

Auswirkungen von Active-Noise-Cancelling Kopfhörern auf kognitive Leistungsfähigkeit und Mitarbeiterzufriedenheit im Bürokontext

Benjamin. J. Müller¹, Andreas Liebl²

¹ Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, Deutschland, Email: benjamin.mueller@ibp.fraunhofer.de

² Hochschule Döpfner, 93049 Regensburg, Deutschland, Email: a.liebl@hs-doepfner.de

Abstract

Eine hohe Sprachverständlichkeit führt in offenen Büroumgebungen zu Problemen, da sie sich durch den Irrelevant Sound Effekt negativ auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirkt. Raumakustische Maßnahmen allein können unter Beibehaltung einer offenen Bürostruktur zu keinen ausreichenden Verbesserungen führen. In einer Probandenstudie mit einer Arbeitsgedächtnisaufgabe (Serial-Recall) wurde untersucht, ob sich Active-Noise-Cancelling (ANC)-Kopfhörer positiv auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das subjektive Empfinden bei einer Großraumbüro-Geräuschkulisse auswirken. Es konnte dabei kein signifikanter Unterschied bezüglich der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen den Bedingungen mit aus- und eingeschalteten ANC bei aufgesetzten Kopfhörern sowie ohne Kopfhörer festgestellt werden. Allerdings hatte das ANC einen Einfluss auf das subjektive Empfinden. Die Hintergrundgeräusche wurden mit ANC beispielsweise als signifikant weniger lästig, die Konzentrationsfähigkeit als signifikant höher und der Abstand zur Störquelle als signifikant größer wahrgenommen als ohne.

Einführung

17 Millionen Deutsche sind im Büro beschäftigt [1]. Davon arbeiten nur 58 % in Einzel- oder Zweierbüros, die anderen 42 % in größeren Büroformen. Ginge es nach den Beschäftigten, sähen Bürolandschaften in Deutschland anders aus: 95 % aller Büroarbeiter würden sich für ein Ein- oder Zweierbüro entscheiden, wenn sie die Wahl hätten [2]. Trotzdem planen Unternehmen bei zukünftigen Immobilien aus wirtschaftlichen Gründen vor allem größere Bürolandschaften [1]. Die offenen Büroformen bringen viele Probleme im Bereich der Akustik, aber auch in anderen Bereichen mit sich. Durch den Einsatz raumakustischer Maßnahmen lassen sich nur bedingt Verbesserungen erzielen. Zwar wird versucht nicht nur die Nachhallzeit, sondern vor allem auch die Sprachverständlichkeit von störender oder irrelevanter Sprache im Büro zu reduzieren, jedoch kann die Raumakustik nur sehr begrenzt beeinflusst werden, wenn eine offene Bürostruktur gewahrt werden soll. Nicht nur subjektiv wird Lärm als großes Problem von den Mitarbeitern in offenen Büroumgebungen gesehen – Studien zeigen, dass er auch einen messbaren Einfluss auf die Gesundheit hat. Das vegetative Nervensystem des Menschen wird ab einem Geräuschpegel von 60 dB(A) negativ beeinflusst. Besonders sprachlicher Störschall hat negative Auswirkungen, er führt schon ab einem Pegel von 35 dB(A) zu Leistungseinbußen des Arbeitsgedächtnisses [3]. Dieser Effekt wurde erstmals 1976 unter dem Namen Irrelevant Sound Effect (ISE) von Colle und Welsh untersucht [4]. Er beschreibt den Abfall der Kurzzeitgedächtnisleistung, wenn irrelevante Geräusche zu hören sind. Der ISE wirkt sich auf viele Bereiche des Gedächtnisses aus. Verschiedenste Studien seit 1976 zeigen negative Einflüsse auf das Merken von Zahlen [5], [6], das Vorlesen [7], das Fehler finden in einem Text [8], [9] sowie das Lösen von Rechenaufgaben [10] [11]. In mehreren Probandenstudien [12], [13], [10], [11] wurde der Effekt außerdem explizit

