

Erinnerungsleistung für Landmarks in virtuellen Labyrinthen: Stört ein Hintergrundprecher mehr, wenn seine räumliche Position variiert?

Sabine Schlittmeier¹, Edina Fintor²

¹ Lehr- und Forschungsgebiet für Psychologie mit Schwerpunkt Auditive Kognition, Institut für Psychologie, RWTH Aachen University, E-Mail: Sabine.Schlittmeier@Psych.RWTH-Aachen.de

² Lehr- und Forschungsgebiet für Psychologie mit Schwerpunkt Auditive Kognition, Institut für Psychologie, RWTH Aachen University, E-Mail: Edina.Fintor@Psych.RWTH-Aachen.de

Einleitung

Ob ein bestimmter Hintergrundschall kognitive Leistung stört, hängt sowohl von den Schall- als auch von den Aufgabencharakteristika ab. Eine Störwirkung tritt dann auf, wenn die volitionale Aufgabenbearbeitung und die automatische Hintergrundschallverarbeitung auf dieselben kognitiven Prozesse oder Funktionen zurückgreifen. Obwohl dieses so genannte Interference-by-Process Prinzip (z.B. [1]) allgemein akzeptiert ist, wurde es bislang noch nicht vollständig empirisch getestet.

So fokussierte die kognitive Lärmwirkungsforschung in den letzten Jahren vor allem die Effekte von Hintergrundsprache auf verbale Aufgaben. Hier wurde z.B. gezeigt, dass der semantische Gehalt der Hintergrundsprache entscheidend für ihre Störwirkung auf visuelle Aufgaben ist, die auf semantischen Verarbeitungsprozessen beruhen, wie z.B. Leseverständnis oder Textproduktion [2, 3]. Analog ist entsprechend des Interference-by-Process Prinzip anzunehmen, dass die räumlichen Eigenschaften von Hintergrundschall entscheidend für das Auftreten eines Störeffekts bei visuell-räumlichen Aufgaben sind.

Tatsächlich gibt es hierzu nach unserem Wissen keine Studien. Vorliegende Studien untersuchten entweder visuell-räumliche Aufgabe unter Hintergrundsprache, deren räumliche Charakteristik nicht experimentell variiert wurde [4, 5] – oder es wurde Hintergrundsprache bezüglich ihrer räumlichen Charakteristik gezielt variiert, aber eine verbale Aufgabe zur Überprüfung von Störeffekten verwendet [6, 7]. So zeigten die letztgenannten beiden Studien für eine verbale Kurzzeitgedächtnisaufgabe (Serial Recall Aufgabe), dass die räumliche Lokalisation von Hintergrundschall zu ihrem Störeffekt beitragen kann. Aufgrund des Versuchsaufbaus ist dieser Befunde jedoch eher als Folge von “spatial release from masking” zu interpretieren – und damit eines auditiv-perzeptiven Phänomens – und weniger als Folge von Interferenzen zwischen kognitiven Prozessen.

Demgegenüber verwendeten Jones et al. [4] und Kvetnaja [5] mit der so genannte Corsi-Block-Aufgabe eine visuell-räumliche Aufgabe zur Messung der visuell-räumlichen Kurzzeitgedächtnisleistung. Bei dieser Aufgabe wird eine Reihe von 7-9 Positionen auf einem Bildschirm präsentiert, und die Versuchsteilnehmer/innen werden gebeten, die Positionen in genau der präsentierten Reihenfolge anzuklicken. Obwohl bei Jones et al. ([4], Exp. 4) Hintergrundsprache die Leistung in dieser Aufgabe störte, und damit das visuell-räumliche Kurzzeitgedächtnis, konnte Kvetnaja [5] diesen Befund trotz erhöhter Stichprobengröße (und damit erhöhter

statistischer Power) nicht replizieren. Damit stellt sich die Frage, ob es sich beim Befund von Jones et al. [4] um einen Zufallsbefund handelt. Darüber hinaus testeten beide Studien [4, 5] Sprachschall, dessen räumliche Lokalisation nicht variiert wurde, sondern dessen Quelle immer an ein- und derselben Position lokalisiert war. Eine räumliche Variation der Schallquelle könnte allerdings Voraussetzung für das Auftreten einer Störwirkung von Hintergrundschall auf Aufgaben sein, die die Verarbeitung räumlicher Informationen erfordern.

