

Technische Hochschule Ingolstadt

Fakultät: Business School

Studiengang: Digital Business (B. A.)

Bachelorarbeit

Thema: Lässt sich die Raumakustik in Open-Space-Büros durch Nudging verbessern? – Ergebnisse einer Feldstudie

Vor- und Zuname: Florian Emil Friedrich Binder

ausgegeben am: 25.10.2023

abgegeben am: 05.01.2024

Erstprüfer: Prof. Dr. Christine Hennighausen

Zweitprüfer: Prof. Dr. Eric Eller

Zusammenfassung

Open-Space-Büros werden bei Unternehmen immer beliebter. Diese weisen jedoch oft Probleme mit der Geräuschumgebung bzw. der Raumakustik auf, für die es bisher noch keine adäquate Lösung zu geben scheint. Obwohl sich das Prinzip des Nudgings auch in Büros bereits als wirksam erwiesen hat, wurde es bisher kaum auf die Verbesserung der Raumakustik in Open-Space-Büros angewandt. Die vorliegende Arbeit führt deshalb eine Feldstudie durch, um die Forschungsfrage „*Lässt sich die Raumakustik in Open-Space-Büros durch Nudging verbessern?*“ zu beantworten. Dabei kommen als Intervention Lärmampeln in Kombination mit Erinnerungszetteln zum Einsatz. Die Untersuchung fand über zwei Arbeitstage hinweg statt, wobei der erste als Kontroll-Zeitraum und der zweite als Nudge-Zeitraum diente. Die Mitarbeitenden füllten Fragebögen aus, die in Anlehnung an den Vorschlag aus der ISO 22955 konstruiert wurden. Zusätzlich wurde der Schallpegel im Büro mit drei Messgeräten gemessen. Die gesammelten Daten wurden statistisch mit Welch-Tests, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests und Spearman-Rangkorrelationen ausgewertet und die jeweilige Effektstärke berechnet. Es konnte sowohl bei den subjektiv (Fragebögen), als auch bei den objektiv gemessenen Parametern (Schallpegelmessung) keine Verbesserung durch den Einsatz des Nudges festgestellt werden. Die unerwarteten Ergebnisse könnten aufgrund von einigen Limitationen (kleine Stichprobengröße, kurzer Untersuchungszeitraum, wenige Messgeräte) entstanden sein, es ist jedoch auch eine Trotz-Reaktion der Mitarbeitenden, ein Hawthorne-Effekt oder eine zu geringe Stärke des Nudges als Ursache denkbar. Es konnten Korrelationen gefunden werden, die eine Wirkung der Raumakustik auf die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden von Mitarbeitenden indizieren. Um die Forschungsfrage mit hoher Validität beantworten zu können, ist weitere Forschung nötig.

Schlüsselwörter: Open-Space-Büro, Raumakustik, Nudging, Lärmampel, Schallpegelmessung, ISO 22955, Offene Bürolandschaften, Open Office, Produktivität, Wohlbefinden, Konzentration, Ablenkung, Lärm, Büro

Abstract

Open space offices are becoming increasingly popular with companies. However, these often have problems with the noise environment or room acoustics, for which there does not yet seem to be an adequate solution. Although the principle of nudging has already proven effective in offices, it has hardly been applied to the improvement of room acoustics in open-plan offices. This study therefore conducts a field study to answer the research question "Can the room acoustics in open space offices be improved by nudging?". Noise traffic lights in combination with reminders were used as intervention. The study took place over two working days, with the first serving as a control period and the second as the nudge period. The employees completed questionnaires based on the proposal from ISO 22955. In addition, the noise level in the office was measured with three measuring devices. The collected data was statistically analyzed using Welch tests, Wilcoxon signed-rank tests and Spearman rank correlations and the respective effect size was calculated. No improvement was found for either the subjective (questionnaires) or the objectively measured parameters (sound level measurement) as a result of implementing the nudge. The unexpected results could be due to a number of limitations (small sample size, short study period, few measuring devices), but a defiant reaction from the employees, a Hawthorne effect or insufficient strength of the nudge are also conceivable causes. Correlations were found that indicate an effect of the room acoustics on the performance and well-being of employees. Further research is required to answer the research question with a high degree of validity.

Keywords: open-space office, room acoustics, nudging, noise traffic light, sound level measurement, ISO 22955, open office landscapes, open office, productivity, well-being, concentration, distraction, noise, office

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	II
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
Einleitung	1
Theorie	3
Open-Space-Büro	3
Raumakustik	4
Psychoakustik	9
Nudging	12
Hypothesen und explorative Analysen	16
Methode	17
Design	17
Manipulation der unabhängigen Variable (Nudge)	19
Datenerhebung	21
Statistische Hypothesen und abhängige Variablen	24
Ergebnisse	25
Vorbereitung der Daten	25
Hypothesentests	27
Explorative Analysen	31
Diskussion	33
Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse	33
Limitationen	35
Erkenntnisse für weitere Forschung	36
Erkenntnisse für die Praxis	38
Fazit.....	39
Literaturverzeichnis	40
Anhänge	49
Erklärung	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Optische Darstellung der Nachhallzeit am Beispiel von RT60	5
Abbildung 2. A-Bewertungskurve für die Anpassung an das menschliche Gehör	7
Abbildung 3. Vergleich zwischen Pegeldurchschnitt und äquivalentem Dauerschallpegel L_{pAeq}	8
Abbildung 4. Zusammenhang zwischen Raumakustik, Schallquellen und Geräuschumgebung	9
Abbildung 5. Auswirkungen der Geräuschumgebung auf die Leistungsfähigkeit	11
Abbildung 6. Anwendung des EAST-Frameworks auf die erarbeitete Intervention	16
Abbildung 7. Aufnahmen des Open-Space-Büros	18
Abbildung 8. Ampelphasen in einer Lärmampel-App.....	19
Abbildung 9. Zwei Beispiele für die Platzierung der Smartphones	20
Abbildung 10. Platzierung und Aussehen des Erinnerungszettels	21
Abbildung 11. Boxplot: Veränderung der Antworten zwischen Tag 1 und Tag 2	28
Abbildung 12. Tagesvergleich der Dauerschallpegel mittels Liniendiagramm: G2	29
Abbildung 13. Häufigkeit der jeweiligen Dezibel-Werte an Tag 1 und Tag 2	30
Abbildung 14. Einordnung der Geräuschquellen durch die Mitarbeitenden	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Anwendung der Typen von Nudges auf die Raumakustik.....	13
Tabelle 2. Vor- und Nachteile der erarbeiteten Nudges	15
Tabelle 3. Deskriptive Statistiken für die jeweiligen Geräte im Tagesvergleich	28

Abkürzungsverzeichnis

dB	Dezibel
dB (A)	Dezibel (A-bewertet)
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
F0	Fragebogen F0
F1	Fragebogen F1
F2	Fragebogen F2
G1	Messgerät 1
G2	Messgerät 2
G3	Messgerät 3
ISO	International Organization for Standardization
L_p	Schalldruckpegel
L_{pA}	A-bewerteter Schalldruckpegel
L_{pAeq}	A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel
Pa	Pascal
RT60	Reverberation Time 60 (Nachhallzeit)
SNR	Signal to Noise Ratio
SR	Serial-Recall-Test
STI	Speech Transmission Index
T1	erster Untersuchungstag
T2	zweiter Untersuchungstag

Einleitung

In Deutschland arbeiten ca. 20 Millionen Menschen, das entspricht in etwa der Hälfte aller erwerbstätigen Personen, mindestens zeitweise im Büro. Viele davon in Einzel- und Zweipersonenbüros (58 %), es gibt aber auch einen relevanten Anteil, der sich während seiner Arbeitszeit zumindest in kleinen Gruppenbüros mit drei oder mehr Arbeitsplätzen aufhält (bso Verband Büro-, Sitz und Objektmöbel e. V., 2015).

Seit dem letzten Jahrzehnt gibt es dabei eine neue Entwicklung. Das Open-Space-Büro, eine Bürogattung, die aus dem mittlerweile eher negativ konnotierten Großraumbüro entstanden ist, wird bei Unternehmen immer beliebter. Ein Grund dafür ist, dass offene Büroflächen deutlich platzsparender und damit auch wirtschaftlicher sind, als die in Deutschland weitverbreitete Kombination von Einzel- und Zweipersonenbüros (Stadler, 2007).

Viele Mitarbeiter¹ sind jedoch in Open-Space-Büros unzufrieden und würden lieber in einem Einzelbüro arbeiten (Krupper, 2011). Laut Studien sind die Hauptprobleme solcher offenen Bürolandschaften Lärm oder andere auditive Einflüsse (Haapakangas et al., 2008; Jensen et al., 2005; Pejtersen et al., 2006). Sollen Befragte das Problem genauer spezifizieren, so ordnen sie Sprache (Kollegen- und Telefongespräche) und Telefonklingeln den größten Störfaktor zu (Haapakangas et al., 2008). Die Folgen solcher störenden Arbeitsbedingungen sind für Unternehmen aus wirtschaftlicher Sicht hoch bedenklich. So konnte etwa die negative Wirkung schlechter akustischer Verhältnisse auf die Arbeitsleistung und auf Krankheitsfälle bereits mehrfach in Studien nachgewiesen werden (Liebl & Jahncke, 2017; Bodin Danielsson et al., 2014).

In Open-Offices können diese Probleme jedoch nur schwer bekämpft werden. In praxisnaher Literatur wird auf eine möglichst hohe Absorptionsfähigkeit des Raumes, den Einsatz von Raumteilern (z. B. deckenhohe Trennwände) und Sound Masking (die künstliche Erhöhung des Grundgeräuschpegels zur

¹ Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit z. T. das generische Maskulinum verwendet. Die verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Reduzierung der Sprachverständlichkeit, Renz et al., 2018a) verwiesen (Plötzner, 2019). Zu viele oder zu große Raumteiler behindern jedoch die Vorstellung eines offenen Büros, in dem üblicherweise eher Sideboards oder kleinere Stellwände zur Raumgliederung eingesetzt werden, um die Offenheit zu wahren und Kommunikation zu stärken (Martin, 2007). Sound Masking ist in Deutschland bisher nicht sehr verbreitet und generell umstritten (Liebl & Kittel, 2015). Erhöht man die Absorption, die Schallschluckkapazität des Raumes, kann ein weiteres Problem auftreten. Die Nachhallzeit wird infolgedessen verringert, wodurch die Verständlichkeit der Sprache ansteigen kann (Pieren, 2011). Eine hohe Sprachverständlichkeit kann dann eine stärkere Ablenkung der Mitarbeitenden verursachen (Haapakangas et al., 2014).

Es scheint deshalb, als würde man in Open-Space-Büros mit technischen und physischen Maßnahmen an die Grenzen des Möglichen gelangen. Deshalb kann sich die Frage gestellt werden, welche anderen Möglichkeiten es noch für eine Verbesserung der Raumakustik in Open-Space-Büros gibt.

Eine akzeptierte Strategie für die Verbesserung der Raumakustik ist es, die Schallquelle(n) direkt anzugehen und den Lärmpegel bereits bei seiner Entstehung zu reduzieren. In Büroumgebungen sind die Hauptquelle von Lärm meist die Mitarbeitenden selbst (Banbury & Berry, 2005). In Untersuchungen wurde deshalb bereits versucht, die akustischen Verhältnisse in einem Raum durch den Einsatz psychologischer Reize zu verbessern, bisher jedoch meist ohne Erfolg (Liebl et al., 2019).

Ein wenig erforschtes Gebiet in der Psychoakustik, die sich mit der Wirkung der akustischen Umgebung auf den Menschen auseinandersetzt (Ellermeier & Hellbrück, 2008), ist der Einsatz von Nudging. Nudges verändern die Umgebung, in der Menschen mit einer Entscheidung konfrontiert werden, so, dass die Betroffenen angestoßen werden, eine bestimmte Wahl zu treffen (Thaler & Sunstein, 2008). Obwohl es bereits einige Studien gibt, die die Wirksamkeit von Nudging auch im Büroumfeld belegen (Van der Meiden et al., 2019; Venema et al., 2018), wurde dieses Konzept bisher kaum auf die Raumakustik in Open-Space-Büros angewendet. Es stellt sich deshalb die Frage:

Lässt sich die Raumakustik in Open-Space-Büros durch Nudging verbessern?

