

Untersuchungen zum richtungsspezifischen Aufbau des Präzedenzeffektes

Thomas Djelani
 Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum

Das auditive System des Menschen ist in der Lage sich an ein akustisches Szenario anzupassen. Ein Beispiel für einen solchen Anpassungsprozeß bietet der Aufbau des auditiven Präzedenzeffektes (PE; Clifton, 1987). Dieser lässt sich psychoakustisch als Aufbau der Echoschwelle oder der sogenannten „Rückwurfrihtungsänderungsunterdrückung“ (RRÄÜ; engl.: lag discrimination suppression) beobachten, wobei nicht geklärt ist, ob den beiden genannten Effekten der selbe Mechanismus zugrunde liegt (Yang und Grantham, 1997). Neuere Untersuchungen zum Aufbau der Echoschwelle haben sehr deutliche Hinweise erbracht, dass dieser Effekt richtungsspezifisch ist (Djelani und Blauert, 2001), dass ein Anstieg der Echoschwelle also nur für die Richtungen beobachtbar ist, aus denen Rückwürfe dargeboten wurden. Diese Hypothese ist nicht identisch mit der bisherigen Annahme, dass Erwartung eine maßgebliche Rolle bei dem Aufbau der Echoschwelle spielt (Clifton et al, 1994). In einem der zwei durchgeführten Experimente wurde obiger Fragestellung weiter nachgegangen, indem die „lag discrimination suppression“ auf einen möglichen richtungsspezifischen Aufbau hin untersucht wurde. Die Ergebnisse dieses Versuchs geben auch weitere Anhaltspunkte für einen beiden Effekten zugrunde liegenden Mechanismus.

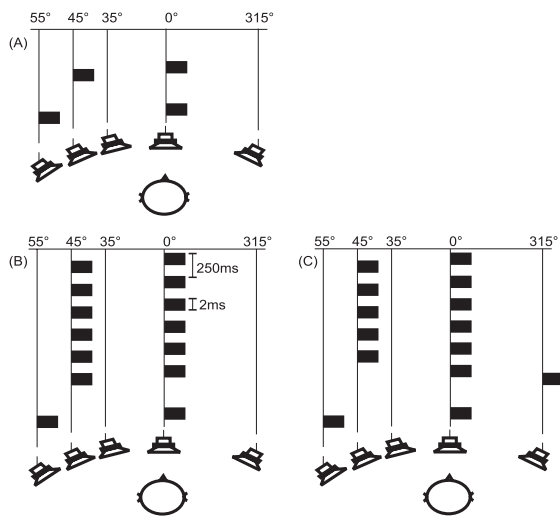


Abbildung 1: Aufbau und Stimuluskonfiguration des Versuchs zum Test eines richtungsspezifischen Aufbaus der RRÄÜ. Verglichen wurden die nicht aufgebaute RRÄÜ (A), die aufgebaute RRÄÜ ohne (B) bzw mit (C) einem folgenden Rückwurfrihtungswechsel.

Versuchsaufbau und Stimulusfolge sind schematisch in Abbildung 1 dargestellt. Als Lautsprecher wurden fünf JBL Control 1C verwendet, die in Kopfhöhe der Versuchsperson in einem Abstand von 2,2 m plaziert waren. Die 2 ms Breitbandrauschsignale wurden mit dem Tucker-Davis WG2 Signalgenerator erzeugt und anschließend bei 20 kHz tiefpassgefiltert. Als Verzögerungseinheit für den simulierten Rückwurf wurde

die Tucker-Davis PD1 benutzt. Beide Rauschimpulse wurden anschließend mit einem Sony TF450D verstärkt, so dass ein Spitzenpegel von ca 65 dB(A) an der Position des Hörers gemessen wurde. Bei jedem Durchgang einer Sitzung wurden dem Hörer zunächst 20 Primärschall-Rückwurf-Paare mit einer Rate von 4/s dargeboten. Der Primärschall wurde dabei von dem Lautsprecher bei 0° Azimut und der Rückwurf von 45° emittiert. Nach einer Pause von 750 ms wurde der eigentliche Teststimulus dargeboten, bei dem der Rückwurf alternativ aus der 35°- oder der 55°- Richtung dargeboten wurde. Aufgabe der Versuchspersonen war es anzugeben, ob der Rückwurf aus der 35°- oder der 55°-Richtung emittiert wurde. Die Antwort wurde mit Hilfe einer Druckknopfleiste aufzeichnet.