Jones et al. [4] und Kvetnaja [5] variierten die räumliche Lokalisation des Hintergrundschalls deswegen nicht, weil beide darauf abzielten, die bei verbalen Kurzzeitgedächtnisaufgaben für eine Störwirkung belegten kritischen Schallcharakteristika auf eine visuell-räumliche Kurzzeitgedächtnisaufgabe zu übertragen (vgl. [8]). Beim verbalen Pendant zur visuell-räumlichen Corsi-Block Aufgabe wird eine Sequenz von Ziffern, Konsonanten oder Wörtern visuell dargeboten und soll in genau der präsentierten Reihenfolge wiedergegeben werden (verbal serial recall). Es ist ein empirisch robuster Befund, dass Hintergrundsprache die Leistung in dieser verbalen Kurzzeitgedächtnisaufgabe signifikant reduziert, was auf ihre spezifische temporal-spektrale Variabilität zurück geführt werden kann (vgl. [9]). Jones und Ko-Autoren (z.B. [8]) sprechen diesbezüglich vom Changing-state Charakter eines Hintergrundschalls, der dadurch gekennzeichnet ist, dass sich aufeinander folgende auditiv-perzeptive Wahrnehmungseinheiten voneinander unterscheiden. Dies führe zu einer automatischen seriellen Verarbeitung dieser Wahrnehmungseinheiten, was wiederum mit den Seriationsprozessen interferiere, die bei der willentlichen Bearbeitung der oben skizzierten verbalen Serial Recall Aufgabe involviert seien. (Diese so genannte Changing-state Hypothese [8] ist als Spezifikation der später vorgelegten Interference-by-Process Hypothese (vgl. z.B. [1]) zu betrachten.)

Fraglich ist jedoch unserer Meinung nach, ob nicht vielmehr die zu bearbeitende Aufgabe und die dabei beteiligten kognitiven Prozesse definieren, welche auditiv-perzeptiven Eigenschaften des Hintergrundschalls variieren müssen, damit es sich um einen “changing-state” Schall handelt. Dementsprechend wäre zwar beim verbalen Serial Recall die temporal-spektrale Variabilität des Hintergrundschalls ausschlaggebend für seine Störwirkung, bei visuell-räumlicher Kurzzeitgedächtnisleistungen hingegen Variationen in der räumlichen Position der Hintergrundschalquelle.

Dementsprechend untersuchten wir im vorliegenden Experiment die Effekte von Hintergrundsprache auf das Kurzzeitgedächtnis für visuell-räumliche Informationen, wobei entweder die räumliche Position des Hintergrundsprechers variierte oder nicht. Wir konzipierten eine neue Aufgabe, die das visuell-räumliche Kurzzeitgedächtnis erfassen und eine Interaktion der Versuchsperson mit einer audiovisuellen Testumgebung ermöglichen sollte. Diese beiden Anforderungen setzten wir mittels virtueller Labyrinth um, die von den Versuchspersonen (am Computerbildschirm) durchlaufen werden konnten und in denen sich verschiedene Orientierungspunkte (Landmarks) befanden (z.B. eine Bäckerei, ein Park). Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin jeweils den Ausgang aus diesen Labyrinthen zu finden und sich die räumliche Position der Landmarks zu merken. Im Experiment wurde geprüft, ob die Gedächtnisleistung in dieser Aufgabe durch einen Sprechersgestört wird, wenn dieser nacheinander von verschiedenen räumlichen Positionen zu hören ist. Als Referenzbedingungen diente zum einen Ruhe und zum anderen Sprachschall, bei dem der Sprecher immer an derselben Position verblieb.

Experiment

Methode

Es nahmen 32 Studierende (24 Frauen) der RWTH Aachen University am Experiment teil. Die Teilnehmer waren zwischen 18 und 33 Jahre alt ($Md = 22,5$ Jahre) und hatten auf einen Aufruf zur Versuchsteilnahme reagiert. Alle Versuchspersonen gaben eine schriftliche Einverständniserklärung ab, berichteten über ein normales Hörvermögen zu verfügen und erhielten für die Teilnahme Credit Points. Jede Versuchsperson war in der Lage in einem Lokalisationstest die fünf auralisierten Sprecherpositionen zu unterscheiden und korrekt zu identifizieren.