Die vorliegende Arbeit wird diese Fragestellung mit einer Feldstudie untersuchen und nach einer Auswertung und Interpretation der Ergebnisse Schlüsse für die Praxis und weitere Forschung ziehen.

Theorie

Open-Space-Büro

Definition

Für Open-Space-Büros gibt es im Gegensatz zu anderen Büroformen wie Mehrpersonen- oder Großraumbüros keine einheitliche Definition. In der Literatur werden sie des Öfteren auch als „Open Space“, „Offene Büros“ oder „offene Bürolandschaften“ (Stadler, 2011, S. 3–4) bezeichnet. Eine klare Abgrenzung zu anderen Büroarten gibt es bisher nicht. Das ist auch daran erkennbar, dass gerade im Englischen der Begriff „open space office“ oft als Synonym für Großraum- oder Gruppenbüros verwendet wird oder Open-Space-Büros teilweise als „open-plan offices“ (Großraumbüros) bezeichnet werden (Verein Deutscher Ingenieure e. V. [VDI], 2019). Während für die Definition von Mehrpersonen- und Großraumbüros oft die Grundfläche oder die Anzahl der Arbeitsplätze der Hauptfaktor ist (Ausschuss für Arbeitsstätten, 2013; VDI, 2019), liegt der Fokus bei der Einordnung als Open-Space mehr auf der Offenheit des Raumes. So können nicht nur offene Großraumbüros als Open-Space-Büros angesehen werden, sondern auch verschieden große Gruppenräume (Martin, 2007). In Open-Space-Büros kommen anstatt von raumhohen Trennwänden oft flexible Raumgliederungssysteme wie Stellwände, Schränke oder andere Objekte zum Einsatz, wodurch sich eine offene Bürolandschaft ergeben soll (Stadler, 2011). Für diese Arbeit werden Open-Space-Büros als *„offene Bürolandschaften, die nicht durch raumhohe Trennwände getrennt sind und mindestens drei Arbeitsplätze beinhalten“* definiert.

Gründe für die Attraktivität

Open-Space-Büros werden bei Unternehmen immer beliebter. Ein Grund dafür ist, dass sie auf den ersten Blick deutlich wirtschaftlicher als Einzel- und

Zweipersonenbüros sind, da pro Mitarbeiter meist eine geringere Fläche benötigt wird (Krupper, 2011). Zudem erhofft man sich durch die räumliche Nähe der Mitarbeitenden eine erhöhte Kommunikation und Kollaboration. Dies wurde bereits in verschiedenen Studien untersucht, die diesen Effekt größtenteils bestätigen (Pirker-Binder, 2016), teilweise aber auch verwerfen mussten (Bernstein & Turban, 2018). Nach der Corona-Pandemie kämpfen viele Unternehmen damit, ihre Mitarbeitenden aus dem Homeoffice wieder regelmäßiger im Büro zu haben (Reisbeck, 2023). Da Studien zeigen konnten, dass kommunikative und moderne Bürokonzepte wie Open-Space-Büros dabei helfen können, dass die Mitarbeitenden wieder öfter ins Büro kommen (Käfer et al., 2022), sollte auch in Zukunft ein Trend hin zu offenen Bürolandschaften zu erwarten sein.

Herausforderungen und Probleme

Trotzdem bringen Open-Offices einige Probleme und Herausforderungen mit sich, die bereits in Studien untersucht wurden. So fühlen sich Mitarbeitende in diesem Bürokonzept im Vergleich zu Einzelbüros meist weniger produktiv (Krupper, 2011), waren in diesen öfter krank als in Einzelbüros und kleinen Mehrpersonbüros (Bodin Danielsson et al., 2014) und fühlen sich unwohler und gestörter (Haapakangas et al., 2008). Als Hauptgrund für diese Phänomene wird regelmäßig die Geräuschumgebung und die Raumakustik aufgeführt (Mueller et al., 2020; Barthelmes et al., 2021). Werden diese Probleme nicht behoben oder präventiv verhindert, ist ein Hauptgrund für die Umsetzung solcher Bürokonzepte, nämlich die Wirtschaftlichkeit, stark zu hinterfragen.

Raumakustik

Definition und Geschichte

Die Raumakustik ist ein Teilgebiet der Akustik und „beschäftigt sich mit der Schallausbreitung in Räumen“ (Nocke, 2014, S. 9). Erste Erwähnungen der (Raum-) Akustik, damals noch mehr in offenen Räumlichkeiten (z. B. Theatern) gab es bereits vor über 2000 Jahren (Vitruvius Pollio, 1796). Ein bedeutungsvolles Jahr für die Raumakustik war 1898, in dem Sabine (1922), eine bis heute verwendete Formel für die Berechnung der Nachhallzeit, einem zentralen Parameter auf dem Gebiet, aufstellte.

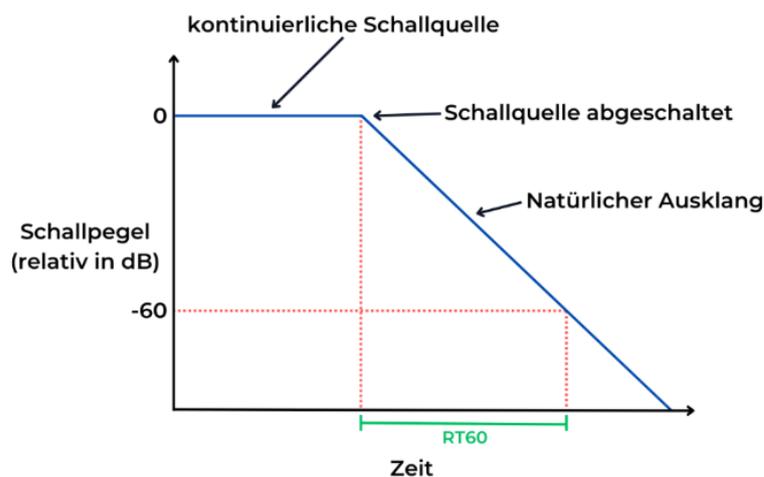
Parameter

Der Titel der vorliegenden Arbeit gibt vor, sich mit einer „Verbesserung der Raumakustik“ auseinandersetzen zu wollen. Deshalb soll grundlegend dargestellt werden, wann eine Raumakustik „gut“ ist oder „verbessert“ wurde. Die Anforderungen an die Raumakustik sind in Normen und Richtlinien je nach Nutzungsart eines Raumes unterschiedlich (Ausschuss für Arbeitsstätten, 2021; Deutsches Institut für Normung e. V. [DIN], 2016; VDI, 2019), lassen sich aber mit Parametern spezifizieren und messen.

Der Hauptparameter für die Einordnung der Raumakustik ist bereits seit geraumer Zeit die *Nachhallzeit*. Darunter versteht man die Zeit, die nach dem Abschalten einer Schallquelle vergeht (s. Abb. 1), bis der Schallpegel um 60 Dezibel (dB) abgesunken ist (Fuchs, 2017; Höfker, 2022).

Abbildung 1

Optische Darstellung der Nachhallzeit am Beispiel von RT60



Anmerkung. Eigene Grafik auf Basis von Fuchs (2017, S. 127).

Je mehr schallabsorbierende Flächen ein Raum im Vergleich zu den Gesamtflächen und seinem Volumen aufweist, desto niedriger ist seine Nachhallzeit (Fuchs, 2017). Die Bewertung der Nachhallzeit ist dabei abhängig von der Nutzungsart, für musikalische Darbietungen sind z. B. höhere Nachhallzeiten wünschenswert als in Besprechungsräumen (DIN, 2016). In Büroräumen gilt: je geringer die Nachhallzeit, desto besser die Raumakustik. Für diese Aussage gibt es jedoch zwei Einschränkungen:

1. Ist die Nachhallzeit zu niedrig, dann kann ein Raum zu bedämpft klingen, weswegen Richtlinien oft auch Mindestwerte für die Abklingzeit vorgeben (VDI, 2019).
2. Die Nachhallzeit weist in vielen Fällen eine negative Korrelation mit der Sprachverständlichkeit auf. Sinkt die Nachhallzeit, dann steigt die Sprachverständlichkeit meist an (Pieren, 2011).

Es gibt Szenarien, in denen Punkt 2 wünschenswert ist, beispielsweise in Klassenzimmern oder Besprechungsräumen, wo eine hohe Sprachverständlichkeit anvisiert wird. In offenen Büroumgebungen kann dies jedoch hinderlich sein, da durch eine höhere Verständlichkeit der Sprache Kollegen vermehrt abgelenkt werden (Hongisto, 2005).

In raumakustischen Untersuchungen wird die *Sprachverständlichkeit* durch den ‚Speech Transmission Index‘, kurz STI, quantifiziert, der einen Wert zwischen 0 (keinerlei Verständlichkeit) und 1 (vollkommene Verständlichkeit) annehmen kann. Untersuchungen zufolge, wird die Konzentration bereits ab einem STI von ca. 0,4 bis 0,5 stark beeinträchtigt (Haapakangas et al., 2020).

Ein weiterer wichtiger Parameter ist der *Schalldruck*. Dieser beschreibt die Druckdifferenz, die entsteht, wenn „durch die Bewegung der Luftmoleküle aus Ihrer Ruhelage [...] längs einer Luftschallwelle Bereiche erhöhten und verminder-ten Drucks“ entstehen (Schild et al., 1990, S. 103). Menschen können i. d. R. Schalldrücke in der Spanne von 0,000002 bis 20 Pascal (Pa) hören. Da es sich dabei um einen außerordentlich großen Bereich handelt, wurde der *Schalldruckpegel* L_p in dB, als Kenngröße für das Gebiet der Akustik eingeführt. Der Parameter basiert auf untenstehender Gleichung und berechnet aus dem Schalldruck in Pascal (p) mit dem Bezugswert (p_0), der 0,000002 Pa entspricht, den Schalldruckpegel L_p . Die Schallpegelskala reicht von 0 dB (0,000002 Pa) bis zur Hörschwelle von 120 dB (20 Pa) und darüber hinaus (Nocke, 2014).

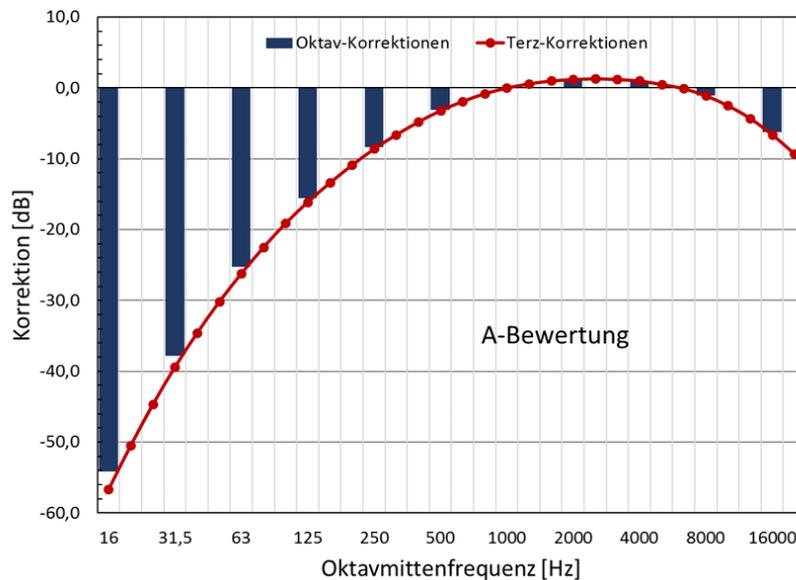
$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right)$$

Der Schalldruckpegel setzt sich aus einer weiten Spanne von Frequenzen zusammen. Da das menschliche Gehör aber nicht auf alle Frequenzen des

Schalls gleichermaßen empfindlich reagiert, wurde als Ergänzung eine *A-Bewertung für den Schalldruckpegel* eingeführt (Fasold & Veres, 2003). Diese berücksichtigt die mittleren bis hohen, für das menschliche Gehör besonders relevanten Frequenzen mehr, als die eher niedrigen Frequenzen (s. Abb. 2). Abgekürzt wird der A-bewertete Schalldruckpegel mit L_{pA} und führt die Einheit dB (A).