bei Büro-Hintergrundgeräuschen nachgewiesen [4]. Um den ISE zu reduzieren, werden in Großraumbüros immer häufiger ANC-Kopfhörer eingesetzt. Aus diesem Grund wurde untersucht, inwieweit sich durch ANC-Kopfhörer die Störwirkung von Sprachschall in Büroräumen reduzieren lässt. Über einen Probandenversuch wurde überprüft, ob diese zu einer Verbesserung der Arbeitsgedächtnisleistung beitragen können. Außerdem wurde im Zuge des Hörversuchs anhand von Fragebögen evaluiert, ob ANC-Kopfhörer einen Einfluss auf das subjektive Empfinden haben.

Methode und Versuchsplanung

Apparatur und Stimuli

Für die Durchführung des Hörversuchs im Labor wurden binaurale Aufnahmen aus einem besetzten Großraumbüro benötigt. Dafür wurden zunächst Sätze aus dem Oldenburger Satztest am Fraunhofer IBP in einem Freifeldraum von einem männlichen Sprecher nachhallfrei aufgezeichnet. Als Großraumbüro wurde ein typisches Mehrpersonenbüro verwendet in welchem sich acht Büroarbeitsplätze befanden. Bei der Decke handelte es sich um eine Betondecke, der Boden war mit Teppich ausgestattet. Es befanden sich keine Schirmwände zwischen den Arbeitsplätzen. Die Nachhallzeit im Raum erfüllte die Anforderungen der Raumakustikklasse C nach VDI 2569:2016-02 - Entwurf.

Im Großraumbüro wurden drei typische Positionen (Abstand zum Zuhörer 2.79 m, 5.97 m, 11.57 m) für die Sprecher gewählt. Die Wiedergabe der Sprachsignale wurde mit einem Studiolautsprecher (Yamaha MSP3) realisiert, welcher eine ähnliche Richtcharakteristik wie ein menschlicher Sprecher aufweist und für jede Position unterschiedliche Satzfolgen mit einem Sprachpegel von 59 dB(A) in 1 m Entfernung nach ANSI/ASA S3.5-1997 (R2017) wiedergab. Die Aufnahme erfolgte mit dem Kunstkopf HEAD acoustics HMS III. Die Aufnahme wurde ohne ANC-Kopfhörer, mit ausgeschalteten ANC-Kopfhörern und mit angeschalteten ANC-Kopfhörern durchgeführt.

Der Hörversuch wurde im HiPIE (High Performance Indoor Environment)-Labor des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik durchgeführt. Das Experimentalprogramm wurde mittels der Software PsyScope X Experiment Control System (Version B57) erstellt. Die Schalle wurden über das Versuchsprogramm abgespielt. Die Kopfhörerausgabe erfolgte über das HEAD acoustics PEQ V Frontend, welches die Entzerrung der Kunstkopfaufnahmen, eine kalibrierte Kopfhörerentzerrung für die verwendeten Sennheiser HD 600 Kopfhörer und die kalibrierte Wiedergabe der Schalle sicherstellte. Die Versuchspersonen (Vpn) wurden einzeln getestet. Zum Test der kognitiven Leistungsfähigkeit wurde der Serial-Recall Test verwendet. Die Aufgabe der Probanden war es, sich neun verschiedene nacheinander in zufälliger Reihenfolge präsentierte Zahlen von 1–9 zu merken und nach einer Pause von acht Sekunden richtig wiederzugeben. Während der Pause wurde der Hintergrundschall weiter abgespielt, wodurch der Einfluss des Hintergrundgeräuschs auf die kognitive Leistungsfähigkeit gut ab-

gebildet werden konnte. Die Eingabe erfolgte durch Anklicken der Zahlen auf dem Bildschirm. Nach der Übung mit sechs Durchgängen absolvierten die Probanden 12 Durchgänge pro Hintergrundscharlbedingung. Insgesamt bearbeiteten die Probanden 54 Durchgänge. Am Ende einer jeder Bedingung wurden die Probanden aufgefordert, Fragen bezüglich der Schal-le zu beantworten. Die Fragebögen wurden mit dem Web-basierten Umfragetool „LimeSurvey“ erstellt und im Brow-ser ausgeführt. Die Hintergrundscharlbedingungen wurden in randomisierter Reihenfolge dargeboten.