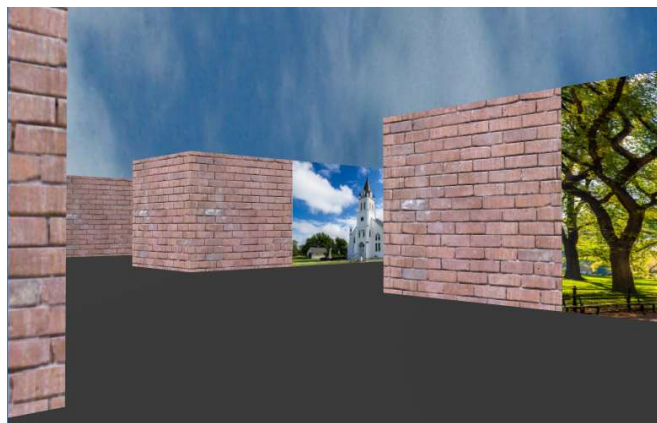


Abbildung 1: Screenshot eines Labyrinths

Die virtuellen Labyrinth wurden mit der kostenlosen Software Maze Suite [10, 11] erstellt, die auch als Versuchssteuerung verwendet wurde. Alle Labyrinth hatten dieselben Abmessungen, vergleichbaren Schwierigkeitsgrad und wiesen einen dunklen Boden, Ziegelwände und Himmel auf. Abbildung 1 zeigt einen Beispiel-Screenshot eines Labyrinths. Es wurde jeweils eine Startposition und eine nicht-triviale Zielregion definiert.

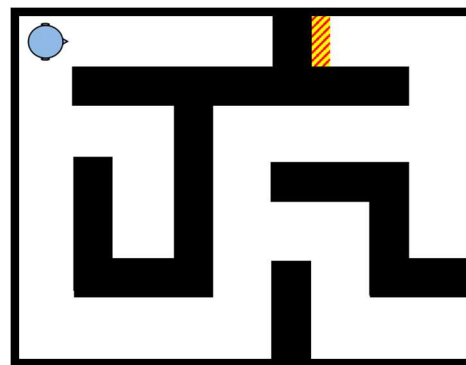


Abbildung 2: Karte zum Einzeichnen der erinnerten Landmarks. Markiert sind vorab die Startposition (Kopfsymbol) und die Zielregion (schraffierte Fläche).

In jedem Labyrinth wurden dieselben acht Landmarks gezeigt, z.B. ein Obststand, ein Geldautomat, ein Park, deren Abfolge und Position jedoch von Labyrinth zu Labyrinth variierte. Jedes Labyrinth wurde so angelegt, dass die Versuchsperson an allen Landmarks vorbeikommen musste, um das Ziel zu erreichen. Danach wurde zum Abruf der Landmarks der Versuchsperson eine Draufsicht des Labyrinths vorgelegt, in der die Startposition und die Zielregion als Orientierungshilfe eingezeichnet waren (vgl. Abbildung 2).

Jeweils vier Labyrinth wurden unter drei Schallbedingungen gegeben: (1) Ruhe (zur Erfassung der Leistungs-Baseline der Versuchsperson in der Aufgabe), (2) Hintergrundsprache eines Sprechers, der entweder nacheinander von verschiedenen Positionen spricht (variierende Sprecherposition) oder (3) immer an derselben Position verweilt (konstante Sprecherposition). Die Reihenfolge der Schallbedingungen wurde über die Versuchspersonen balanciert.

Zur Auralisation der Hintergrundschallbedingungen wurde Sprachmaterial des OLSA (Oldenburger Satztest; Oldenburger Satztest; [12]) verwendet. Diese unverbundenen, syntaktisch korrekten aber semantisch sinnfreien Sätze (Matrixsätze) eines männlichen Sprechers wurde binaural auralisiert. In der Sprachschallbedingung mit variierender Sprecherposition wurde der Sprecher auf einer von fünf Positionen auf einem Halbkreis mit Radius 2 m um den Zuhörer (sprich Versuchsperson) auf den Positionen -90° , -45° , 0° , $+45^\circ$, $+90^\circ$ auralisiert [13]. Aufeinanderfolgende Sätze unterschieden sich immer zufällig in Bezug auf die Sprecherposition. In der anderen Sprachschallbedingungen verblieb der Sprecher immer an derselben Position (0°). Die Pausen zwischen den Sätzen waren jeweils in zufälligen Reihenfolgen 75 ms, 100 ms, 125 ms, 150 ms, 175 ms oder 200 ms lang.