Abbildung 2

A-Bewertungskurve für die Anpassung an das menschliche Gehör

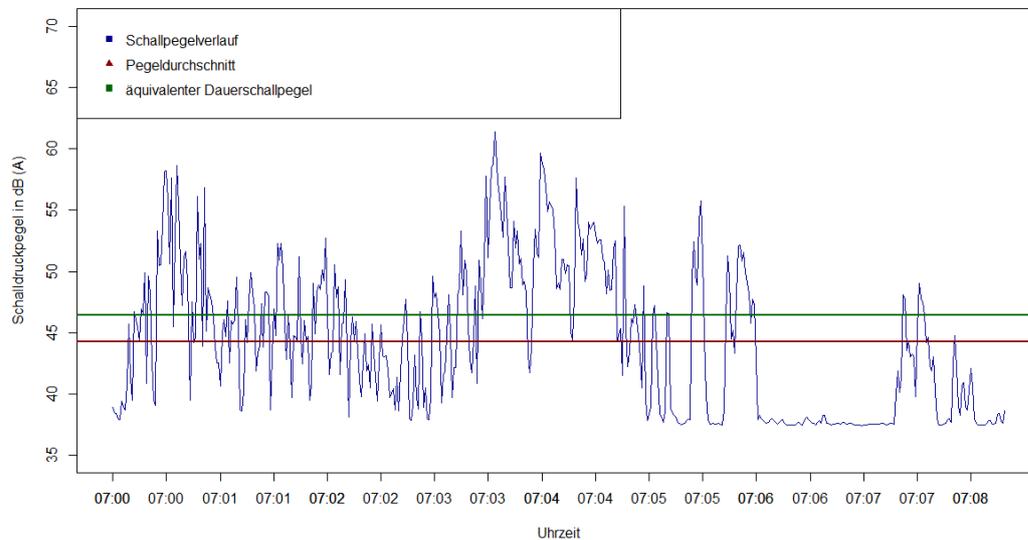


Anmerkung. Grafik entnommen aus Hirsch (2016, S. 12).

Als in der Praxis anerkannte Messgröße, um den zeitlichen Mittelwert einer Geräuschumgebung abzubilden, dient der *A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel* L_{pAeq} (DIN, 2012). Um diesen zu berechnen, wird zuerst der energetische Mittelwert des Schalldrucks der jeweiligen Zeitintervalle in Pascal gebildet. Anschließend wird dieser wieder in einen Schallpegel in Dezibel umgerechnet (Lercher, 1998). Dadurch wird der Effekt, den eine Schwankung des Pegels auf das menschliche Gehör hat, realistischer abgebildet, als mit der Berechnung eines arithmetischen Mittels der Pegelwerte in Dezibel (Fasold & Veres, 2003). Der Dauerschallpegel sollte bei überwiegend geistiger Tätigkeit (wie es die Büroarbeit ist) 55 dB (A) nicht überschreiten (Lercher, 1998). Der Unterschied des äquivalenten Dauerschallpegels zum arithmetischen Mittel der Schalldruckpegel ist in Abbildung 3 ersichtlich.

Abbildung 3

Vergleich zwischen Pegeldurchschnitt und äquivalentem Dauerschallpegel L_{pAeq}



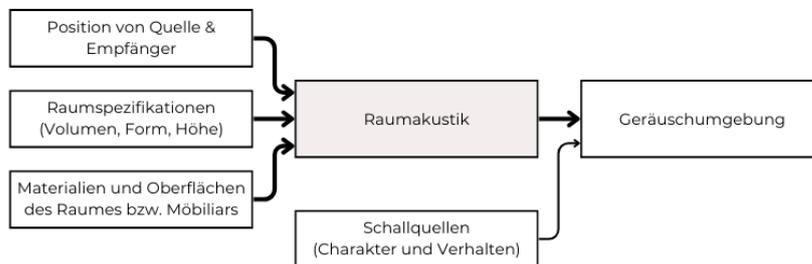
Raumakustik in Open-Space-Büros

Gängige Praxis für die Verbesserung der Raumakustik in Büros ist es, absorbierende Materialien in den Raum einzubringen, den Raum durch Raumteiler zu unterteilen oder organisatorische Maßnahmen zu ergreifen (Keränen et al., 2008a; Keränen et al., 2008b). Aufgrund der angestrebten Offenheit kommt die übermäßige Unterteilung des Raumes durch raumhohe Trennwände in Open-Spaces nicht infrage. Die Reduzierung der Nachhallzeit ist, wie beschrieben, auch nur bis zu einem gewissen Grad sinnvoll, da sonst die Sprachverständlichkeit und infolgedessen auch die Ablenkung zu stark ansteigen. Organisatorische Maßnahmen können zwar oft helfen, benötigen jedoch sehr viel Platz, wodurch mehr Fläche verbraucht wird und höhere Kosten entstehen. Jedoch ist die Wirtschaftlichkeit ein Hauptgrund, warum sich Unternehmen für ein Open-Space-Büro entscheiden (Martin, 2007).

Es ist jedoch nicht die Raumakustik allein, die für die Geräuschkulisse eines Raumes sorgt. Abbildung 4 zeigt, dass neben der Raumakustik auch die Schallquellen mit ihrem Charakter und Verhalten einen Einfluss auf die Geräuschumgebung haben.

Abbildung 4

Zusammenhang zwischen Raumakustik, Schallquellen und Geräuschumgebung



Anmerkung. Editierte Grafik auf Basis von Reinten et al. (2017, S. 25).

Im (Open-Space-) Büro sind die häufigsten Lärmquellen sprechende Personen und Telefonklingeln (Pieren, 2011). Wenn sich die Raumakustik also durch bauliche, organisatorische und andere vergleichbare Maßnahmen nicht weiter verbessern lässt, dann könnte es ein Ansatz sein, die Lärmquellen, also die Personen, direkt anzugehen, um die Geräuschumgebung im Büro zu verbessern. Dadurch könnte nicht nur der äquivalente Dauerschallpegel sinken, sondern mit diesem auch die Sprachverständlichkeit und entsprechend die Ablenkung. Der Faktor Mensch könnte also eine Schlüsselkomponente für die Verbesserung der Geräuschkulisse im Büro sein.

Psychoakustik

Definition

Wenn es um Faktor Mensch im Kontext der Raumakustik geht, dann kommt man schnell auf die Psychoakustik zu sprechen. Sie beschäftigt sich als Wissenschaft damit, „wie akustische Reize wahrgenommen werden“ (Ellermeier, Hellbrück, 2008, S. 52). Zahlreiche Untersuchungen haben sich dabei bereits mit den Auswirkungen von Nachhallzeit, Sprachverständlichkeit und Schalldruckpegel auf die menschliche Wahrnehmung fokussiert. Open-Space- bzw. Großraumbüros wurden dabei oft Teil solcher Untersuchungen.

Auswirkungen auf den Menschen

Grundsätzlich wurde auf Basis von Studien belegt, dass Lärm im Büro negative Auswirkungen auf den Krankheitsstand (Fried et al., 2002), die

Arbeitszufriedenheit (Leather et al., 2003) und das physische und psychische Wohlbefinden hat (Donald & Siu, 2001).

Zudem haben sich bereits zahlreiche Untersuchungen mit dem Einfluss von Sprache auf die Arbeitsleistung von Personen beschäftigt. Diese wird vor allem in Open-Space- und Großraumbüros als die am meisten störende Lärmquelle angesehen (Kaarlela-Tuomaala et al., 2009; Pierrette et al., 2015). Nach einer Studie von Banbury & Berry (2005) können sich 99 % der Personen durch Lärm weniger gut konzentrieren. Es gibt sowohl Nachweise für die Auswirkung auf Schreib- und Korrekturleseleistung, als auch auf das Kurzzeitgedächtnis (Jones et al., 1992; Jones et al., 1990; Keus Van De Poll et al., 2014).

Bisherige Ansätze: Manipulation des Grundgeräuschpegels

Bisherige Ansätze zur Lösung der beschriebenen Probleme beschäftigen sich u. a. mit der Signal to Noise Ratio (SNR). Diese wird im Bürokontext oft als die Differenz eines Geräuschimpulses zu dem Grundgeräuschpegel definiert (Renz et al., 2019). Der Grundgeräuschpegel wiederum ist der äquivalente Dauerschallpegel, der am jeweiligen Ort durchschnittlich anliegt, also das Grundrauschen, das zum Beispiel durch Geräusche von Technik, Verkehr oder sich überlagernde Gespräche im Büro entsteht (Laubengeiger, 2021). Der Unterschied zwischen Geräusch- und Hintergrundpegel bzw. der SNR muss hoch genug sein, damit ein Geräusch als einzeln und somit als störend angesehen wird. Wenn der Pegel eines Geräusches also nicht hoch genug ist, dann geht dieses im Grundgeräuschpegel unter.

Für eine vollkommene Verständlichkeit ist in etwa eine SNR von 10 dB von der Sprache zum Grundgeräuschpegel nötig (Lercher, 1998). Eine Möglichkeit, um die SNR zu reduzieren ist es, den Grundgeräuschpegel anzuheben, wie es z. B. beim Sound Masking gemacht wird. Hierbei werden aktiv Geräusche in den Raum eingebracht, um einen höheren Grundgeräuschpegel zu erzeugen und so die Sprachverständlichkeit zu verringern (Renz et al., 2019). Auch wenn durch Sound Masking in Gedächtnistests bereits signifikante Verbesserungen im Vergleich zu unmaskierter Sprache, also der normalen Situation in Büros, erzielt werden konnten, ist die Technik in Deutschland noch umstritten (Liebl & Kittel, 2015). Ein Grund hierfür ist, dass die Leistungen der Mitarbeitenden zwar oft von der

Technologie profitieren, diese aber regelmäßig Beschwerden und Unzufriedenheit gegenüber den Systemen äußern (Renz et al., 2018b). Auch neue Ansätze auf diesem Gebiet, wie personenbezogene Masking Systeme (Renz et al., 2019) oder gar selbst einstellbare Masking Systeme (Vassie & Richardson, 2017) konnten bisher nicht den Erwartungen gerecht werden.

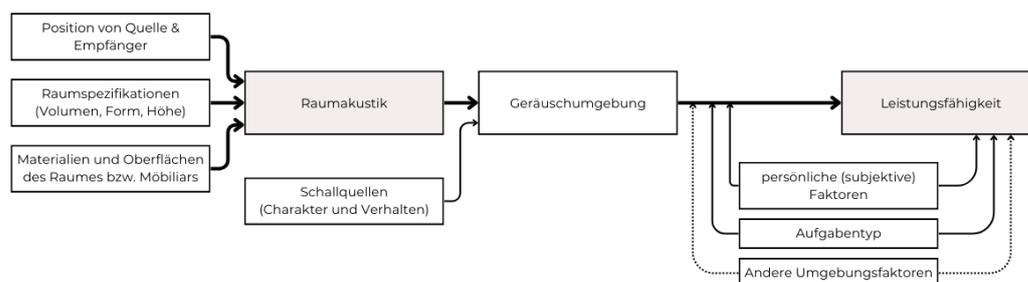
Neue Ansätze: Schalldruckpegel, Subjektivität und Faktor Mensch

Während die Wirkung einer hohen Sprachverständlichkeit auf die Leistung von Personen bereits häufig dargestellt und untersucht wurde, ist der *Einfluss des Schallpegels* seltener im Rahmen von Open-Space-Büros untersucht worden. Und das, obwohl bei subjektiven Befragungen Probanden teilweise eine Reduzierung des Pegels gegenüber einer Reduzierung der Sprachverständlichkeit vorgezogen haben (Schlittmeier et al., 2007). Und auch wenn Ruhe grundsätzlich eine sehr hohe Sprachverständlichkeit bewirkt und damit das Potenzial von Störeinflüssen erhöht, so wird sie trotzdem in sehr vielen Studien allen anderen Geräuschumgebungen vorgezogen (Liebl et al., 2017).