Versuchsdesign und Probandenstichprobe

Es wurde ein einfaktorielles Versuchsdesign mit vier Faktorstufen (Ruhebedingung: *Ruhe*, Kopfhörer – mit ANC: *AN-Can*, Kopfhörer – ohne ANC: *AN-Caus*, Kopfhörer nicht auf-gesetzt: *Keine KH*) und Messwiederholung (within-subjects-design) verwendet. Allen Vpn wurden die selben Bedingungen präsentiert – es gab keine Kontrollgruppe. Als unabhängige Variable wurde der Hintergrundscharl in den vier Faktorstufen *Ruhe*, *ANCan*, *AN-Caus*, *Keine KH* variiert. Die abhängige Variable war die Fehlerrate (Prozentsatz der falsch eingege-benen Zahlen) bei der Serial-Recall Aufgabe. Im Hörversuch wurden die Daten von $N = 21$ Vpn erhoben. Die Vpn waren größtenteils Studierende verschiedener Fachrichtungen. Die Vpn waren zwischen 21 und 69 Jahre alt ($M = 28.52$ Jahre, $MD = 25$ Jahre). Es nahmen 11 weibliche und 10 männliche Vpn am Hörversuch teil. Die Teilnahme wurde vergütet.

Ergebnisse

Die Datenaufbereitung für den Serial-Recall-Test und die sub-jektiven Urteile erfolgte in Microsoft Excel 2016. Alle weiteren statistischen Analysen wurden danach mit der Software IBM SPSS Statistics (Version 19) durchgeführt. Als Signifikanzni-veau wurde $\alpha = 0.05$ festgelegt. Es erfolgte eine Ausreißerkor-rektur. Daten, die um mehr als die 2.5-fache Standardabwei-chung vom Mittelwert abwichen, wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

Serial-Recall

Gemessen wurden die Fehlerraten (die falsch eingegebenen Zahlen) in den verschiedenen Bedingungen. Die einfaktorielle ANOVA (mit Messwiederholung) ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors *Kopfhörer* auf die abhängige Variable *Fehlerrate* ($F(3, 60) = 8.64, p < .001, \eta^2 = .30$). Es zeigten sich beim Vergleich der Fehlerraten über t-Tests mit verbun-dener Stichprobe signifikante Unterschiede für die Vergleiche *Ruhe* – *Keine KH* ($t(20) = -4.01, p = .001, d = -0.88$), *Ruhe* – *ANCan* ($t(20) = -3.048, p = .006, d = -0.67$) und *Ruhe* – *AN-Caus* ($t(20) = -2.858, p = .01, d = -0.62$). Alle anderen Vergleiche (*Keine KH* – *ANCan*, *Keine KH* – *AN-Caus*, sowie *ANCan* – *AN-Caus*) zeigten keine signifikanten Unterschiede. Die Mittelwerte sind in Abbildung 1 im Vergleich dargestellt. Durch die durchgeführten t-Tests konnte gezeigt werden, dass Kopfhörer – egal, ob mit an- oder ausgeschaltetem ANC – sich nicht signifikant auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswir-ken.

