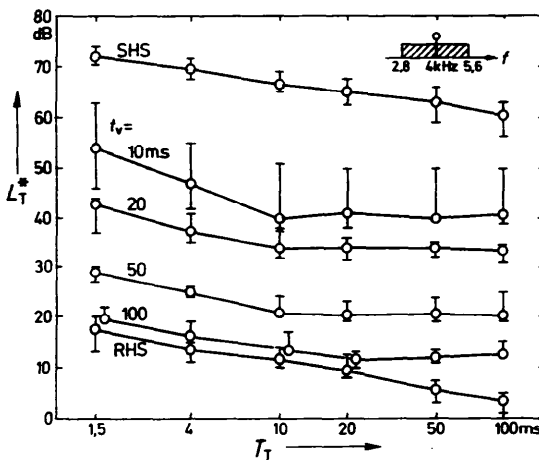


Fig. 1: Simultanhörschwellen (SHS, $t_v = -100$ ms), Ruhehörschwellen (RHS) und Nachhörschwellen (Verzögerungszeit t_v) in Abhängigkeit von der Testtondauer T_T . Testschall ist ein Sinuston der Frequenz $f_T = 4$ kHz, Maskierer ein oktavbreiter Ausschnitt aus Weißem Rauschen (2.8 - 5.6 kHz) mit einem Pegel $L_M^* = 70$ dB. Zentralwerte und wahrscheinliche Schwankungen von 6 Versuchspersonen.

Nach jeder Mithörschwelleneinstellung hatten die Versuchspersonen die Aufgabe, das akustische Phänomen, das zur Wahrnehmung des Testtones geführt hat, verbal zu beschreiben. Die Beschreibungen wurden vom Versuchsleiter stichpunktartig notiert und nach dem Ende der Versuche ausgewertet. Die Antworten ließen sich zu drei Gruppen zusammenfassen.

Die erste Gruppe enthielt Antworten wie: "Die Darbietung wird etwas lauter, wenn der Testton dabei ist", "Ein Ansteigen der Lautheit kann wahrgenommen werden, wenn der Testton dabei ist" oder "Der Testton ist separat vom Maskierer hörbar". Das hinter diesen Antworten angenommene Wahrnehmungskriterium soll im weiteren "**eben wahrnehmbarer Teillautheitsanstieg**" ("partial loudness rise") genannt werden. Der Begriff "Lautheitsanstieg" wurde durch die Antworten der Versuchspersonen direkt nahegelegt. "Teillautheitsanstieg" wurde gewählt, weil sich zeigen läßt [3], daß der

Unterschied in der (Gesamt-)Lautheit der Darbietung "Maskierer plus eben wahrnehmbarer Testton" und der Darbietung "Maskierer alleine" deutlich unterhalb der Wahrnehmungsschwelle für Lautheitsänderungen liegt. Da die Versuchspersonen jedoch angeben, eine Lautheitsänderung wahrgenommen zu haben, kann angenommen werden, daß sie sich auf Teillautheiten konzentrieren und Änderungen derselben für die Detektion eines Testtones verwenden können.

Eine zweite Gruppe von Antworten, die nicht bei dem hier dargestellten Versuch, sondern bei Untersuchungen mit einem Sinuston-Maskierer gegeben wurden (vergl.[4]) enthielt Hinweise wie: "Es ist eine Art Echo oder Nachhall zu hören, wenn der Testton dabei ist" oder "Das Ausklingen des Maskierers ist anders, wenn der Testton dabei ist". Die Beschreibungen konzentrierten sich auf das Abklingen der Lautheit des Maskierers und beinhalteten meistens einen Vergleich der Darbietungen "Maskierer allein" und "Maskierer plus Testton". Diesen Antworten wurde das Wahrnehmungskriterium **"eben wahrnehmbarer Teillautheitsunterschied"** ("partial loudness difference") zugeordnet. Teillautheit ist hierbei im gleichen Sinne zu verstehen wie beim Kriterium "Teillautheitsanstieg".

In einer dritten Gruppe von Antworten gaben die Versuchspersonen an, den Testton durch eine Klangfarbenänderung wahrgenommen zu haben. Den Antworten wurde das Wahrnehmungskriterium **"eben wahrnehmbare Klangfarbenänderung"** ("timbre difference") zugeordnet.