Ergebnisse

Ein Punkt wurde gegeben, wenn die Position einer Landmark korrekt auf der Kartenskizze eingezeichnet wurde (i.e. "wo"), ein weiterer Punkt für die korrekte Angabe der Identität der Landmark (i.e. "was"). Entsprechend konnten maximal 16 Punkte (4 Labyrinth x 2 Punkte) in jeder der drei Schallbedingungen erreicht werden. Abbildung 3 visualisiert die mittlere Erinnerungsleistung über alle Versuchspersonen je Schallbedingung. Eine ANOVA (Vari-

anzalyse) über den within-subject Faktor Schall (variiere Sprechersposition, konstante Sprechersposition, Ruhe) weist einen signifikanten Schalleffekt nach, $F(2,62) = 3,35$, $p < .05$. T-Tests für gepaarte Stichproben zeigen, dass dieser auf eine signifikant erhöhte Fehlerrate unter Sprachschall mit räumlich variierendem Sprecher zurückzuführen ist. Die Fehlerraten sind hier signifikant höher als unter Ruhe, $t(31) = 2,03$, $p = .05$, 2-seitig, und auch signifikant höher als unter Hintergrundsprache mit konstanter Sprechersposition, $t(31) = 2,38$, $p < .05$, 2-seitig. Die Leistungen unter den beiden letztgenannten Bedingungen unterscheiden sich nicht, $t(31) = 0,35$, $p = .73$, 2-seitig. Somit mindert nur Hintergrundsprache mit variierender Sprechersposition die visuell-räumliche Erinnerungsleistung während Hintergrundsprache mit konstanter Sprechersposition nicht stört.

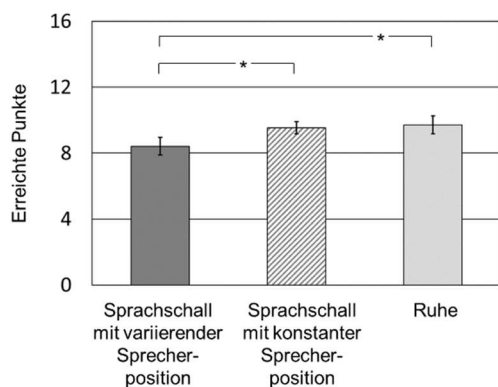


Abbildung 3: Mittelwerte visuell-räumliche Erinnerungsleistung mit Standardfehlern ($n = 32$)

Diskussion

Das vorliegende Experiment prüfte, ob Hintergrundsprache das visuell-räumliche Kurzzeitgedächtnis in Abhängigkeit davon stört, ob die räumliche Position des Hintergrundsprechers variiert oder nicht. Dazu wurde eine neu konzipierte Aufgabe verwendet, in der die Versuchspersonen durch virtuelle Labyrinth navigierten und sich die Orientierungspunkte (Landmarks) merken sollten, an denen sie vorbeikamen. Es zeigte sich, dass Hintergrundsprache nur dann das Erinnern der Landmarks – und damit das visuell-räumliche Kurzzeitgedächtnis – störte, wenn die räumliche Position, von der der Hintergrundsprecher sprach, variierte. Wurde der Sprecher hingegen so auralisiert, dass er immer von derselben Position zu hören war, war die visuell-räumliche Erinnerungsleistung nicht reduziert. Der letztgenannte Befund zeigt, dass die räumlichen Charakteristika der Hintergrundsprache und nicht ihre temporal-spektrale Variabilität für das Auftreten der Störwirkung in der verwendeten visuell-räumlichen Gedächtnisaufgabe verantwortlich waren.