Die *subjektive Wahrnehmung* einer Person beeinflusst die Stärke der beschriebenen Effekte enorm. So wurde beispielsweise in einer Studie von Haapakangas et al. (2014) festgestellt, dass lärmsensitive Personen empfindlicher auf ein negatives Schallumfeld reagieren. Dieser Effekt wird durch die Bestimmung der akustischen Zustände mit rein objektiven Parametern nicht vollständig abgedeckt. So kann es vorkommen, dass die objektiven Parameter gängigen Normen und Richtlinien entsprechen, Mitarbeitende sich aber trotzdem gestört fühlen und deshalb weniger Leistung abrufen können (s. Abb. 5).

Abbildung 5

Auswirkungen der Geräuschumgebung auf die Leistungsfähigkeit



Anmerkung. Editierte Grafik auf Basis von Reinten et al. (2017, S. 25).

Wie bereits beschrieben, gibt es bisher wenige Ansätze, die den *Menschen als Sprachquelle* in den Fokus stellen, wenn es um die Verbesserung der Geräuschumgebung geht. Aus wirtschaftlicher Sicht wäre dies aber sehr interessant. Den Schall direkt bei der Entstehung zu kontrollieren, kann nämlich, im Vergleich zu Maßnahmen, die versuchen, die Ausbreitung des Schalls zu reduzieren, viele Ressourcen und finanzielle Mittel sparen (Liebl et al., 2019).

Es gibt bereits Studien, die das aktiv versucht haben. So wurde zum Beispiel getestet, ob der Pegel von Versuchspersonen beim Sprechen reduziert werden kann, indem diesen über Kopfhörer akustische Rückmeldungen zum eigenen Sprachpegel (sogenannte Sidetones) gegeben werden. Die Studienergebnisse erreichten aufgrund technischer Probleme keine ausreichende Validität, indizierten aber eine Wirkung (Liebl et al., 2019). In einer späteren Untersuchung von Laubengeiger (2021) wurde ein positiver Effekt von solchen Signalen auf den Sprachpegel, zumindest bei hohem Hintergrundschall, gefunden. Es besteht also die Möglichkeit, dass mit psychologischen Reizen der Sprachpegel der Mitarbeitenden beeinflusst werden kann. Dadurch könnte die SNR abgesenkt und damit die Leistungsfähigkeit der Mitarbeitenden gesteigert werden, ohne, wie in bisherigen Ansätzen, den Grundgeräuschpegel künstlich anzuheben.

Nudging

Definition und Einsatzbereiche

Ein psychologisches Konzept, das genutzt werden kann, um Mitarbeitende in ihrem Verhalten zu beeinflussen, ist Nudging. Dabei wird die Umgebung oder ein Teil dieser durch eine Intervention mittels Heuristiken (Strategien, bei denen ein Teil der Informationen ignoriert wird, um Entscheidungen möglichst schnell, genau oder sparsam zu treffen, Gigerenzer & Gaissmaier, 2011) so verändert, dass eine bestimmte (wünschenswerte) Entscheidung getroffen wird. In diesem Prozess dürfen weder finanzielle Anreize gegeben noch Alternativen eingeschränkt werden (Thaler & Sunstein, 2008).

Die meisten Untersuchungen setzten sich primär mit der Wirksamkeit von Nudges in den Umgebungen Gesundheit, Nachhaltigkeit und Politik auseinander (Hummel & Maedche, 2019). Auch im Kontext von Bürogebäuden und

Büroräumen findet Nudging immer öfter Anwendung (Van der Meiden et al., 2019; Venema et al., 2018). Im Kontext der Raumakustik in Open-Space-Büros kam Nudging bisher kaum zum Einsatz.

Anwendung auf die Raumakustik im Open-Space-Büro

Deshalb wurden in Tabelle 1 auf Basis der verschiedenen Typen von Nudges Beispiele für mögliche Interventionen für die Verbesserung der Raumakustik in Open-Space-Büros herausgearbeitet.

Tabelle 1

Anwendung der Typen von Nudges auf die Raumakustik

Nudge	Beschreibung	Anwendungsbeispiele
A. Informationen für eine Entscheidung	A1 Informationen übersetzen: Vereinfachung, Reframing	- Feedback möglichst einfach darstellen (optisch, akustisch) - Mitarbeitende eher anregen, ‚leise‘ zu sein, als ‚nicht zu laut‘ zu sein
	A2 Information sichtbar machen: eigenes Verhalten sichtbar machen (durch Feedback), externe Informationen sichtbar machen	- Schallpegel auf Bildschirm anzeigen - Optisches Signal bei Überschreitung - Akustisches Signal bei Überschreitung
	A3 Sozialen Referenzpunkt hinzufügen: Bezug auf deskriptive Norm oder einen Entscheidungsführer	- Auswertung am Ende jedes Tages (eigener Dauerschallpegel im Vergleich zu dem der Kollegen) - gemeinsam Verhaltensregeln aufstellen
B. Entscheidungsstruktur	B1 Standardwert (Default) der Wahl verändern: Standardeinstellung festlegen, fundierte Entscheidung unterstützen	- Telefone nur in Telefonboxen platzieren, Anrufhinweis am Bildschirm - Eingabeempfindlichkeit des Telefons erhöhen
	B2 Verringerung des Aufwandes, der mit der entspr. Wahlmöglichkeit einhergeht: Erhöhen / verringern des physischen / finanziellen Aufwandes	- Telefonboxen möglichst nahe an Arbeitsplätzen platzieren - Eingabeempfindlichkeit des Telefons erhöhen, damit man trotz leiserem Sprechen noch gut verstanden wird
	B3 Veränderung der Bandbreite oder Zusammensetzung der Wahlmöglichkeiten: Veränderung der	- Schaffen von zusätzlichen Bereichen für Kollegengespräche und Telefonate - Aufstellen von Boxen für das Führen von Telefonaten oder Gesprächen

	Kategorien, Veränderung der Anordnung / Gruppierung von Kategorien	
	B4 Veränderung der Konsequenzen von Wahlmöglichkeiten: Verknüpfung zwischen Entscheidung und Kosten / Nutzen, Veränderung sozialer Konsequenzen einer Entscheidung	- Eingabeempfindlichkeit des Telefons erhöhen, damit der Gesprächspartner anmerkt, wenn man zu laut redet - gemeinsam Verhaltensregeln (mit ‚Strafen‘) aufstellen
C. Unterstützung bei der Entscheidung	C1 Einsatz von Erinnerungen	- Plakat(e) / Zettel zur Erinnerung - Optisches Signal bei Überschreitung - Akustisches Signal bei Überschreitung
	C2 Verbindlichkeit vereinfachen: Unterstützung der Selbstverbindlichkeit / öffentlichen Verbindlichkeit	- Verhaltensregeln von jedem Mitarbeiter unterschreiben lassen - ‚Strafen‘ für Verstoß gegen die Regeln - Ziele für den eigenen Schallpegel setzen

Anmerkung. Ergänzte Tabelle auf Basis von Münscher et al. (2016, S. 514, Übers. v. Verf.).

Aus der Zusammenstellung ergeben sich die folgenden fünf Nudges (N_1 – N_5), die zur Verbesserung der Raumakustik in Open-Space-Büros vorstellbar wären:

- N₁**: Erhöhung der Eingabeempfindlichkeit der Telefone
- N₂**: Aufstellen von Telefon- / Meetingboxen bzw. das Schaffen von extra Bereichen für Kollegengespräche und Telefonate (ggf. Platzierung der Telefone in den Boxen)
- N₃**: Mini-Plakat(e) / Zettel auf dem Telefon oder unterhalb des Bildschirms mit einer Erinnerung
- N₄**: Platzierung einer Lärmampel im Sichtbereich (z. B. unterhalb des Bildschirms)
- N₅**: Aufstellen von Verhaltensregeln (mit ‚Strafen‘), erarbeitet und unterschrieben von / mit den Mitarbeitenden

In der Tabelle 2 werden jeweils die Vor- und Nachteile der einzelnen Interventionen dargestellt, um eine sinnvolle Auswahl für den Nudge zu treffen und Anhaltspunkte für weitere mögliche Untersuchungen darzustellen.

Tabelle 2*Vor- und Nachteile der erarbeiteten Nudges*

Intervention / Nudge	Vorteile	Nachteile
N₁: Eingabeempfindlichkeit Telefon	<ul style="list-style-type: none"> - dauerhafter Effekt wahrscheinlich - kostengünstig - dauerhafte Konditionierung auch für normale Gespräche vorstellbar 	<ul style="list-style-type: none"> - technische Möglichkeit nicht immer gegeben - Eingewöhnungszeit notwendig, in der ggf. Gesprächspartner gestört werden - Pegelverringern nur bei Telefonaten
N₂: Telefon- / Meetingboxen	<ul style="list-style-type: none"> - dauerhafter Effekt wahrscheinlich - Aufwertung des Büros - nicht nur Verringerung des Pegels, sondern im Idealfall komplette Stille im Büro 	<ul style="list-style-type: none"> - Anschaffung teuer - zusätzlicher Platz notwendig - fragwürdig, ob diese auch für spontane Gespräche genutzt werden
N₃: Mini-Plakat(e) / Zettel	<ul style="list-style-type: none"> - relativ kostengünstig und einfach implementierbar - optimal als Ergänzung zu anderen Nudges geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> - könnte nach einiger Zeit Beachtung verlieren - könnte übersehen werden
N₄: Lärmampel	<ul style="list-style-type: none"> - könnte Mitarbeitenden helfen, ein Gefühl für den eigenen Schallpegel zu bekommen - individuelles Feedback - vermutlich keine dauerhafte Anwendung nötig / sinnvoll - relativ kostengünstig 	<ul style="list-style-type: none"> - könnte als Kontrollinstrument empfunden werden - könnte mit der Zeit an Beachtung verlieren - nur für Gespräche am Arbeitsplatz mit Blick zum Monitor wirksam
N₅: Verhaltensregeln	<ul style="list-style-type: none"> - sowohl für Telefon- als auch für Kollegengespräche nützlich - perfekter Einsatz einer sozialen Norm - kostengünstig 	<ul style="list-style-type: none"> - könnte als strikte Vorgabe empfunden werden - Entscheidungsfreiheit eingeschränkt - Mitarbeitende müssten zuerst überzeugt werden

Aufgrund der verhältnismäßig einfachen Umsetzbarkeit und Komplementierung wurde eine Kombination aus Lärmampel und Erinnerungszettel für den Nudge ausgewählt. Durch die gewählte Intervention können alle Komponenten des EAST-Frameworks (Service et al., 2014), teilweise sogar vielfach, abgedeckt

werden (s. Abb. 6). So soll sichergestellt werden, dass der Nudge stark genug ist, um die Mitarbeitenden in Ihrer Entscheidung zu beeinflussen.

Abbildung 6

Anwendung des EAST-Frameworks auf die erarbeitete Intervention



Anmerkung. Eigene Grafik auf Basis von Service et al. (2014, S. 1).

Hypothesen und explorative Analysen

In den vorherigen Kapiteln wurden viele für das Experiment wichtige Theorien und Konzepte dargestellt. Auf dieser Basis werden fünf Hypothesen aufgestellt, die im folgenden Feldexperiment empirisch untersucht werden sollen, um die Forschungsfrage zu beantworten:

H₁: Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann berichten sie weniger Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen im Vergleich zu einem Arbeitstag ohne Nudge.

H₂: Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann berichten sie höhere Produktivität im Vergleich zu einem Arbeitstag ohne Nudge.

H₃: Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann berichten sie höheres Wohlbefinden im Vergleich zu einem Arbeitstag ohne Nudge.

H₄: Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann ist der durchschnittliche, äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} des Arbeitstages niedriger als an einem Arbeitstag ohne Nudge.

H₅: Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann gibt es an diesem Arbeitstag weniger 1-minütige Dauerschallpegel über 55 dB (A) als an einem Arbeitstag ohne Nudge.

H₀: Es gibt keinen Unterschied zwischen dem Arbeitstag mit und dem Arbeitstag ohne Nudge, sowohl bezüglich der berichteten Ablenkung, Produktivität und dem berichteten Wohlbefinden, als auch dem durchschnittlichen Dauerschallpegel oder der Anzahl der 1-minütigen Dauerschallpegel über 55 dB (A).

Zusätzlich zu den Hypothesen werden folgend noch zwei explorative Analysen formuliert, die zusätzlich untersucht werden sollen:

Ex₁: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der berichteten Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel im Büro und der selbst eingeschätzten Produktivität, dem berichteten Wohlbefinden oder der angegebenen Möglichkeit, sich am Arbeitsplatz zu konzentrieren?