Subjektive Urteile

Lästigkeit

Der Vergleich der Lästigkeit (siehe Abbildung 2) in den ver-schiedenen Hintergrundscharlbedingungen über eine einfaktorielle ANOVA (mit Messwiederholung) ergab einen signi-fikanten Haupteffekt des Faktors *Hintergrundscharl* auf die abhängige Variable *Lästigkeit* ($F(3, 60) = 132.24, p < .001,$

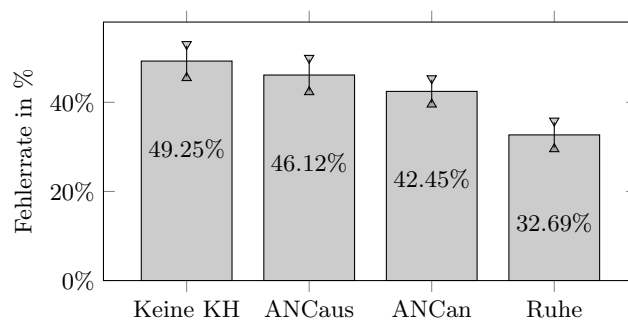


Abbildung 1: Über alle Vpn gemittelte Fehlerrate des Serial-Recalls. Die abgetragenen Fehlerbalken entsprechen der Standard-abweichung.

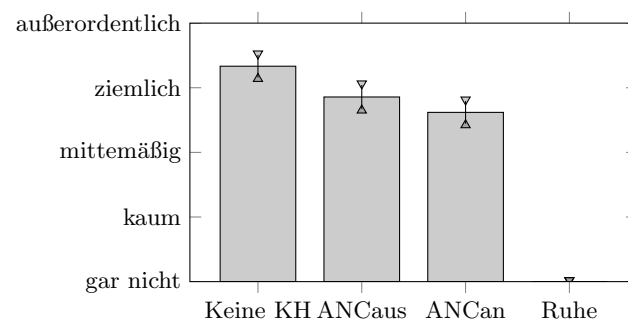


Abbildung 2: Über alle Vpn gemittelter Wert der wahrgenommenen Sprecherlästigkeit. Die abgetragenen Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung.

$\eta^2 = .869$). Der Vergleich der wahrgenommenen Lästigkeit des Hintergrundscharls ohne Kopfhörer zu den Bedingungen mit Kopfhörer über paarweise t-Tests mit verbundener Stichprobe ergab signifikante Unterschiede zu *ANCan* ($t(20) = 4.176, p < .001, d = 0.91$) und zu *AN-Caus* ($t(20) = 2.682, p = .014, d = 0.59$). Zwischen *ANCan* – *AN-Caus* ($t(20) = -1.096, p = .286, d = -0.24$) konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Ruhebedingung wurde signifikant weniger lästig wahrgenommen.

Konzentrationsvermögen

Der Vergleich des subjektiv wahrgenommenen Konzentrati-onsvermögens (siehe Abbildung 3) in den verschiedenen Hin-tergrundscharlbedingungen über eine einfaktorielle ANOVA (mit Messwiederholung) ergab einen signifikanten Hauptef-fekt des Faktors *Hintergrundscharl* auf die abhängige Variable *Konzentrationsvermögen* ($F(3, 60) = 37.977, p < .001, \eta^2 = .655$). Für die Vergleiche *Keine KH* – *ANCan* ($t(20) = -3.005, p = .007, d = -0.66$) sowie *ANCan* – *AN-Caus* ($t(20) = 2.121, p = .047, d = 0.46$) zeigten sich signifikante Unterschiede im Konzentrationsvermögen.

Sprecherlautheit

Der Vergleich der Sprecherlautheit (siehe Abbildung 4) in den verschiedenen Hintergrundscharlbedingungen über eine ein-faktorielle ANOVA (mit Messwiederholung) ergab einen si-gnifikanten Haupteffekt des Faktors *Hintergrundscharl* auf die abhängige Variable *Lautheit* ($F(3, 57) = 163.369, p < .001, \eta^2 = .896$). Für die Vergleiche *Keine KH* – *ANCan* ($t(19) = 7.285, p < .001, d = 1.63$) sowie *Keine KH* – *AN-Caus* ($t(20) = 3.873, p < .001, d = 0.85$) zeigten sich signifikante Un-terschiede in der empfundenen Lautheit. Zwischen *ANCan* – *AN-Caus* ($t(19) = -1.926, p = .069, d = -0.43$) konnten kei-ne signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Das Laut-