4. Versuch 2: Mithörschwellenmessungen in Abhängigkeit vom Wahrnehmungskriterium

In diesem Experiment wurde die Fragestellung aus Experiment 1 umgekehrt formuliert: Während im Versuch 1 die Testpersonen gebeten wurden, ihre Wahrnehmung an der Mithörschwelle zu beschreiben, so sollten sie sich nun auf eines der drei vorher vom Versuchsleiter vorgegebenen Wahrnehmungskriterien konzentrieren und den Pegel des Testtones so einstellen, daß dieses Kriterium gerade erfüllt wurde. Dabei hat sich gezeigt, daß der Begriff "Teillautheit" für eine mit psychoakustischer Grundlagenforschung nicht vertraute Versuchsperson unverständlich ist. In Vorversuchen wurde jedoch festgestellt, daß stets dann, wenn das Kriterium "Teillautheitsanstieg" verwendet wurde, auch der "Beginn des Testtones" erkannt wurde. Bei Verwendung des Kriteriums "Teillautheitsunterschied" wurde stets auch das "Ende des Testtones" detektiert. Deshalb wurden die Versuchspersonen gebeten, den Pegel des Testtones so einzustellen, daß sie entweder den "Beginn des Testtones", das "Ende des Testtones" oder eine "Klangfarbenänderung" gerade wahrnehmen können.

Die Ergebnisse sind in Fig. 2 dargestellt. Die Kreise beziehen sich dabei auf das Kriterium "Teillautheitsanstieg", die Quadrate auf das Kriterium "Teillautheitsunterschied" und die Dreiecke auf das Kriterium "Klangfarbenänderung". Die verwendeten Schalle sind die gleichen wie in Versuch 1. Gezeigt sind wiederum Zentralwerte und wahrscheinliche Schwankungen von 6 Versuchspersonen.

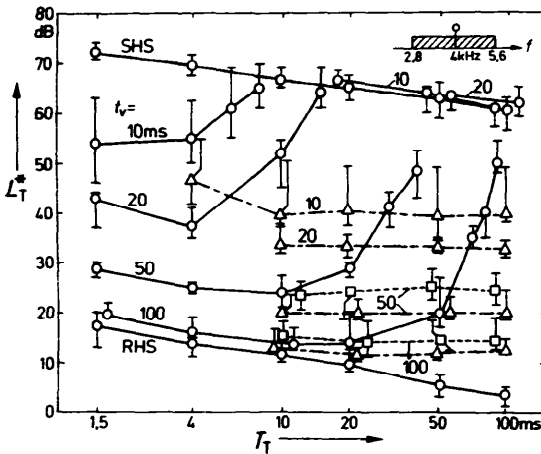


Fig. 2: Testtonpegel, die für die Detektion eines "Teillautheitsanstieges" (Kreise, durchgezogene Linien), eines "Teillautheitsunterschiedes" (Quadrate, punktierte Linien) bzw. einer "Klangfarbenänderung" (Dreiecke, strichpunktierte Linien) benötigt werden. Darstellung und Versuchsparameter wie bei den in Fig. 1 dargestellten Ergebnissen.

Das Wahrnehmungskriterium "Teillautheitsanstieg" könnte bei allen Parameterkombinationen verwendet werden. Die Simultanhörschwellen, die Ruhehörschwellen und die Nachhörschwellen mit kurzen Testtönen ($T_T < 10$ ms) sind praktisch identisch mit denen, die bei "normalen" Mithörschwellenmessungen gefunden werden. Dies läßt darauf schließen, daß das Kriterium "Teillautheitsanstieg" in diesem Parameterbereich bei "normalen" Mithörschwellenmessungen auch tatsächlich verwendet wird. Das Kriterium "Teillautheitsunterschied" konnte von der Mehrzahl der Versuchspersonen nur für Verzögerungszeiten $t_v > 20$ ms verwendet werden. Die Testtöne mußten dabei eine Mindestdauer von 10 ms besitzen. Die eingestellten Werte liegen etwas über den "normalen" Nachhörschwellen. Das bedeutet, daß bei dem Rauschmaskierer das Kriterium "Teillautheitsunterschied" "normalerweise" nicht verwendet wird. Für das Wahrnehmungskriterium "Klangfarbenunterschied" mußten die Testtöne ebenfalls eine Dauer von mindestens 10 ms besitzen. Die unter Anwendung dieses Kriteriums gewonnenen Daten entsprechen den Nachhörschwellen der "normalen" Messungen, das Kriterium scheint also bei "normalen" Messungen unter den angegebenen Bedingungen verwendet zu werden.

Die Untersuchungen wurden vom Sonderforschungsbereich 204 "Gehör" der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG unterstützt.

Literatur

- [1] Fastl, H. (1976), Temporal masking effects I: Broadband noise masker. *Acustica* 35, 287-301.
- [2] Zwicker, E., Feldtkeller, R. (1967), Das Ohr als Nachrichtenempfänger. 2. Auflage, S. Hirzel Verlag, Stuttgart.
- [3] Zwicker, E., Fastl, H. (1990), Psychoacoustics, facts and models. Springer Verlag Berlin.
- [4] Gralla, G. (1991), Wahrnehmungskriterien bei Mithörschwellenmessungen und deren Simulation in Rechnermodellen. Dissertation an der Technischen Universität München.