Ex₂: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit, wie oft sich Mitarbeitende durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen abgelenkt fühlen und der selbst eingeschätzten Produktivität, dem berichteten Wohlbefinden oder der angegebenen Möglichkeit, sich am Arbeitsplatz zu konzentrieren?

Aufbauend auf den Hypothesen und den explorativen Analysen soll im nächsten Teil der Arbeit die Methodik genauer erläutert werden, damit die Ergebnisse der Untersuchung validiert und weitere Forschung mit einem ähnlichen Ansatz erfolgen kann.

Methode

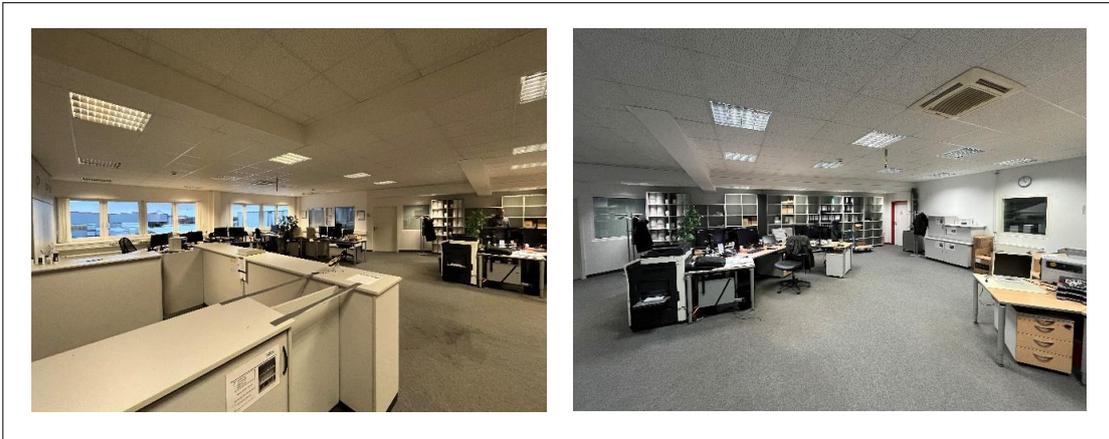
Design

Für diese Arbeit wurde ein Feldexperiment im Open-Space-Büro eines mittelständischen Logistikunternehmens durchgeführt. Dieses beinhaltet 13 Arbeitsplätze, die grob in drei Schreibtischblöcke aufgeteilt (Links – Mitte – Rechts) und aufgrund von Homeoffice, Krankheit und Urlaub nur selten voll besetzt sind. In der vorderen Mitte des Raumes befindet sich eine freie Verkehrsfläche (s. Abb. 7), in der hinteren linken Ecke räumlich abgegrenzt das Büro der

Abteilungsleiterin. Das Büro weist aufgrund einer akustisch wirksamen Rasterdecke und des Teppichs schätzungsweise eine geringe Nachhallzeit im Bereich gängiger Richtlinien auf (DIN, 2016; VDI, 2019). Trotzdem gab es im Büro vermehrt Beschwerden über den Geräuschpegel und die Möglichkeit, sich zu konzentrieren.

Abbildung 7

Aufnahmen des Open-Space-Büros



Bei dem Experiment wurde ein Within-Subject-Design angewendet (Sedlmeier & Renkewitz, 2013). Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über zwei Arbeitstage im Dezember 2023 (Dienstag, 05.12.2023 und Mittwoch, 06.12.2023). Vor Beginn des Experiments füllten die im Büro arbeitenden Personen einen Fragebogen (Fragebogen 0, kurz F0) zum Status quo aus. Der erste Untersuchungstag (T1) diente als Kontroll-Zeitraum. An diesem wurde lediglich eine Messung des Lärmpegels über den Tag hinweg durchgeführt und am Ende des Arbeitstages der Fragebogen 1 (F1) von den Mitarbeitenden ausgefüllt. Am zweiten Untersuchungstag (T2, Nudge-Zeitraum) wurde die folgend noch detaillierter beschriebene Intervention mittels Lärmampel und Erinnerungszettel implementiert. An T2 wurde ebenfalls eine Lärmpegelmessung über den Arbeitstag hinweg durchgeführt. Am Ende des Tages füllten die Mitarbeitenden zudem den Fragebogen 2 (F2) aus.

Teilnehmende der Untersuchung waren alle Personen, die an mindestens einem der beiden Untersuchungstage im Büro anwesend waren. Dadurch hatte

das Experiment insgesamt acht Teilnehmende. F0 wurde vor Beginn des Experiments von allen acht Personen ausgefüllt. An T1 und T2 waren jeweils sechs der acht Personen anwesend. F1 und F2 wurden also sechsmal ausgefüllt. Vier der acht Personen waren an beiden Tagen anwesend.

Manipulation der unabhängigen Variable (Nudge)

Lärmampel

Eine Lärmampel gibt optische Rückmeldung, wenn der Schallpegel bestimmte Werte überschreitet. Wenn dieser unterhalb des ersten Grenzwertes bleibt, leuchtet die Ampel grün. Wird dieser Grenzwert überschritten, bleibt der Pegel aber noch unter dem zweiten Schwellwert, dann gibt das Gerät ein gelbes Signal zurück. Steigt der Schalldruckpegel über den zweiten Grenzwert hinweg an, leuchtet die Ampel rot (s. Abb. 8).

Abbildung 8

Ampelphasen in einer Lärmampel-App



Bisher wurde das Konzept von Lärmampeln fast ausschließlich in Schulen und Kindergärten eingesetzt (Eysel-Gosepath et al., 2010; Hotter & Zollneritsch, 2008; Pielsticker & Peters, 2019). Hierbei kamen neben speziell für diesen Bereich entwickelten Modellen (Nsabimana & RENNIES-Hochmuth, 2016) auch Modelle aus Eigenbau (Lackner & Pontilli, 2008) zum Einsatz. Selten (Hoppen, 2017) wurde bisher die Wirkung von Lärmampeln auf Erwachsene untersucht.

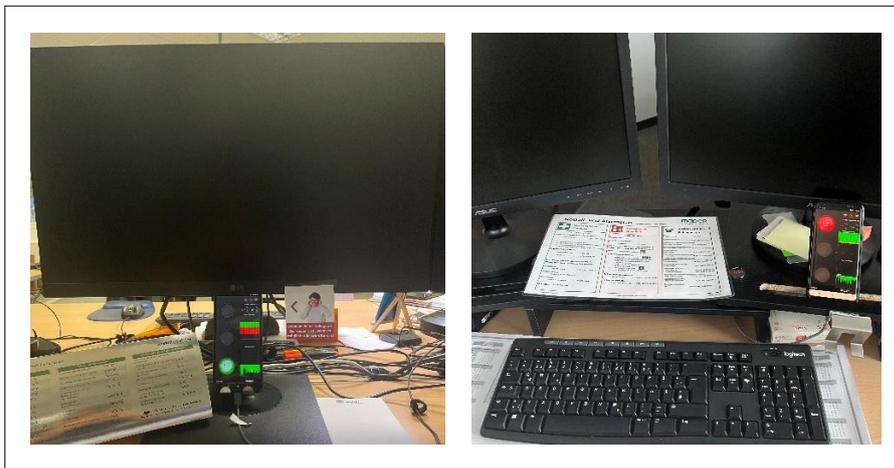
Da der Selbstbau der Ampeln mit großem Aufwand verbunden ist und keine speziell für das Büro entwickelten Modelle existierten, wurden

verschiedene Lärmpegel-Apps getestet. Die App „Lärmampel Merlin“ erwies sich als effektivste Lösung, da sowohl die optische Anzeige als auch die Einstellungsmöglichkeiten ausreichend waren. Zudem war die App für Android und IOS verfügbar.

Die App wurde auf Smartphone-Altgeräte unterschiedlichen Typs aufgespielt. Da sich in der Literatur jeweils unterschiedliche Angaben über den Schallpegel von normaler, angehobener und lauter Sprache finden lassen (Ahnert & Tennhardt, 2008; Lercher, 1998) und die Geräte unterschiedlich empfindliche Mikrofone verbaut haben, wurde für die Einstellung der Ampelstufen ein Selbstversuch durchgeführt. Es wurde jeweils ein einheitlicher Ton abgespielt und der maximale Schallpegel an den Smartphones abgelesen. Auf dieser Basis wurde dann in den Einstellungen der Lärmampel-App die Empfindlichkeit so angepasst, dass alle Geräte ungefähr ab dem gleichen Pegel die Phasen entsprechend wechselten. Die Geräte wurden mit Always-On-Display unterhalb der Monitore platziert (s. Abb. 9).

Abbildung 9

Zwei Beispiele für die Platzierung der Smartphones



Erinnerungszettel

Zusätzlich wurde unterhalb des Bildschirms ein bedruckter Zettel angebracht. Dieser trug die Aufschrift „Denk an deine Kollegen – Sie freuen sich, wenn es möglichst leise im Büro ist“ und enthielt zusätzlich noch eine anschauliche

Grafik (s. Abb. 10). Neben einer Hervorhebung des Wortes leise in der Ampelfarbe Grün enthielt der Zettel einen Pfeil in Richtung Lärmampel.

Abbildung 10

Platzierung und Aussehen des Erinnerungszettels



Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte durch eine Primäranalyse. Die Erhebungsmethoden (Schallpegelmessung und Fragebögen) werden folgend genauer beschrieben.

Bei Feldversuchen führten Studien eine Datenerhebung u. a. mittels des in ISO 22955 (International Organization for Standardization [ISO], 2021) aufgeführten Fragebogens für Open-Space-Büros durch (Selzer & Schelle, 2021). Alternativ wurde in einzelnen Fällen die ISO/TS 15666:2003 referenziert (Renz et al., 2018a). Die Fragebögen wurden jeweils händisch in Papierform (schwarzweiß-Druck) ausgegeben und zur Auswertung in Excel überführt. Abgegeben wurden die Bögen umgedreht an einer dafür vorgesehenen Stelle im Büro (vgl. Anh. 5). Den Fragen wurde zur einfacheren Ansprache jeweils ein Buchstabe zugewiesen. Die Bögen sind in ungekürzter Form im Anhang enthalten (vgl. Anh. 44–48).

Da sich die ISO 22955 speziell auf die Akustik in offenen Bürolandschaften konzentriert, wurde der Fragebogen im Anhang dieser als Vorlage für die *Konstruktion der Fragebögen* herangezogen. Alle Bögen enthielten an deren Anfang eine kurze Beschreibung mit wichtigen Informationen und jeweils eine Nutzer-ID.

Mit dieser konnten anonym gepaarte Auswertungen durchgeführt oder einzelne Datensätze aus der Untersuchung eliminiert werden. Es wurde ein Fragebogen (F0) vor Experimentbeginn von den Mitarbeitenden ausgefüllt, um einen möglichen Hawthorne-Effekt (Personen neigen dazu, ihr natürliches Verhalten anzupassen, wenn sie wissen, dass sie beobachtet werden, Döring, 2023) zu verhindern und den Status quo zu erfassen.

Die erste Frage von F0 (F0_A) zu einer Einschätzung der aktuellen Bürosituation wurde auf Wunsch des Unternehmens mit aufgenommen. Die Frage zur Konzentration (F0_B, F1_A, F2_A) wurde aus der ISO 22955 übersetzt, übernommen und für F1 und F2 auf den jeweiligen Arbeitstag spezifiziert. Aus einer 5-stufigen Skala im Original wurde eine 7-stufige Ratingskala mit angepassten Polen (ISO-Norm: sehr unbefriedigend bis völlig befriedigend, F0–F2: völlig unbefriedigend bis völlig befriedigend). Diese Anpassungen wurden auch für die Frage zum Geräuschpegel im Büro (F0_C, F1_B, F2_B) übernommen. In F0 folgen daraufhin vier aus der ISO übersetzte Fragen (F0_D bis F0_G), die so umformuliert wurden, dass für alle die gleiche 7-stufige Ratingskala (1= keineswegs bis 7 = sehr) verwendet werden kann. Dadurch sollte verhindert werden, dass die Mitarbeitenden durch einen dauerhaften Sprung in Skala und Polung verwirrt werden. Danach folgt eine Matrix (F0_H bis F0_N) mit sieben Lärmquellen, deren Störfaktor jeweils ein einzigartiger Rang (1 = am wenigsten störend zu 7 = am stärksten störend) zugeordnet werden soll. Fünf der sieben Geräuschquellen wurden dabei aus der ISO-Norm übersetzt und übernommen. Die übrigen beiden Geräuschquellen „unverständliche“ und „verständliche Sprache“ wurden für dieses Experiment durch „Interne Kollegengespräche“ und „Telefongespräche“ ausgetauscht, da diese Geräuschquellen in vergangenen Studien als am störendsten wahrgenommen wurden (Haapakangas et al., 2008). Auf der letzten Seite enthielt F0 zudem eine Einverständniserklärung für die Datenverarbeitung, die von den Mitarbeitenden unterzeichnet wurde.