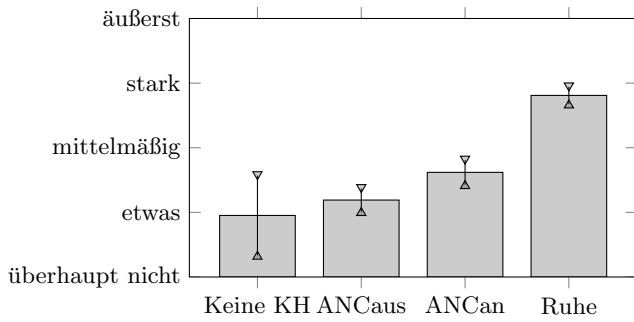


Abbildung 3: Über alle Vpn gemittelter Wert des Konzentrationsvermögens. Die abgetragenen Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung.

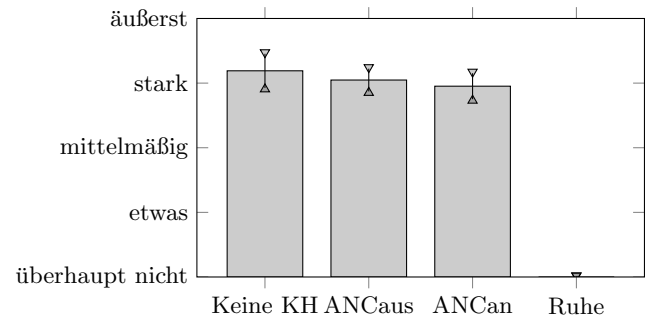


Abbildung 6: Über alle Vpn gemittelter Wert der subjektiv wahrgenommenen Langzeitstörung. Die abgetragenen Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung.

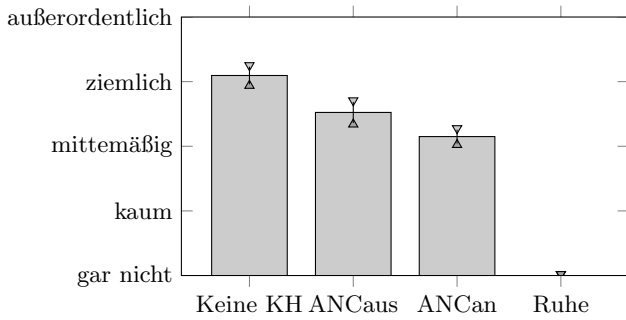


Abbildung 4: Über alle Vpn gemittelter Wert der wahrgenommenen Sprecherlautheit. Die abgetragenen Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung.

heitsempfinden in Ruhe war im Vergleich zu allen anderen Bedingungen signifikant geringer.

Abstand zum Sprecher

Der Vergleich des empfundenen Abstand des Sprechers (siehe Abbildung 5) in den verschiedenen Hintergrundsallbedingungen über eine einfaktorielle ANOVA (mit Messwiederholung) ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors *Hintergrundsall* auf die abhängige Variable *Distanz* ($F(2, 38) = 11.047, p < .001, \eta^2 = .368$). In paarweisen t-Tests mit verbundener Stichprobe zeigten sich jeweils signifikante Unterschiede bezüglich der geschätzten Sprecherdistanz bei den Vergleichen der Bedingung *Keine KH* mit den Bedingungen *ANCan* ($t(19) = -3.773, p = .001, d = -0.84$) sowie *ANCAus* ($t(19) = -4.325, p < .001, d = -0.97$). Es zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede bei den Vergleichen *ANCan - ANCAus* ($t(19) = 2.179, p = .042, d = 0.49$).

