

Über die Ruheshwelle abgelenkter Versuchspersonen

Stefan Kerber

AG - Technische Akustik, Lehrstuhl für Mensch – Maschine – Kommunikation, TU München

Email: kerber@mmk.ei.tum.de

Einleitung

Die Ruheshwelle wird üblicherweise in einer Umgebung bestimmt, in welcher der Proband von äußeren Einflüssen nahezu komplett abgeschirmt ist. Obwohl diese Versuchsbedingungen für wissenschaftliche Grundlagenuntersuchungen unabdingbar sind, entsprechen sie nicht natürlichen Situationen im Alltag, wo man häufig durch zusätzliche Aufgaben von einer eigentlichen Höraufgabe abgelenkt ist. In einer Versuchsreihe wurde daher versucht, die Probanden bei der Messung der Ruheshwelle von der eigentlichen Höraufgabe durch verschiedene aus der Psychologie bekannte Tests (z.B. Stroop Test) abzulenken. Bei den Personen ergibt sich eine große Diskrepanz zwischen subjektiv empfundener und objektiv messbarer Ablenkung, welche in diesem Beitrag diskutiert und mit Ergebnissen anderer Studien verglichen werden soll.

Versuchsaufbau

Die Hardware des Versuchsaufbaus, ein PC basiertes Audiometer, ist im Wesentlichen bei Seeber et. al. [3] beschrieben. Es wurde lediglich der dort verwendete Handtaster durch einen Fußtaster ersetzt, um die Hände der Versuchsperson für das Durchführen anderer Aufgaben frei zu haben.

Die Messung der Ruheshwelle erfolgte mit reinen Tönen (Dauer 400 ms, gaußförmige Flanken mit 50 ms Anstieg bzw. Abfall) bei sechs diskreten Frequenzen (250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz), wobei die Wiedergabereihenfolge der Töne zufällig bestimmt wurde. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tönen war eine Pause mit einer zufälligen Länge zwischen vier und sieben Sekunden. Nach dem Abspielen eines Tones hatte die Versuchsperson maximal zwei Sekunden Zeit für das Bestätigen der Wahrnehmung mittels Fußtaster. Erfolgte in diesem Intervall keine Antwort, wurde der Ton als „nicht gehört“ gewertet.

Die Pegel mit denen die Töne wiedergegeben wurden, wurden nach dem PEST – Algorithmus [5] bestimmt, die Parameter wurden dabei wie folgt gesetzt: Zielwahrscheinlichkeit $P_t=0,75$, Deviation limit $W=1$ Startschrittweite 8 dB, Stoppschrittweite 2 dB.

Der Algorithmus sowie auch die Ansteuerung der Hardware wurden als Skript in Matlab realisiert.

Ablenkungen

Während der Bestimmung der Ruheshwelle hatten die Versuchsteilnehmer zusätzlich Aufgaben zu erledigen, um deren Aufmerksamkeit von der Messung wegzulenken.

Die drei verwendeten Ablenkungen sollen im Folgenden beschrieben werden:

Kartenhaus bauen

Eine der Ablenkungen bestand darin, ein Kartenhaus aus Spielkarten aufzubauen, wobei die Größe (6 Ebenen) den Versuchspersonen vorgegeben wurde. Die Aufgabe war so ausgelegt, dass sie für keine der Versuchspersonen während der Messzeit zu bewältigen war.

Rechenaufgaben lösen

Die Aufgabe hier bestand darin, Rechenaufgaben in den vier Grundrechenarten, welche die Teilnehmer auf Papier ausgehändigt bekamen, auf diesem zu lösen.

Stroop Test

Eine weitere Zusatzaufgabe wurde als Stroop Test ausgeführt [4]. Die Aufgabe hier besteht darin, die Druckfarbe eines Wortes, dessen semantische Bedeutung ebenfalls eine Farbe darstellt, richtig zu benennen. Im Experiment war dabei semantische Bedeutung und dargestellte Farbe immer ungleich. Der Test wurde ebenfalls auf einem Rechner, welcher völlig unabhängig vom Steuerrechner des Audiometers arbeitete, durchgeführt. Das Programm war so realisiert, dass die Frequenz, mit der die dargestellten Wörter wechselten, mit fortschreitender Versuchsdauer größer wurde.