Aus kognitionspsychologischer Sicht ist das Ergebnis der vorliegenden Studie aufschlussreich und motivierend, da bislang eine Überprüfung des Interference-by-Process Prinzips (vgl. z.B. [1]) für visuell-räumliche Aufgaben und räumliche Schallcharakteristika nicht vorlag. In zukünftiger Forschung sollte einerseits der vorliegende Befund mit derselben Aufgabe repliziert werden. Andererseits könnten die Effekte einer bzgl. ihrer räumlichen Position variierenden

Schallquelle bei weiteren Aufgaben untersucht werden, die ebenfalls auf der kognitiven Verarbeitung räumlicher Informationen beruhen (z.B. Corsi-Block Aufgabe, Konstruktionsaufgabe). Solche Untersuchungen können auch in anwendungsbezogener Perspektive wichtige Beiträge liefern. So sind Hintergrundgeräusche naturgemäß an unterschiedlichen Positionen im uns – den Zuhörern – umgehenden Raum verortet und bewegen sich unter Umständen durch diesen (z.B. telefonierende Spaziergänger, vorbeifahrende Autos). Binaurale Signale, die die räumliche Lokalisation von Schallquellen ermöglichen, werden jedoch in der kognitiven Lärmwirkungsforschung bislang nur spärlich eingesetzt.

Die Tatsache, dass die Wirkung eines bestimmten Hintergrundschalls auf kognitive Leistung sowohl von den Schall- als auch von den Aufgabenmerkmalen abhängt, stellt eine besondere Herausforderung für die Aufklärung hintergrundschallbedingter Störeffekte dar. Einerseits erfordert ein grundlagenwissenschaftlicher Ansatz hochgradig kontrollier- und variierbare Schall- und Aufgabencharakteristika, um die einem Störeffekt zugrundeliegenden perzeptiven und/oder kognitiven Prozesse aufzudecken. Andererseits sind komplexere bzw. realitätsnähere kognitive Aufgaben sowie plausiblere Hintergrundschalle und -präsentationsbedingungen von Nöten, um grundlegende Erkenntnisse auf ihre Überführbarkeit in und Relevanz für die Praxis überprüfen zu können. Um die hier oftmals schwer überbrückbare Kluft zu verkleinern, könnten interaktive, audiovisuelle Virtual-Reality (VR) Anwendungen ein probates Mittel darstellen. Damit können “realitätsnähere”, aber dennoch kontrolliert variierbare Versuchsaufbauten sowie standardisierte Versuchsbedingungen aufgesetzt werden. Für die subjektive Beurteilung der Emissionen eines Windparks bzgl. Lästigkeit und weiterer Aspekte wurde dies kürzlich von Schäffer et al. ([14]) für audiovisuelle Szenen vorgeführt. Eine interaktive, audiovisuelle VR-Umgebung wurde von Muhammad et al. [15] eingesetzt, mit der die Autoren die von [16] in Hörversuchen erhobenen subjektiven Schallbeurteilungen und Leistungseffekte replizieren konnten. Diese und weitere Studien sprechen dafür, dass VR-basierte Testumgebungen ein vielversprechendes und weiter zu erprobendes Tool für die Lärmwirkungsforschung darstellen.

Anmerkung

Das in diesem Beitrag dargestellte Experiment wurde auch auf der ICA 2019 (23rd International Congress on Acoustics) präsentiert und im dortigen Tagungsband als Experiment 2 vorgestellt [17]. Der hier vorliegende DAGA-Beitrag stellt eine gekürzte und in weiten Teilen deutsche Übersetzung dieses Beitrags dar.

Danksagung

Die Autorinnen danken Lena Hintzen (Studierende B.Sc. Psychologie) für die Unterstützung bei der Datenerhebung. Besonders gedankt sei Dipl.-Ing. Lukas Aspöck und Dipl.-Ing. Florian Pausch vom Institut für Technische Akustik (ITA) der RWTH Aachen University für die Unterstützung bei der binauralen Auralisation der Hintergrundschalle. Die vorgestellten Arbeiten wurden von der HEAD-Genuit-Stiftung finanziert [18].