Nach den Fragen zur Möglichkeit, sich im Büro zu konzentrieren (F1_A, F2_A) und der Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel (F1_B, F2_B), die in F1 und F2 ebenfalls vorhanden waren (mit dem zusätzlichen Zeitbezug „heute“ bzw. „Heutiger“), gaben die Mitarbeitenden die Häufigkeit der Ablenkung („Wie häufig

wurden Sie heute durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen abgelenkt?“, F1_C und F2_C, 1 = nie bis 7 = immer), ihre selbst eingeschätzte Produktivität („Wie schätzen Sie Ihre heutige Produktivität im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag ein?“, F1_D und F2_D, 1 = deutlich unproduktiver bis 7 = deutlich produktiver) und ihr Wohlbefinden („Wie wohl fühlten Sie sich heute im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag?“, F1_E und F2_E, 1 = deutlich unwohler bis 7 = deutlich wohler) auf 7-stufigen Ratingskalen an. Abgeschlossen wurden F1 und F2 mit der offenen Frage „Haben Sie heute irgendwelche Veränderungen im Vergleich zu anderen Arbeitstagen bezüglich des Geräuschpegels wahrgenommen, wenn ja welche?“ (F1_F bzw. F2_F).

Um die erstellten Fragebögen zu validieren, wurde ein *Pretest* durchgeführt. Im Rahmen des Tests wurden insgesamt fünf Personen aus dem familiären und beruflichen Umfeld des Verfassers zu den Fragebögen befragt. Vier von fünf Personen bewerteten alle Fragen als leicht verständlich und konnten diese auch bezogen auf ihren letzten Arbeitstag beantworten. Eine der fünf Personen hatte Schwierigkeiten, die Matrix in F0 (F0_H bis F0_N) zu verstehen. Deswegen wurde die Frage durch den Satz „Hinweis: Bitte jede Position bzw. Zahl in der Tabelle nur einer Geräuschquelle zuordnen, sodass sich eine Rangliste ergibt!“ spezifiziert. Alle sonstigen Fragen wurden wie ursprünglich konzipiert belassen.

Neben der Messung der subjektiven Effekte des Nudges mit den Fragebögen wurde eine *Schallpegelmessung* durchgeführt, um objektive Daten zu erheben. Dafür wurden drei Messgeräte so im Raum angeordnet, dass möglichst alle Bereiche des Büros abgedeckt werden können (vgl. Anh. 1–4). Dafür wurde ein Gerät vom Typ Trotec SL400 (Messgerät 3, kurz G3) ungefähr in der Mitte der drei Arbeitsblöcke platziert. Das Messgerät befand sich auf einer Höhe von ca. einem Meter. Zwei weitere Geräte vom Typ Trotec BS30WP wurden jeweils in etwa über der Mitte des linken Arbeitsblockes (Messgerät 1, kurz G1) und der Mitte der beiden rechts gelegenen Arbeitsblöcke (Messgerät 2, kurz G2) ca. 50 cm von der Decke abgehängt. Es wurde versucht, die Geräte jeweils so zu positionieren, dass sie nahezu identische Abstände zu den Arbeitsplätzen des jeweiligen Blockes haben. Dies war aufgrund der Tischanordnung nur eingeschränkt möglich. Für eine genauere Messung hätte an jedem Arbeitsplatz ein Gerät

platziert werden müssen, wogegen sich aber aus finanziellen und die Akzeptanz vonseiten der Mitarbeitenden betreffenden Gründen entschieden wurde.

Die Messgeräte zeichneten jeweils im Sekundentakt (SL400) bzw. sogar ein- bis dreimal pro Sekunde (BS30WP) den aktuellen Pegel in dB (A) auf. Die Ergebnisse konnten am Ende der Tage mittels mitgelieferter Software (SL400) oder zugehöriger App (BS30WP) ausgelesen und in eine Excel-Datei exportiert werden.

Statistische Hypothesen und abhängige Variablen

Um den Einfluss der unabhängigen Variable (Nudge) auf die abhängigen Variablen möglichst valide statistisch untersuchen zu können, werden folgend die einzelnen abhängigen Variablen operationalisiert.

Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen. Mitarbeitende berichteten ihre persönlich wahrgenommene Ablenkungshäufigkeit („Wie häufig wurden Sie heute durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen abgelenkt?“) mittels einer 7-stufigen Ratingskala (1 = nie bis 7 = immer) in F1 (F1_C) und F2 (F2_C).

Statistische H_1 : $\mu_{\text{Tag1}} > \mu_{\text{Tag2}}$

Produktivität. Mitarbeitende berichteten ihre selbst eingeschätzte Produktivität („Wie schätzen Sie Ihre heutige Produktivität im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag ein?“) mittels einer 7-stufigen Ratingskala (1 = deutlich niedriger bis 7 = deutlich höher) in F1 (F1_D) und F2 (F2_D).

Statistische H_2 : $\mu_{\text{Tag1}} < \mu_{\text{Tag2}}$

Wohlbefinden. Mitarbeitende berichteten ihr Wohlbefinden („Wie wohl fühlen Sie sich heute im Büro im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag?“) auf einer 7-stufigen Ratingskala (1 = deutlich unwohler bis 7 = deutlich wohler) in F1 (F1_E) und F2 (F2_E).

Statistische H_3 : $\mu_{\text{Tag1}} < \mu_{\text{Tag2}}$

Durchschnittlicher, äquivalenter Dauerschallpegel. Der durchschnittliche, äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} wurde bestimmt, indem der Durchschnitt der jeweiligen 1-minütigen Dauerschallpegel des Tages gebildet wurde.

Statistische H_4 : $\mu_{\text{Tag1}} > \mu_{\text{Tag2}}$

1-minütige Dauerschallpegel über 55 dB (A). Die Anzahl der 1-minütigen Dauerschallpegel über 55 dB (A) wurde bestimmt, in dem alle Minuten am jeweiligen Arbeitstag, deren Dauerschallpegel über 55 dB (A) lag, gezählt wurden.

Statistische H_5 : $\mu_{\text{Tag1}} > \mu_{\text{Tag2}}$

Ergebnisse

Vorbereitung der Daten

Fragebogen

Da in F0 die Fragematrix (F0_H bis F0_N) von ein paar Personen nicht nach der Vorgabe (nur einmalige Vergabe einer jeden Zahl) beantwortet wurde, werden deren Antworten für die Auswertung der Matrix nicht berücksichtigt. Für die Hypothesentests werden nur die Datensätze von Mitarbeitenden verwendet, die an beiden Tagen anwesend waren. Dadurch ergibt sich für die Tagesvergleiche eine kleine Stichprobengröße von $N = 4$. Die Ergebnisse sind deshalb mit Vorsicht zu betrachten und nicht zu überinterpretieren.

Schallpegelmessung

Am ersten Tag gab es technische Probleme mit dem Messgerät SL400, weshalb dieses erst ab 10:10 Uhr Werte aufzeichnen konnte. Deshalb wurden auch die am zweiten Tag vor 10:10 Uhr aufgenommenen Werte des SL400 aus dem Datensatz entfernt. Um für G1 und G2 einen einheitlichen Start- und Endzeitpunkt für die Auswertung festzulegen, wird nur der Bereich von 7:00 bis 15:30 betrachtet, da in diesem Zeitrahmen beide Geräte sowohl an T1 als auch an T2 Werte aufgezeichnet haben. In diesem Zeitraum hielt sich zudem der Großteil der Personen im Büro auf. Alle Werte, die vor oder nach dieser Uhrzeit aufgezeichnet wurden, sind aus dem Datensatz entfernt worden.

Bei allen drei Geräten wurden an beiden Tagen Zwischenspeicherungen (jeweils 0–2 pro Gerät) durchgeführt, um Datenverlusten vorzubeugen. In diesen Zeiträumen konnten keine Werte aufgezeichnet werden. Das Zwischenspeichern dauerte bei den kleineren Geräten (G1 und G2) jeweils nur wenige Sekunden. Bei G3 wurde nur an Tag 2 eine Zwischenspeicherung durchgeführt. Durch diese konnten einmal für fünf Minuten keine Werte aufgezeichnet werden. Um mögliche Ausreißer zu eliminieren und eine gleiche Anzahl von Datensätzen für beide Tage zu erhalten, wurden aus den (mehrmals) sekundlich aufgenommenen Schalldruckpegeln jeweils 1-minütige Dauerschallpegel gebildet.

Statistische Tests und Datenauswertung

Die Datensätze wurden jeweils auf Normalverteilung mit Shapiro-Wilk-Tests und Histogrammen getestet. Da der Shapiro-Wilk-Test sehr sensitiv ist, wird er bei großen oder kleinen Stichproben schnell signifikant (Mishra et al., 2019), so auch bei den meisten Untersuchungen zu den vorliegenden Datensätzen. Auch auf Basis der Histogramme konnte für die Antworten der Fragebögen keine konsistente Normalverteilung festgestellt werden (vgl. Anh. 30–34). Für die Daten der Lärmpegelmessung zeigte sich in den Histogrammen eine Tendenz zur Normalverteilung (vgl. Anh. 11–26) und aufgrund einer Stichprobengröße deutlich größer als $N = 30$ konnte für die Schallpegelmessung deshalb eine Normalverteilung angenommen werden (Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2011). Für die statistische Untersuchung der Fragebögen wurden aufgrund der kleinen Stichprobe gepaarte Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests durchgeführt. Anschließend wurde die Effektstärke berechnet. Mögliche Zusammenhänge bzw. Korrelationen, die in den explorativen Analysen formuliert und erwartet wurden, sollten aufgrund der kleineren Stichproben ($N = 20$ bzw. $N = 12$) mittels Spearman-Korrelationstests analysiert werden. Da für die Tagesunterschiede bei der Pegelmessung vorher durch eine Untersuchung der Homogenität mittels Levene-Tests (Field, 2013) größtenteils unterschiedliche Varianzen festgestellt wurden, mussten für die statistische Auswertung Welch-Tests an Stelle von t-Tests genutzt werden. Die Effektstärke wurde mit Cohen's D ermittelt und nach Cohen (1992) bewertet. Wenn nicht explizit anders angegeben, wurde für die statistischen Tests ein Alpha-Wert von 0,05 festgelegt. Für die Angaben wurde, sofern nicht anders erwähnt, ein

Konfidenzintervall von 95 % gewählt. Alle statistischen Analysen wurden mittels RStudio (Version 2023.09.1) durchgeführt. Um Hilfestellungen und Tipps für die Erstellung des Codes zu erhalten, wurde der Chatbot ChatGPT (OpenAI, 2023) genutzt.

Hypothesentests

Fragebogen

Wichtiger Hinweis. Bei der Auswertung der Fragebögen im Tagesvergleich werden wie erwähnt nur die Datensätze von Personen genutzt, die an beiden Tagen anwesend waren, wodurch sich eine kleine Stichprobe ($N = 4$) ergibt.

H₁: Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen. Der Einsatz des Nudges senkte die Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen nicht, $Z(3) = 1.79$, $p = .963$, $r = .89$. Im Gegenteil: Mitarbeitende berichteten an Tag 2 sogar eine höhere Ablenkungshäufigkeit ($M = 5.00$, $SD = 2.16$) als an Tag 1 ($M = 3.75$, $SD = 1.50$), jedoch nicht statistisch signifikant, $p = .186$. Aufgrund dieser Ergebnisse wird H_1 (Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann berichten sie weniger Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen im Vergleich zu einem Arbeitstag ohne Nudge) verworfen.