Versuchspersonen

Am Versuch nahmen siebzehn Personen im Alter zwischen 21 und 61 Jahren ($\bar{\theta}$ 30,5 Jahre) teil. Die Versuchsdauern lagen, abhängig von der Art der Ablenkung, zwischen 11 und 14 Minuten.

Versuchsablauf

Für jede Versuchsperson wurden drei Ruheshwellen unter Ablenkung und eine ohne Ablenkung als Referenz gemessen, wobei die Abfolge der einzelnen Experimente zufällig variiert wurde. Über die Aufgabe im jeweiligen Versuchsteil wurden die Personen vor dem Experiment schriftlich informiert. Zwischen zwei Versuchen lag eine Pause von mindestens 20 Minuten.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen zeigt Abbildung 1. Es fällt auf, dass bei Ablenkung die Ruheshwellen gegenüber der Referenzschwelle ohne Ablenkung bei tiefen Frequenzen leicht angehoben sind. Betrachtet man die Referenzschwelle näher sieht man weiters, dass diese bei hohen Frequenzen von der von Terhardt [6] vorhergesagten Schwelle beträchtlich abweichen. Das liegt darin begründet, dass diese Vorhersage aus Daten von jungen, normalhörenden Personen

abgeleitet wurde, allerdings nicht alle Versuchspersonen bei unseren Experimenten diesen Anforderungen genügen. Auch die breiteren Interquartilbereiche bei hohen Frequenzen rühren daher.

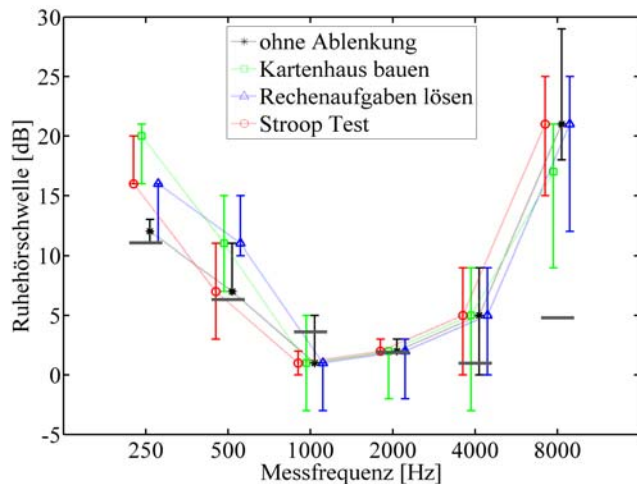


Abbildung 1: Ergebnisse der Ruheshwellschwellenmessungen für alle Versuchspersonen (Mediane und Interquartile über die Mediane). Zusätzlich als horizontale Balken können die nach Terhardt [6] berechneten Ruheshwellschwellen¹ abgelesen werden.

Um den Einfluss der Ablenkungen näher bestimmen zu können, sind in Abbildung 2 die mediangemittelten Differenzen der einzelnen Ruheshwellschwellen zur Referenz aufgezeichnet. Durch diese Mittelung verschwindet der Alterseinfluss aus der Grafik, die Auswirkungen der Ablenkungen werden deutlich. Es zeigt sich, dass ein Einfluss nur bei tiefen Frequenzen zu beobachten ist, wobei dieser beim Kartenhaus bauen und Rechenaufgaben lösen deutlich ausgeprägter ausfällt als beim Stroop Test. Werden die Daten auf Signifikanz überprüft (Mann-Whitney-U Test, Alpha-Fehler-Korrektur nach Bonferoni), so ergibt sich nur für das Kartenhaus bauen und Rechenaufgaben lösen ein signifikanter Unterschied für die beiden tiefsten Frequenzen (Signifikanzniveau von 5% für 500 Hz und 1% für 250 Hz). Daher ist in Frage zu stellen ob der Stroop Test als Zusatzaufgabe für solche Aufgaben geeignet ist.

Diskussion

Die Detektionsleistung für gleichzeitige visuelle und akustische Stimuli wurde auch von Bonnel und Hafter [1] untersucht. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass bei einer Detektionsaufgabe, wie sie auch hier vorliegt, die Aufnahmekapazität nicht durch eine andere Aufgabe beeinträchtigt wird. Eine mögliche Erklärung für unsere Ergebnisse wäre dann darin zu finden, dass durch die Kopfhörerarbeit und die vermehrte Aktivität der Versuchspersonen durch die Zusatzaufgaben, zusätzliche Geräusche im Ohr, welche die Testtöne maskieren, entstehen.