Die Ergebnisse der 7 Versuchspersonen sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Balkenhöhe repräsentiert die Mittelwerte der in den drei Versuchsdurchgängen gemessenen Schwellen. Die Fehlerbalken quantifizieren die Streuung. Im Vergleich mit den Resultaten des entsprechenden Echoschwellenexperimentes (Djelani und Blauert, 2001) liegen die einzelnen Schwellen für die Versuchspersonen #2 bis #6 wesentlich dichter beisammen. Lediglich Hörer #1 zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Schwellen. Die gemessenen Werte der Schwellen für die Konfigurationen (a) und (b) sind mit Resultaten anderer Untersuchungen zum Aufbau der RRÄÜ vergleichbar.

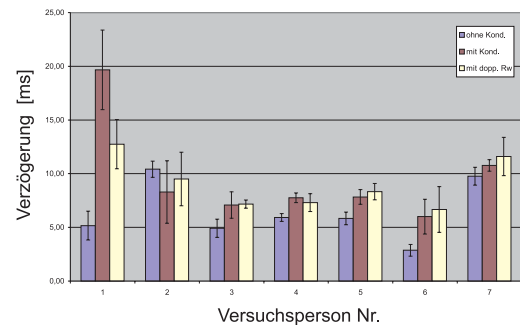


Abbildung 2: Resultate zum Test eines richtungsspezifischen Aufbaus der RRÄÜ

Lediglich die Schwellen der Versuchsteile (b) und (c) der Versuchsperson #1 und die Schwellen des Versuchsteil (a) der Hörer #2 und #7 liegen über den aus der Literatur bekannten Werten (Yang und Grantham, 1997). Für die Versuchspersonen #1 und #3-6 ist die Schwelle für die Konfiguration (a) niedriger, als die für die Konfigurationen (b) und (c). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass für den größeren Teil der Versuchspersonen kein Einbruch der RRÄÜ nach einem zweifachen Wechsel der Rückwurfrihtung stattfindet. Dieses Resultat ist ein weiterer Hinweis für einen richtungsspezifischen Aufbau des PE. Außerdem liefert es ein Indiz dafür, dass Echounterdrückung und RRÄÜ zumindest teilweise die

selben zugrundeliegenden Mechanismen besitzen. Dieses Indiz widerspricht der von Yang und Grantham (1997) gestellten These, die aufgrund des verschiedenen starken Aufbaueffektes bei Echounterdrückung und RRAÜ auf die Existenz verschiedener zugrundeliegender Mechanismen geschlossen hatten.

Inhalt einer weiteren Versuchsreihe ist, die Echoschwelle in verschiedenen Zeitabständen nach ihrem Aufbau unter sonst gleichen Bedingungen zu bestimmen. Ziel ist es eine Zeitkonstante für den „Abbau“ des Aufgebauten PE zu bestimmen. Im Gegensatz zu der ersten Versuchsreihe wird nun die Echoschwelle gemessen, da hier ein deutlicherer Unterschied zwischen erhöhtem und Basisniveau erkennbar ist. Die Versuchsanordnung ist schematisch in Abbildung 3 dargestellt.

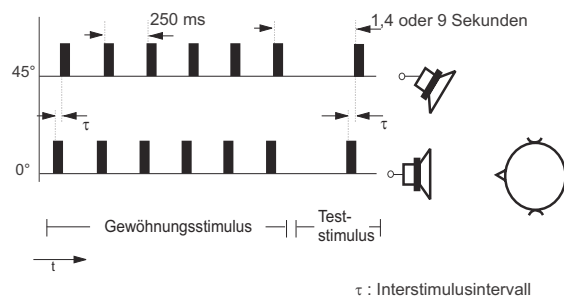


Abbildung 3: Schematischer Versuchsaufbau zur Bestimmung der den „Abbau“ der Echoschwelle beschreibenden Zeitkonstante.

Der Versuch wurde mit dem SCATIS-Lab durchgeführt. Auralisiert wurde ein Direktschall von 0° Azimut und eine Spiegelschallquelle von 45° Azimut. Beide Quellen befanden sich in Kopfhöhe des Hörers. Als Stimulus wurde eine Folge von 2ms Breitbandrauschimpulsen mit einer Wiederholrate von 4 / s dargeboten. Nachdem die 20 Stimuli zum Aufbau der Echoschwelle dargeboten worden waren, wurde nach einer Pause das Teststimuluspaar auralisiert. Die Pause zwischen Gewöhnungs- und Testphase wurde von Sitzung zu Sitzung variiert. Aufgrund obiger Abschätzung für die zu bestimmende Zeitkonstante wurden 1, 4 und 9 s als Pausendauer genutzt. Nach der Darbietung des Teststimulus hatte die Versuchsperson anzugeben, ob sie ein oder zwei Hörereignisse wahrgenommen hat.