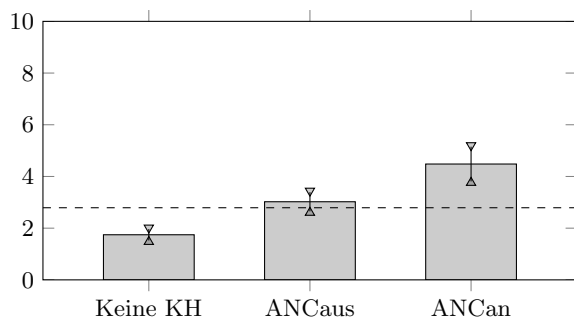


Abbildung 5: Über alle Vpn gemittelter Wert des wahrgenommenen Abstands zum Sprecher. Die abgetragenen Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung. Die horizontale Linie zeigt den tatsächlichen Abstand des nächstgelegenden Sprechers.

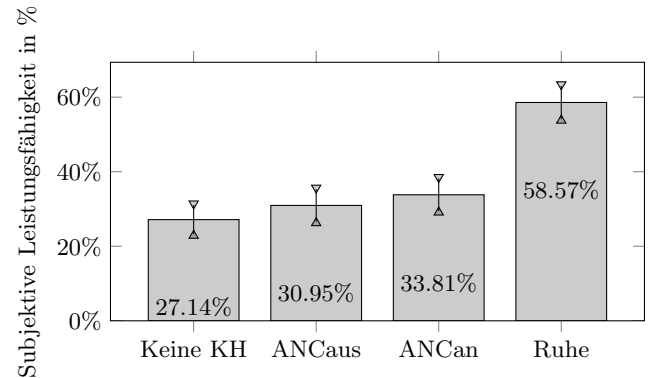


Abbildung 7: Über alle Vpn gemittelter Wert der subjektiven Leistungsfähigkeit. Die abgetragenen Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung.

Langzeitstörung

Der Vergleich der Langzeitstörung (siehe Abbildung 6) in den verschiedenen Hintergrundsallbedingungen über eine einfaktorielle ANOVA (mit Messwiederholung) ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors *Hintergrundsall* auf die abhängige Variable *Langzeitstörung* ($F(1.62, 30.76) = 65.573, p < .001, \eta^2 = .775$). In paarweisen t-Tests mit verbundener Stichprobe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Langzeitstörung bei den Vergleichen *Keine KH - ANCan* ($t(20) = 0.665, p = .514, d = 0.15$), *Keine KH - ANCAus* ($t(20) = 0.420, p = .679, d = 0.09$) und *ANCan - ANCAus* ($t(20) = -0.623, p = .54, d = -0.14$). Die Langzeitstörung in Ruhe war im Vergleich zu allen anderen Bedingungen signifikant geringer.

Subjektive Leistungsfähigkeit

Der Vergleich der subjektiv empfundenen Leistungsfähigkeit (siehe Abbildung 7) in den verschiedenen Hintergrundsallbedingungen über eine einfaktorielle ANOVA (mit Messwiederholung) ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors *Hintergrundsall* auf die abhängige Variable *Leistungsfähigkeit* ($F(3, 60) = 30.520, p < .001, \eta^2 = .604$). In paarweisen t-Tests mit verbundener Stichprobe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der empfundenen Leistungsfähigkeit bei den Vergleichen *Keine KH - ANCan* ($t(20) = -1.807, p = .086, d = -0.39$), *Keine KH - ANCAus* ($t(20) = -1.122, p = .275, d = -0.24$) und *ANCan - ANCAus* ($t(20) = 1.255, p = .224, d = 0.27$). Die subjektiv empfundene Leistungsfähigkeit in Ruhe war im Vergleich zu allen anderen Bedingungen signifikant besser.