Eine andere Studie befasst sich mit dem Einfluss von Alkohol auf die Ruheshwellschwellen [2]. Auch dort konnten erhöhte Ruheshwellschwellen bei tiefen Frequenzen nachgewiesen

$$^1 L_{RHS} = 3,64 \left(\frac{f}{kHz} \right)^{-0,8} - 6,5 \exp \left[-0,6 \left(\frac{f}{kHz} - 3,3 \right)^2 \right] + 10^{-3} \left(\frac{f}{kHz} \right)^4$$

werden, die im selben quantitativen Bereich wie bei unserer Untersuchung liegen. Da Alkohol zentral dämpfend wirkt würde dadurch die Hypothese eines zentralen Einflusses auf die Erhöhung der Ruheshwellschwellen, auch in unserem Fall, gestützt.

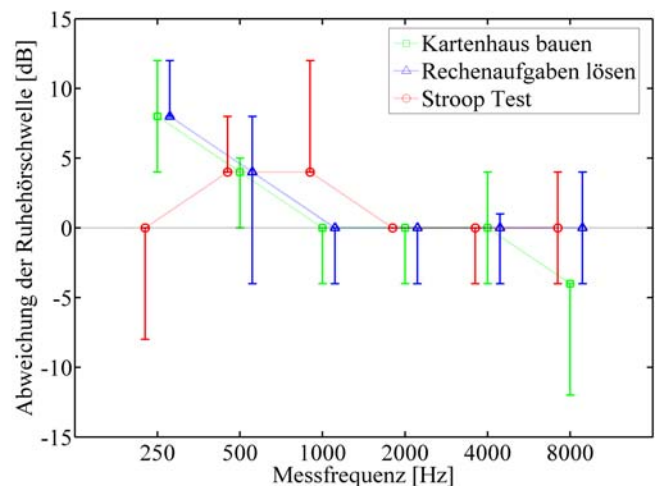


Abbildung 2: Differenzen der unter Ablenkung gemessenen Ruheshwellschwellen zur Referenz. Mediengemittelte individuelle Differenzen aller Versuchspersonen mit Interquartilen über diese Mediane

Ausblick

Zum Überprüfen ob als Ursache für die Erhöhung der Ruheshwellschwellen erhöhtes physiologisches Rauschen als primärer Grund vorliegt, soll mit demselben hier beschriebenen Verfahren die Mithörschwelle von reinen Tönen in breitbandigem Rauschen ermittelt werden. Durch den Maskierer wird eventuell vorhandenes physiologisches Rauschen verdeckt, ein Effekt auf die Mithörschwelle müsste also verschwinden, sofern er nicht zentralen Ursprungs wäre.

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei Prof. Dr. Ing. Hugo Fastl und bei Prof. Dr. Jürgen Hellbrück für wertvolle Anregungen. Außerdem sei cand. Ing. Stefan Wimmer für die Durchführung der Experimente gedankt.

Literatur

- [1] Bonnel A.M., Hafter E.R.: *Divided attention between simultaneous auditory and visual signals*. Perception & Psychophysics 60(2): 179-190, 1998
- [2] Pearson P., Dawe L.A., Timney B.: *Frequency selective effects of alcohol on auditory detection and frequency discrimination thresholds*. Alcohol & Alcoholism, Vol. 34(5): 741-749, 1999.
- [3] Seeber B., Fastl H., Koči V.: *Ein PC-basiertes Békésy-Audiometer mit Bark-Skalierung*. Fortschritte der Akustik, DAGA 2003, Verl.: Dt. Gesell. für Akustik e. V., Oldenburg, 614-615 (2003).
- [4] Stroop J.R.: *Studies of interference in serial verbal reactions*. Journal of Experimental Psychology (18):643-662, 1935.
- [5] Taylor M.M., Creelman C.D.: *PEST: Efficient Estimates on Probability Functions*. J. Acoust. Soc. Am., Vol. 41(4): 782-787, 1967.
- [6] Terhardt E.: *Akustische Kommunikation*. Springer 1998.