Literatur

- [1] Marsh JE, Hughes RW, Jones DM. Interference by process, not content, determines semantic auditory distraction. *Cognition*. 2009; 110:23–38. doi: 10.1016/j.cognition.2008.08.003.
- [2] Vasilev MR, Kirkby JA, Angele B. Auditory Distraction During Reading: A Bayesian Meta-Analysis of a Continuing Controversy. *Perspect Psychol Sci*. 2018 A.D.; 13:567–597. doi: 10.1177/1745691617747398.
- [3] Sörqvist P, Nöstl A, Halin N. Disruption of writing processes by the semanticity of background speech. *Scand J Psychol*. 2012 A.D.; 53:97–102. doi: 10.1111/j.1467-9450.2011.00936.x.
- [4] Jones D, Farrand P, Stuart G, Morris N. Functional equivalence of verbal and spatial information in serial short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*. 1995; 21:1008–1018.
- [5] Kvetnaya T. Registered Replication Report: Testing disruptive effects of irrelevant speech on visual-spatial working memory. *Journal of European Psychology Students*. 2018; 2018:10–15.
- [6] Jones DM, Macken WJ. Auditory babble and cognitive efficiency: Role of number of voices and their location. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 1995; 1:216–226. doi: 10.1037/1076-898X.1.3.216.
- [7] Renz T, Leistner P, Liebl A. The effect of spatial separation of sound masking and distracting speech sounds on working memory performance and annoyance. *Acta Acustica united with Acustica*. 2018; 104:611–622. doi: 10.3813/AAA.919201.
- [8] Jones D, Madden C, Miles C. Privileged access by irrelevant speech to short-term memory: The role of changing state. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (A)*. 1992 A.D.; 44:645–669. doi: 10.1080/14640749208401304.
- [9] Schlittmeier SJ, Weissgerber T, Kerber S, Fastl H, Hellbrück J. Algorithmic modeling of the irrelevant sound effect (ISE) by the hearing sensation fluctuation strength. *Attention, Perception and Psychophysics*. 2012; 74:194–203. doi: 10.3758/s13414-011-0230-7.
- [10] Ayaz H, Allen SL, Platek SM, Onaral B. Maze Suite 1.0: A complete set of tools to prepare, present, and analyze navigational and spatial cognitive neuroscience experiments. *Behavioral Research*. 2008; 40:353–359. doi: 10.3758/BRM.40.1.353.
- [11] Ayaz H, Shewokis PA, Curtin A, Izzetoglu M, Izzetoglu K, Onaral B. Using MazeSuite and functional near-infrared spectroscopy to study learning in spatial navigation. *J Vis Exp*. Epub ahead of print. doi: 10.3791/3443.
- [12] HörTech (2011). OLSA – Oldenburger Satztest. Adaptive Sprachaudiometrie mit Sätzen in Ruhe und im Störgeräusch. Oldenburg: HörTech.
- [13] Schröder D, Vorländer M. RAVEN: A real-time framework for the auralization of interactive virtual environments. *Forum Acusticum; Dansk Akustik Selskab; European Acoustics Association; European Congress on Acoustics. Proceedings of Forum Acusticum 2011: 27 June - 01 July, Aalborg, Denmark. Madrid: Spanish Acoustical Society; 2011. [published in Acta acustica united with Acustica]*
- [14] Schäffer B, Pieren R, Wissen Hayek U, Biver N, Grêt-Regamey A. Influence of visibility of wind farms on noise annoyance – A laboratory experiment with audio-visual simulations. *Landscape and Urban Planning*. 2019; 186, 67–78. doi: 10.1016/j.landurbplan.2019.01.014
- [15] Muhammad I, Vorländer M, Schlittmeier SJ. Audio-video virtual reality environments in building acoustics: An exemplary study reproducing performance results and subjective ratings of a laboratory listening experiment. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2019; 146(3), EL310. doi: 10.1121/1.5126598.
- [16] Schlittmeier SJ, Hellbrück J, Thaden R, Vorländer M. The impact of background speech varying in intelligibility: Effects on cognitive performance and perceived disturbance. *Ergonomics*. 2008; 51(5), 719–736. doi: 10.1080/00140130701745925.
- [17] Schlittmeier SJ, Fintor E. Remembering landmarks in a virtual maze: Does the disturbance impact of background speech depend on the spatial information inherent in the speech signal? *Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics, 9 to 13 September 2019 in Aachen, Germany*.
- [18] HEAD-Genuit-Stiftung, Homepage: URL: <https://head-genuit-stiftung.de/>