Die einzelnen Sitzungen wurden als 2-Alternativen „3-down-1-up“ Experimente realisiert (Anhang ???). Das Sitzungsende war nach 11 Richtungswechseln erreicht. Das arithmetische Mittel der Verzögerungen zwischen Primärschall und Rückwurf bei den letzten acht Richtungswechseln ergab die gemessene Echoschwelle. Die teilnehmenden Hörer hatten bereits an mehreren Versuchen zur Bestimmung von Echoschwellen teilgenommen. Jede der sieben Versuchspersonen hat jede der drei Sitzungen einmal absolviert.

Wie in Abbildung 4 zu erkennen ist, resultierten größere Verzögerungen zwischen Konditionierer und Teststimulus für alle Hörer mit Ausnahme von Hörer #1 in einer niedrigeren Echoschwelle. Nimmt man nun einen näherungsweise exponentiellen Abbau der erhöhten Echoschwelle an, so ergeben sich aus den drei

Messungen die in Abbildung 4 (unten) dargestellten Halbwertzeiten.

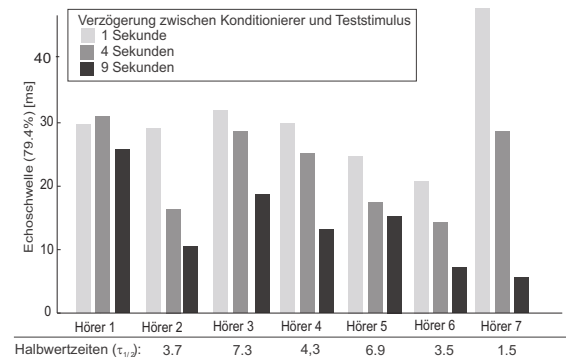


Abbildung 4: Abhängigkeit der Echoschwelle von der Verzögerung zwischen Konditionierer und Teststimulus. Die angegebenen Halbwertzeiten gehen von einem näherungsweise exponentiellen Abklingen der Echoschwelle aus.

Für Hörer #1 wurde keine Halbwertzeit angegeben, da in den Resultaten keine monotone Verzögerungszeit-Schwellen-Abhängigkeit besteht. Als mittlere Halbwertzeit für die Echoschwelle ergibt sich $t_{1/2}=4.5s$. Die Ergebnisse dieses Versuchs zeigen, dass eine aufgebaute Echoschwelle mit der Zeit abklingt. Die gemessene Zeitkonstante gilt zunächst nur für den Fall, dass zwischen Konditionierer und Teststimulus keine Darbietung weiterer Stimuli erfolgt, also für den „Ruhefall“. Es ist zunächst davon auszugehen, dass eine weitere auditive Stimulation des Hörers zu einer Veränderung der Zeitkonstante führt. Somit bildet dieses Resultat auch kein Argument gegen die Existenz des Einbruchs der Echoschwelle, kann aber Teil eines alternativen Erklärungsansatzes von Phänomenen wie dem Clifton-Effekt gesehen werden. Der Wert der ermittelten Zeitkonstante kann in neurophysiologischen Betrachtungen als Anhaltspunkt für Art und Lage der dem Aufbau der Echoschwelle zugrundeliegenden neuronalen Strukturen dienen. Diese Betrachtungen sollen jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter vertieft werden.

Die Arbeit wurde am Institut für Kommunikationsakustik (Bochum) unter Leitung von Professor Blauert durchgeführt und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Literatur

- Clifton, R.K. (1987), „Breakdown of echo suppression in the precedence effect“, *J.Acoust.Soc.Am.*, **82**, 1834-35
- Clifton,R.K.,Freyman, R.L., Litovsky,R.Y., McCall, D. (1994), „Listeners’ expectations about echoes can raise or lower echo threshold“, *J.Acoust.Soc.Am.*, **95**(3), 1525-33
- Djelani,T., Blauert, J. (2001), „Investigations into the build-up and breakdown of the precedence effect“, accepted for publication in *Acta Acustica / ACUSTICA*
- Yang,X., Grantham, D. W. (1997), „Echo suppression and discrimination suppression aspects of the precedence effect“, *PerceptPsychophys*, **59**, 1108-1117