

Synchronizitätswahrnehmung bei audio-vibratorischen Pulsmustern

Magdalena Scholz, Steven van de Par

Exzellenzcluster Hearing4all, Dept. für Medizinische Physik und Akustik, Arbeitsgruppe Akustik

Carl von Ossietzky Universität, 26111 Oldenburg, Deutschland

Email: magdalena.scholz@uni-oldenburg.de, steven.van.de.par@uni-oldenburg.de

Einleitung

Die Wahrnehmung multimodaler Signale ist komplex und abhängig von der Kombination der Modalitäten. Synchronizität zwischen den Modalitäten wird nicht nur am Punkt physikalischer bzw. absoluter Synchronizität wahrgenommen, sondern auch eine gewisse zeitliche Verschiebung zwischen den Modalitäten toleriert. In der Studie von van de Par und Kohlrausch [2] wurde die visuelle und auditive Objektauswahl basierend auf zeitlichen Wechselbeziehungen zwischen den auditiven und visuellen Reizen untersucht und beobachtet, dass die Wahrnehmung von der Form der Asynchronizität abhängt. Die Schwelle für die Wahrnehmung von Asynchronizität eines komplexen Stimulismusters ist von der Richtung der Verzögerung bzw. der verzögerten Modalität abhängig. Audio und Video Verzögerungen weisen unterschiedliche Wahrnehmungsschwellen auf. Wird ein Jitter als Asynchronizität im Experiment verwendet, ist wiederum in andere Wahrnehmungsschwelle zu erwarten. Bei [2] ergaben die Messungen, dass die Wahrnehmungsschwelle im Falle eines Jitters zudem von der Anzahl der Pulse im Pulsmuster abhängt. Für die in den folgenden Abschnitten beschriebene Studie wurde das Versuchsparadigma van de Pars und Kohlrauschs [2] aus der audio-visuellen in die audio-vibratorische Wahrnehmung übertragen.

Methode

Die Wahrnehmungsschwelle kann durch verschiedene Methoden ermittelt werden. In diesem Experiment und bei [2] wird die Wahrnehmungsschwelle mittels eines 1 up - 2 down 2 Interval Zwangsverfahrens (AFC) [1] gemessen. Den Probanden wurde jeweils ein synchrones und ein asynchrones Intervall präsentiert und sie mussten angeben welches synchroner war.

Als Stimulus wurden Sinus als Trägersignale verwendet, welche mit Muster aus Gaußpulsen moduliert waren. Da der Sinus des Audiosignalteils in der zurgunde liegenden Studie eine Frequenz von 500 Hz hatte, wurde dies beim Audio-Teil des Signals beibehalten. Für das Vibrationssignal wurden 300 Hz als Trägerfrequenz verwendet, da die Fingerkuppe hier mit am empfindlichsten ist. Die Pulsmuster wurden erzeugt, indem jeder Puls an einem zufälligen Zeitpunkt innerhalb einer 2-Sekunden-Zeitspanne erzeugt wurde. Zur Erzeugung des asynchronen Intervalls wurde jeder Puls um Δt je nach Messkondition verschoben.

Es wurden drei Konditionen betrachtet; Verzögerung des kompletten Audiosignals (DA), Verzögerung des kompletten Vibrationssignals (DV), Jitter der Vibrati-

on (JV). Alle Konditionen wurden für Pulsmuster aus 1, 5 und 20 Pulsen betrachtet.

Bei der Jitter-Kondition wurde jeder Puls um das selbe Δt in eine zufällige Richtung verschoben, sodass die Richtung der Asynchronizität nicht konstant war.