Diskussion

Im Rahmen der Untersuchungen sollte überprüft werden, wie sich ANC-Kopfhörer auf die Arbeitsgedächtnisleistung unter Beeinträchtigung durch irrelevanten Sprachschall auswirken. Die Fehlerrate beim Serial-Recall in *Ruhe* war signifikant geringer, als unter anderen Bedingungen. Dies spricht für einen korrekten Versuchsaufbau und -ablauf, da der ISE nachgewiesen wurde. Im Gegensatz dazu fiel die Fehlerrate in den Bedingungen mit Kopfhörern (weder in der Bedingung *ANCaus*, noch in *ANCAn*) nicht signifikant geringer aus, als bei der Bedingung *Keine KH*. Auch zwischen *ANCAn* und *ANCaus* gab es keinen signifikanten Unterschied. Aus dem Ergebnis lässt sich schlussfolgern, dass ANC-Kopfhörer keinen Einfluss auf die Arbeitsgedächtnisleistung haben. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass der Sprachpegel – solange er laut genug ist – für den ISE nicht relevant ist, sondern ausschließlich die Sprachverständlichkeit [14]. Die Sprachverständlichkeit kann durch ANC-Kopfhörer sogar steigen, da Grundrauschen bis 600 Hz sehr gut reduziert wird, Sprache jedoch durch ihre Transienten weniger gut durch den aktiven Algorithmus ausgeblendet wird. Obwohl im Hörversuch keine Verbesserung der Arbeitsgedächtnisleistung festgestellt werden konnte, scheinen ANC-Kopfhörer das subjektive Empfinden der Probanden zu verbessern. Den störenden Sprachschall in der Bedingung *ANCaus* stuften die Probanden als signifikant weniger lästig ein als in *Keine KH*, mit aktiviertem ANC (*ANCAn*) verringerte sich die Lästigkeit abermals signifikant. Auch das Konzentrationsvermögen in der Bedingung *ANCAn* wurde als signifikant besser eingeschätzt, als in *ANCaus* oder *Keine KH*. In Bezug auf die subjektiv empfundene Privatheit können ANC-Kopfhörer ebenfalls von Nutzen sein. Die Probanden stuften die Sprecherlautheit mit Kopfhörern als geringer ein, was vor allem auf die Einfügungsdämpfung der Kopfhörer zurückzuführen ist. Allerdings gab es hier keinen signifikanten Unterschied zwischen *ANCAn* und *ANCaus*. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich viele wichtige Sprachbestandteile im Frequenzbereich über dem durch ANC beeinflussten Bereich befinden. Der signifikante Unterschied zwischen dem wahrgenommenen Abstand des Sprechers (in der Bedingung *ANCAn* wurde dieser als signifikant weiter entfernt wahrgenommen, als bei *ANCaus*) deutet trotzdem darauf hin, dass durch aktive Geräuschunterdrückung eine Verbesserung zu verzeichnen ist. Die Ergebnisse der Befragung bezüglich Langzeitstörung und subjektiver Leistungsfähigkeit decken sich mit den Ergebnissen des Serial-Recalls. Hier konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen *ANCAn* und *ANCaus* sowie *Keine KH* festgestellt werden. Die Untersuchung zeigt, dass ANC nur in bestimmten Bereichen zusätzlich eine Verbesserung zur reinen passiven Schalldämmung in Bezug auf die subjektive Wahrnehmung bringt. Eine signifikante Verschlechterung durch ANC konnte jedoch in keinem Bereich festgestellt werden. Bisher wurden noch keine Urteile erfasst, ob die Probanden sich durch aufgesetzte ANC-Kopfhörer bei der Arbeit im Büro gestört fühlen.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ANC-Kopfhörer keinen signifikanten Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei der Arbeit in einem Großraumbüro haben. Dies wird von den Probanden auch subjektiv so wahrgenommen, es wurden keine signifikanten Unterschiede bei der Befragung bezüglich subjektiver Leistungsfähigkeit gefunden. Für ANC-Kopfhörer kann es in Großraumbüros jedoch trotzdem sinnvolle Einsatzzwecke geben, da sie die Lästigkeit von Gesprächen anderer Mitarbeiter reduzieren und die wahrgenommene Privatheit steigern. Diese beiden