H₂: Produktivität. Die Produktivität konnte durch den Nudge nicht erhöht werden, $Z(3) = 2.20$, $p = .986$, $r = 1.10$. Sie ($M = 3.50$, $SD = 0.58$) verringerte sich im Vergleich zum Arbeitstag ohne Nudge ($M = 4.50$, $SD = 0.58$) sogar signifikant, $Z(3) = -1.80$, $p = .036$, $r = .90$. Das Ergebnis ist nach Cohen (1992) als großer Effekt einzustufen. H_2 (Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann berichten sie höhere Produktivität im Vergleich zu einem Arbeitstag ohne Nudge) muss auf Basis dieser Ergebnisse abgelehnt werden.

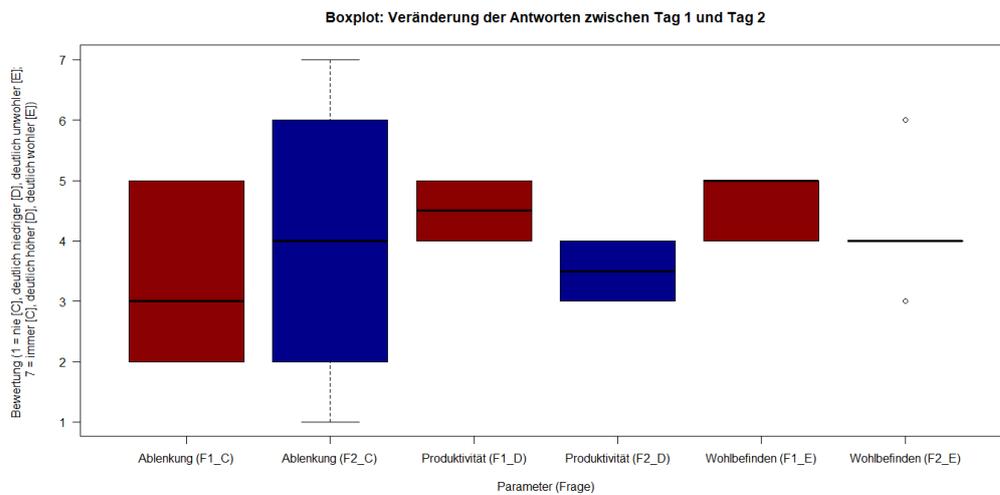
H₃: Wohlbefinden. Das Wohlbefinden konnte durch die Intervention mittels Nudge nicht verbessert werden, $Z(3) = 1.20$, $p = .885$, $r = .60$. Mitarbeitende berichteten an T2 geringeres Wohlbefinden ($M = 4.25$, $SD = 1.26$), als an T1 ($M = 4.75$, $SD = 0.50$). Der Unterschied ist statistisch jedoch nicht signifikant, $p = .212$. Die Untersuchungsergebnisse machen eine Ablehnung von H_3 (Wenn

Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann berichten sie höheres Wohlbefinden im Vergleich zu einem Arbeitstag ohne Nudge.) nötig.

Die Probleme, die durch die kleine Stichprobe (N =4) verursacht werden, lassen sich optisch, am Beispiel der Antworten auf die Frage F2_E gut erkennen (s. Abb. 11)

Abbildung 11

Boxplot: Veränderung der Antworten zwischen Tag 1 und Tag 2



Schallpegelmessung

H4: Durchschnittlicher, äquivalenter Dauerschallpegel. Der über den Tag gemessene durchschnittliche Dauerschallpegel war an G1, G2 und G3 mit Ausnahme von G3 an T2 tagesspezifisch ähnlich. Die Varianzen (SD^2) variierten zwischen den Geräten z. T. stark (s. Tab. 3). Tagesspezifische Vergleiche der Geräte mittels Welch-Tests wurden teilweise signifikant (vgl. Anh. 27). Angesichts dessen wurden Auswertungen für den Vergleich des Schallpegels zwischen den beiden Tagen sowohl gerätespezifisch als auch gesammelt durchgeführt.

Tabelle 3

Deskriptive Statistiken für die jeweiligen Geräte im Tagesvergleich

Gerät (Typ)	Untersuchungstag											
	Kontroll-Zeitraum (Tag 1)						Nudge-Zeitraum (Tag 2)					
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Md</i>	min	max	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Md</i>	min	max
G1 (BS30WP)	511	42.20	3.67	41.41	37.54	54.57	511	43.55	4.26	43.14	37.46	57.11

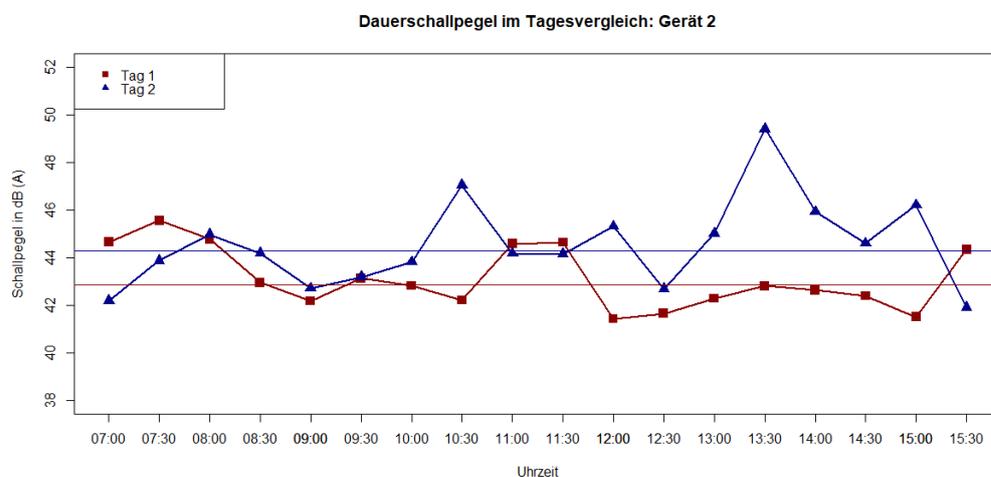
G2 (BS30WP)	511	42.86	2.18	42.10	40.46	53.16	511	44.29	2.98	43.37	40.70	54.66
G3 (SL400)	317	42.68	4.94	42.66	35.31	56.65	317	46.55	5.36	47.25	35.42	58.28
Kombiniert	1339	42.57	3.57	41.97	35.31	56.65	1339	44.54	4.30	44.04	35.42	58.28

Anmerkung. Die angegebenen Werte beziehen sich auf die 1-minütigen Dauerschallpegel in dB (A) am jeweiligen Tag.

Der Dauerschallpegel war beim G1 an T2 nicht kleiner als an T1, $t(997.55) = -5.427$, $p > .999$, $d = -0.34$, 95 % KI für d [-0.46, -0.22]. Gleiches gilt für G2, dort war der Dauerschallpegel an T1 ebenso nicht höher als an T2, $t(934.78) = -8.768$, $p > .999$, $d = -0.42$, 95 % KI für d [-0.56, -0.28]. Auch an G3 wurde keine Reduzierung des Dauerschallpegels erzielt, $t(627.73) = -9.446$, $p > .999$, $d = -0.75$, 95 % KI für d [-0.91, -0.58]. Werden die drei Werte kombiniert und dann ein Tagesvergleich durchgeführt, ergibt sich ein ähnliches Bild (vgl. Anh. 6). Es kann an T2 keine statistisch signifikante Reduzierung gegenüber T1 erzielt werden, $t(2590.3) = -12.947$, $p > .999$, $d = -0.50$, 95 % KI für d [-0.58, -0.42]. Alle Tagesvergleiche zeigen bei umgekehrter Richtung der Tests sogar jeweils eine signifikante Erhöhung des Dauerschallpegels, $p < .001$. Auch in Grafikplots ist dieser Anstieg von T1 zu T2 gut erkennbar (s. Abb. 12 und Anh. 8–10). Auf Basis der beschriebenen Ergebnisse wird H_4 (Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann ist der durchschnittliche, äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} des Arbeitstages niedriger als an einem Arbeitstag ohne Nudge) abgelehnt.

Abbildung 12

Tagesvergleich der Dauerschallpegel mittels Liniendiagramm: G2



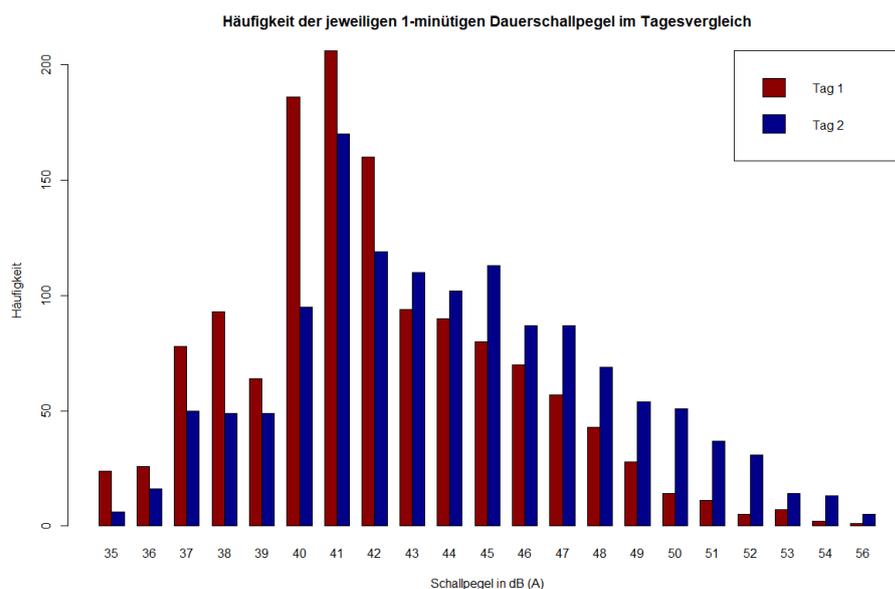
Anmerkung. Die rote durchgezogene Linie bildet den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T1

und die blaue durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T2 ab. Da die 1-minütigen Dauerschallpegel eine äußerst hohe Variation aufweisen (vgl. Anh. 7) wurden 30-minütige Dauerschallpegel gebildet, um den Tagesverlauf besser kenntlich zu machen.

H5: 1-minütige Dauerschallpegel über 55 dB (A). Es gab im Allgemeinen nur wenige 1-minütige Dauerschallpegel über 55 dB (A). An Tag 1 wurde nur in einem 1-minuten-Abschnitt die Schwelle von 55 dB (A) überschritten. An Tag 2 wiederum wurde sie in insgesamt 17 1-Minuten-Abschnitten überschritten. Um den Tagesunterschied auch für niedrigere Schwellen zu illustrieren, wurde ein Häufigkeitsdiagramm erstellt, das die Verteilung der jeweiligen ganzzahligen dB-Werte an T1 und T2 darstellt (s. Abb. 13). Es zeigt sich die klare Tendenz, dass an T2 deutlich häufiger höhere 1-minütige Dauerschallpegel vorlagen.

Abbildung 13

Häufigkeit der jeweiligen Dezibel-Werte an Tag 1 und Tag 2



Anmerkung. Für die Darstellung wurden die jeweiligen 1-minütigen Dauerschallpegel aller Geräte herangezogen. Diese wurden vorher auf ganze Dezibel trunkiert.

Aus diesen Gründen muss H_5 (Wenn Mitarbeitende einem Nudge ausgesetzt werden, dann gibt es an diesem Arbeitstag weniger 1-minütige Dauerschallpegel über 55 dB (A) als an einem Arbeitstag ohne Nudge) ebenfalls verworfen werden. Da es zum Teil signifikante Unterschiede der gemessenen Parameter zwischen T1 und T2 gibt, kann trotz der Ablehnung von H_1 bis H_5 die

Nullhypothese H_0 (Es gibt keinen Unterschied zwischen dem Arbeitstag mit und dem Arbeitstag ohne Nudge, sowohl bezüglich der berichteten Ablenkung, Produktivität und dem berichteten Wohlbefinden, als auch dem durchschnittlichen Dauerschallpegel oder der Anzahl der 1-minütigen Dauerschallpegel über 55 dB (A)) für dieses Feldexperiment nicht angenommen werden.