Die Messungen wurden in einer doppelwandigen Hörkabine durchgeführt. Der Aufbau ist schematisch dargestellt in Abbildung 1 zu sehen. Ein kleiner Lautspre-

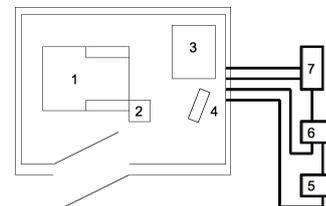


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Messaufbaus in der Hörkabine: Stuhl (1), Sockel mit Vibrationspad darauf (2), Tisch (3), geschlossene Kopfhörer, Tastatur und Monitor (4); Computer (7), Soundkarte (6) und Verstärker (5) waren außerhalb der Kabine

cher diente als Vibrationspad. Der Sockel, auf welchem sich das Vibrationspad befand, war so auf die Armlehne des Stuhls angepasst, dass der rechte Arm der Probanden entspannt auflag und der Zeigefinger entspannt und ohne Druck mittig auf dem Pad liegen konnte. Das Audiosignal wurde über einen geschlossenen Kopfhörer dargeboten, um die Probanden gegen eine auditorische Wahrnehmung des Vibrationssignals abzuschirmen.

Die Messungen wurden mit sechs Probanden durchgeführt, von denen drei männlich und drei weiblich waren. Vor Beginn der Messungen absolvierten die Probanden ein Training, bei welchem alle drei Konditionen bei Pulsmustern aus 1, 3, 5, 10 und 20 Pulsen durchlaufen wurden. Die Probanden machten drei Messungen je Kondition.

Ergebnisse

Bei den Konditionen DA und DV ist die Asynchronizitätswahrnehmungsschwelle nahezu unabhängig von der Anzahl der Pulse, die Verschiebung Δt ist nahezu konstant (DA: $\Delta t_{Median} \approx 80ms$, DV: $\Delta t_{Median} \approx 50ms$, s. Abb. 2). Die Ergebnisse der Jitter-Kondition scheinen abhängig von der Anzahl der Pulse (JV: 1Puls: $\Delta t_{Median} = 73ms$ 5Pulse: $\Delta t_{Median} = 106ms$ 20Pulse: $\Delta t_{Median} = 1000ms$) zu sein. 1000ms war der Maximalwert, den Δt annehmen konnte. Wurde dieser Wert mehr als drei Mal innerhalb einer Schwellenmessung erreicht, wurde die Messung der betreffenden Teilkondition abge-

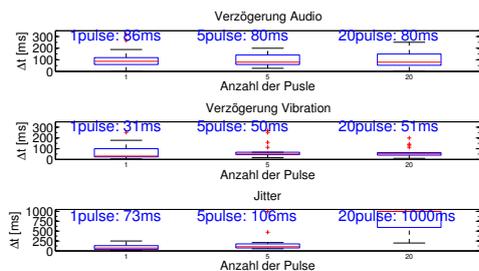


Abbildung 2: Ergebnisse aller Konditionen in Form des Median über alle Probanden und Durchläufe (oben: DA (Verzögerung Audio), mitte: DV (Verzögerung Vibration), unten: JV (Jitter)).

brochen. Im Median konnten die Probanden auch bei einem Zeitversatz von einer Sekunde im asynchronen Intervall dieses nicht korrekt erkennen. Zudem gaben Probanden an, dass sie einen Puls, der auf zwei sich überlagernde Pulse folgte, schwer oder gar nicht wahrnehmen konnten.

Diskussion und Vergleich

Die Abbildungen 3 zeigt die Mittelwerte der Jitter-Kondition jedes Probanden dieser Studie. Abbildung 4 zeigt zum Vergleich die Ergebnisse der Studie von van de Par und Kohlrausch [2]. Der Verlauf der Kurven ist sehr verschieden. In Abbildung 3 ist ein steigender Verlauf in Abhängigkeit der Anzahl der Pulse zu sehen. In Abbildung 4 sinkt die Wahrnehmungsschwelle mit steigender Pulszahl bis hin zu 5 Pulsen, danach bleibt sie konstant bzw. steigt ab 10 Pulsen wieder leicht an. Dies ist bemerkenswert, da eine Schwelle von 20ms (z.B. bei 5 Pulsen) deutlich unter den in der Literatur zu findenden Werten liegt ([3]: 180ms und 75ms) und der Schwellenabfall nahelegt, dass Probanden nicht nur Pulsweise vergleichen, sondern auch die Informationen nutzen, die das Muster liefert. Dies scheint den Probanden im audio-vibratorischen Bereich nicht möglich gewesen zu sein, da hier die Schwelle mit der Pulszahl steigt.