Faktoren haben sich in vielen am Fraunhofer IBP durchgeführten Bürobefragungen als Hauptstörfaktoren erwiesen. In zusätzlichen Probandenstudien könnte eine umfangreichere Untersuchung der Auswirkungen von ANC-Kopfhörern auf die kognitive Leistungsfähigkeit durch andere Tests als den in dieser Arbeit verwendeten Serial-Recall durchgeführt werden.

Literatur

- [1] S. Stadler, "Open Space Büros: Eine Studie über die Machbarkeit und Umsetzung von offenen Bürostrukturen", 2011.
- [2] *bso-Studie 2015, Status quo der Büro-Arbeitsplätze in Deutschland*, 2015.
- [3] *VDI 2569:2016-02 - Entwurf, Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro*, Verein Deutscher Ingenieure, 2016.
- [4] N. Venetjoki, A. Kaarlela-Tuomaala, E. Keskinen und V. Hongisto, "The effect of speech and speech intelligibility on task performance.", eng, *Ergonomics*, Bd. 49, Nr. 11, S. 1068–1091, 2006, issn: 0014-0139 (Print); 0014-0139 (Linking). DOI: 10.1080/00140130600679142.
- [5] H. Colle, "Auditory encoding in visual short-term recall: effects of noise intensity and spatial location", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Bd. 19, Nr. 6, S. 722–735, 1980, issn: 0022-5371. DOI: 10.1016/S0022-5371(80)90403-X.
- [6] P. Salamé und A. Baddeley, "Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Bd. 21, Nr. 2, S. 150–164, 1982, issn: 0022-5371. DOI: 10.1016/S0022-5371(82)90521-7.
- [7] R. C. Martin, M. S. Wogalter und J. G. Forlano, "Reading comprehension in the presence of unattended speech and music", *Journal of Memory and Language*, Bd. 27, Nr. 4, S. 382–398, 1988, issn: 0749-596X. DOI: 10.1016/0749-596X(88)90063-0.
- [8] N. D. Weinstein, "Noise and intellectual performance: A confirmation and extension", *The Journal of applied psychology*, Bd. 62, S. 104–111, 1977. DOI: 10.1037/0021-9010.62.1.104.
- [9] D. M. Jones, C. Miles und J. Page, "Disruption of proofreading by irrelevant speech: Effects of attention, arousal or memory?", *Applied Cognitive Psychology*, Bd. 4, Nr. 2, S. 89–108, 1990. DOI: 10.1002/acp.2350040203.
- [10] S. Banbury und D. C. Berry, "Habituation and Dishabituation to Speech and Office Noise", *Journal of Experimental Psychology Applied*, Bd. 3, 1997. DOI: 10.1037/1076-898X.3.3.181.
- [11] S. Banbury und D. C. Berry, "Disruption of office-related tasks by speech and office noise", *British Journal of Psychology*, Bd. 89, S. 499–517, 1998. DOI: 10.1111/j.2044-8295.1998.tb02699.x.
- [12] N. D. Weinstein, "Effect of noise on intellectual performance", *Journal of Applied Psychology*, Bd. 59, S. 548–554, 1974. DOI: 10.1037/h0037338.
- [13] J. L. Loewen und P. Suedfeld, "Cognitive and Arousal Effects of Masking Office Noise", *Environment and Behavior*, Bd. 24, S. 381–395, 1992. DOI: 10.1177/0013916592243006.
- [14] S. Banbury, W. J. Macken, S. Tremblay und D. M. Jones, "Auditory Distraction and Short-Term Memory: Phenomena and Practical Implications", *Human Factors*, Bd. 43, Nr. 1, S. 12–29, 2001. DOI: 10.1518/001872001775992462.