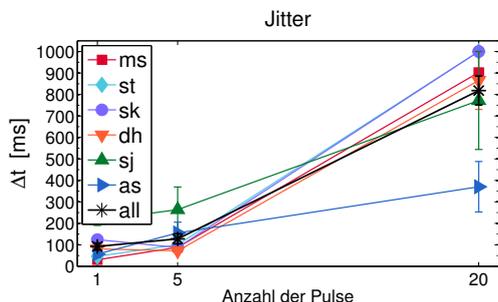


Abbildung 3: Ergebnisse des vibro-akustischen Versuchs. Es ist der Mean über alle Durchläufe für jeden Probanden, sowie der Mean über alle Probanden und Durchläufe (Sternsymbol) dargestellt. Die Wahrnehmungsschwelle der Asynchronizität Δt ist über die im Pulsmuster enthaltene Anzahl von Pulsen aufgetragen.

Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen beider Studien können verschiedene Ursachen haben. Zum einen fiel

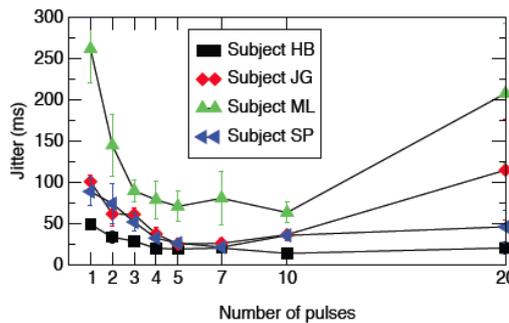


Abbildung 4: Ergebnisse der Studie von van de Par und Kohlrausch[2]. Dargestellt sind die Mittelwerte aller Durchläufe der Probanden. Die Wahrnehmungsschwelle des Jitter (Δt) ist über die Anzahl der Pulse aufgetragen.

es den Probanden schwer unterschiedliche Pulsstärken im Vibratorischen zu erkennen, dies fällt im visuellen und im auditorischen Bereich leichter. Zudem ist die Vibrationswahrnehmung von Faktoren abhängig, die im Versuch nur bedingt kontrolliert werden konnten, wie der Auflagegedruck, die Fingertemperatur und die genaue Auflagefläche der Fingerkuppe auf dem Vibrationspad. Auch die Gewohnheit im Alltag auf audio-visuelle Synchronizität bei komplexen Signalen zu achten, kann ein Faktor sein, da sie im im audio-vibratorischen möglicherweise fehlt.

Zusammenfassung

In der Jitter-Kondition sind im audio-visuellen, wie auch im audio-vibratorischen Fall die Wahrnehmungsschwellen abhängig von der Anzahl der Pulse. Im audio-vibratorischen Experiment steigt die Schwelle mit der Anzahl der Pulse und ab einer hier nicht bestimmten Pulszahl scheinen Versuchsteilnehmer das asynchrone Intervall nicht bestimmen zu können. In der audio-visuellen Studie zeigt sich, dass bei den meisten Probanden die Schwelle mit der Anzahl der Pulse (bis 5 Pulse) sinkt. Dies lässt annehmen, dass die Versuchsteilnehmer die Informationen, die im Pulsmuster steckten nutzen konnten. Dieser Unterschied könnte auf die Wahrnehmungsdauer der einzelnen Modalitäten zurückzuführen sein oder darauf, dass Menschen sehr darauf trainiert sind, auditive und visuelle Reize zu vergleichen und als zusammengehörend wahrzunehmen. Es wird erwartet, dass dies beim Tastsinn nicht der Fall ist, da man hierbei selten auf den zeitlichen Verlauf achten oder audio- und vibratorische Signale zueinander zuordnen muss.

Literatur

[1] M. R. Leek: Adaptive procedures in psychophysical research. Perception & psychophysics, 63(8) (2001), 1279-1292
 [2] S. van de Par and A. Kohlrausch: Visual and auditory object selection based on temporal correlations between auditory and visual cues. In Proc. 18th Int. Congress on Acoustics. Kyoto, Japan (2004), pages 4-9

- [3] N. F. Dixon, L. Spitz, et al.: The detection of auditory visual desynchrony. *Perception*, 9(6) (1980):719-721