Explorative Analysen

Ergänzend zu der Überprüfung der Hypothesen wurden weitere Analysen durchgeführt, um zusätzliche, für Forschung, Praxis und die spätere Diskussion relevante, Ergebnisse zu erhalten. Aufgrund der kleinen Stichprobengröße sind die Ergebnisse nicht zu überinterpretieren.

Ex₁: Zusammenhänge mit der Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel. Spearman-Rangkorrelationstests wurden durchgeführt, um erwartete Zusammenhänge in den Antworten der Fragebögen zu überprüfen. Es existieren Korrelationen zwischen der berichteten Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel im Büro sowohl mit der bewerteten Möglichkeit, sich zu konzentrieren (positiv), $r(18) = 0.77$, $p < .001$, 95 % KI für $r [0.49, 0.90]$, als auch mit der Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen (negativ), $r(10) = -0.88$, $p < .001$, 95 % KI für $r [-0.97, -0.62]$ (vgl. Anh. 37–38). Keine signifikante Korrelation konnte zwischen der bewerteten Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel im Büro und der von Mitarbeitenden selbst eingeschätzten Produktivität, $r(10) = 0.33$, $p = .296$, 95 % KI für $r [-0.30, 0.76]$, oder dem berichteten Wohlbefinden, $r(10) = 0.27$, $p = .404$, 95 % KI für $r [-0.36, 0.73]$, gefunden werden (vgl. Anh. 39–40).

Ex₂: Zusammenhänge mit der Häufigkeit der Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen. Weitere Spearman-Korrelationstests ergaben einen negativen Zusammenhang zwischen der berichteten Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen und der angegebenen Möglichkeit, sich am Arbeitsplatz zu konzentrieren, $r(10) = -0.87$, $p < .001$, 95 % KI für $r [-0.96, -0.58]$ (vgl. Anh. 41). Kein statistischer Zusammenhang konnte zwischen der Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen, sowohl mit der selbst eingeschätzten Produktivität, $r(10)$

= -0.38, $p = .218$, 95 % KI für r [-0.78, 0.24], als auch mit dem berichteten Wohlbefinden, $r(10) = -0.25$, $p = .424$, 95 % KI für r [-0.72, 0.37], gefunden werden (vgl. Anh. 42–43).

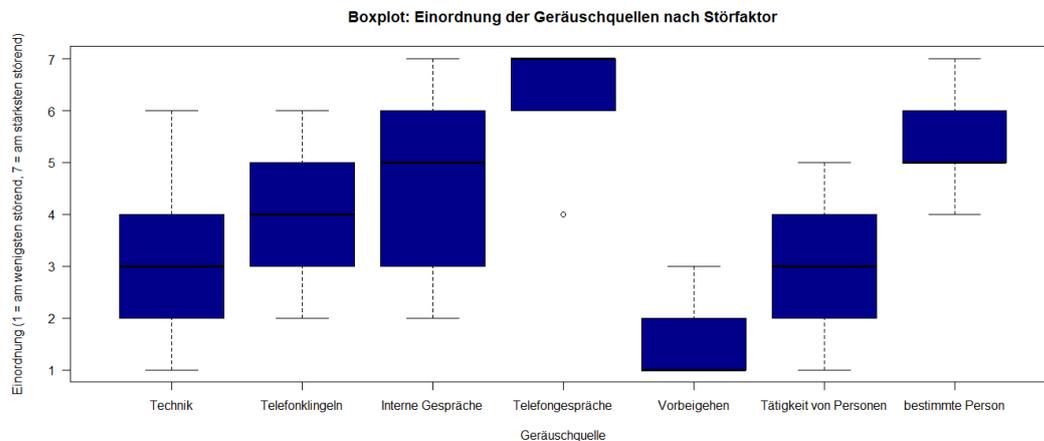
Test auf Hawthorne-Effekt. In Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Einschätzung des Geräuschpegels in F1 ($M = 5.00$, $SD = 0.82$) gegenüber von F0 ($M = 3.75$, $SD = 1.50$), $Z(5) = -1.93$, $p = .027$, $r = .79$, sogar als großer Effekt nach Cohen (1992). Die anderen Vergleiche mit den Vergleichsfragen in F0 (vgl. Anh. 35–36) waren jeweils nicht signifikant ($Z_{F0_C,F1_A}(5) = -1.38$, $p_{F0_B,F1_A} = .084$, $r_{F0_B,F1_A} = .56$, $Z_{F0_B,F2_A}(5) = 0.60$, $p_{F0_B,F2_A} = .725$, $r_{F0_B,F2_A} = .24$; $Z_{F0_C,F2_B}(5) = -0.14$, $p_{F0_C,F2_B} = .445$, $r_{F0_C,F2_B} = .06$). In einer Antwort auf die offene Frage in F1 (F1_F) wurde als Grund für die leisere Umgebung an Tag 1 die Messung vermutet (vgl. Anh. 29).

Zusammenhang zwischen objektiven und subjektiven Daten. Weitere gepaarte Wilcoxon-Tests zeigten, dass sich parallel zum Anstieg des gemessenen Dauerschallpegels die Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel im Büro von T1 ($M = 5.00$, $SD = 0.82$) zu T2 ($M = 3.25$, $SD = 1.89$) annähernd signifikant verringerte, $Z(3) = -1.36$, $p = .087$, $r = .68$. Die Möglichkeit, sich im Büro zu konzentrieren, wurde an T2 ($M = 3.25$, $SD = 1.26$) nicht besser berichtet als an T1 ($M = 5.25$, $SD = 1.26$), $Z(3) = 2.03$, $p = .979$, $r = 1.02$. Auch hier gab es eine signifikante Verschlechterung zu Tag 2, $Z(3) = -1.66$, $p = .049$, $r = .83$, mit großem Effekt nach Cohen (1992). In der offenen Frage (F1_F) beschrieben zwei Personen die Geräuschumgebung an T1 als leiser und eine Person als hektischer. An T2 wurde der Pegel in allen drei Antworten auf die offene Frage (F2_F) als höher eingestuft. Als Gründe wurde eine bestimmte Person und mehr bzw. stärker in Gespräche verwickelte Mitarbeitende angeführt (vgl. Anh. 29).

Untersuchung der Störquellen im Büro. Die Mitarbeitenden ordneten Telefongesprächen ($M = 3.25$, $SD = 1.89$) und internen Kollegengesprächen ($M = 3.25$, $SD = 1.89$) bzw. Geräuschen im Zusammenhang mit einer bestimmten Person ($M = 3.25$, $SD = 1.89$) den höchsten Störfaktor zu (s. Abb. 14).

Abbildung 14

Einordnung der Geräuschquellen durch die Mitarbeitenden



Anmerkung. Die deskriptiven Statistiken zur Matrix finden sich im Anhang (vgl. Anh. 28).

Diskussion

Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Die vorliegende Arbeit sollte untersuchen, ob durch den Einsatz von Nudging eine Verbesserung der Raumakustik in Open-Space-Büros erzielt werden kann. Auf Basis von erfolgter Forschung wurde erwartet, dass sich durch den Einsatz der Intervention sowohl die Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel, die Produktivität und das Wohlbefinden erhöhen, als auch die Ablenkung durch Lärm, der durchschnittliche Dauerschallpegel und die 1-minütigen Dauerschallpegel über 55 dB(A) verringern. In diesem Feldexperiment konnte keiner dieser erwarteten Effekte bestätigt werden. Es mussten alle Hypothesen (H_1 bis H_5) verworfen werden. Im Gegenteil: Im Nudge-Zeitraum (T2) war der durchschnittliche Dauerschallpegel sogar signifikant höher als im Kontroll-Zeitraum (T1). Dies spiegelte sich auch in der subjektiven Wahrnehmung der Mitarbeitenden wider, die an Tag 2 deutlich unzufriedener mit dem Geräuschpegel waren als an Tag 1. Ähnlich verhielt es sich mit der Produktivität, die im Nudge-Zeitraum signifikant niedriger eingeschätzt wurde als im Kontroll-Zeitraum. Während die Ablenkungshäufigkeit durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen an T2 eher höher als an T1 war, verschlechterte sich das berichtete Wohlbefinden hin zu T2 tendenziell. Angesichts dessen ist die Forschungsfrage

(Lässt sich die Raumakustik in Open-Space-Büros durch Nudging verbessern?)
auf Basis dieses Feldexperiments zu verneinen.

Eine Möglichkeit, um die unerwarteten Ergebnisse zu erklären, wäre eine Trotz-Reaktion der Mitarbeitenden auf den Nudge. Solche Effekte können dann eintreten, wenn sich Personen stark in ihrer Entscheidungsfreiheit eingeschränkt fühlen (Brehm, 1966). Da keiner der Mitarbeitenden in der offenen Frage des Fragebogens auf eine Störung durch die Anwesenheit der Intervention hinwies, gibt es jedoch keine verlässlichen Anhaltspunkte für die Existenz eines solchen Effekts.

Es konnten zudem Indizien für einen möglichen Hawthorne-Effekt gefunden werden, da die Mitarbeitenden im Fragebogen 1 eine signifikant bessere Bewertung für die Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel vergaben, als im Fragebogen 0, obwohl an T1 lediglich Daten mittels Pegelmessung und Fragebogen gesammelt wurden und noch keine Intervention zur Verbesserung der Bedingungen stattgefunden hatte. Zudem vermutete eine Person in der offenen Frage in F1 die Messung als Grund für die leisere Umgebung an T1. Auf dieser Basis scheint es möglich, dass sich die Mitarbeitenden an T1 durch die ungewohnte Situation (Messgeräte im Büro, erneut Fragebogen ausfüllen) anders verhalten haben, als sie das an einem üblichen Tag getan hätten und deswegen leiser waren. An T2 könnte sich dieser Effekt durch die Gewöhnung an die Umgebungsfaktoren wieder verringert haben. Dies wäre eine weitere Möglichkeit, um die Erhöhung des durchschnittlichen Lärmpegels und die Verschlechterung der subjektiven Einschätzungen von T1 zu T2 zu erklären.

Es besteht auch die Möglichkeit, dass die Manipulation der UV, also der Nudge nicht stark genug war, um bei den Mitarbeitenden einen positiven Effekt hervorzurufen. Dies könnte der Fall sein, obwohl bereits eine Kombination von zwei Interventionen (Lärmampel und Erinnerungszettel) genutzt und alle Elemente des EAST-Frameworks abgedeckt wurden, um einen möglichst starken Effekt zu erzielen. Andere Nudges (vgl. Tab. 2) wären möglicherweise wirksamer gewesen und hätten dadurch eventuell bessere Ergebnisse erzielt.

In explorativen Analysen zeigte sich eine Korrelation zwischen der berichteten Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel im Büro und der Möglichkeit, sich am

Arbeitsplatz zu konzentrieren (positiv) bzw. der Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm (negativ). Zudem existiert ein Zusammenhang von der berichteten Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen und der angegebenen Möglichkeit, sich am Arbeitsplatz zu konzentrieren (negativ). Statistisch signifikante Zusammenhänge konnten zwischen den anderen Paaren (Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel <> selbst eingeschätzte Produktivität, Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen <> selbst eingeschätzte Produktivität, Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen <> berichtetes Wohlbefinden) nicht gefunden werden, es lag aber teilweise eine Tendenz in Richtung einer Korrelation vor. Dies bekräftigt die in der Arbeit angeführte Argumentation, dass Probleme mit der Raumakustik Folgen für andere Bereiche, wie die Arbeitsleistung oder die Produktivität und das Wohlbefinden haben.

Auch im vorliegenden Büro wurden Telefongespräche und interne Kollegengespräche als die störendsten Faktoren bewertet, was die Erkenntnisse aus der Forschung (Haapakangas et al., 2008) stützt. Die subjektive Bewertung der Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel verhält sich, wie durch die objektiv gemessene Veränderung des Dauerschallpegels zu erwarten. Es scheint also einen klaren Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung und der objektiven Messung des Schallpegels zu geben. Dies stärkt die Vorgehensweise im Status quo der Büroplanung, bei dem die Raumakustik primär mit objektiven Parametern bestimmt wird. Zudem zeigt dies, dass die Messung des Dauerschallpegels eine gute Ergänzung für die Datenerhebung mittels Fragebogen sein kann.

Limitationen

Feldexperimente im Büro sind mit einer recht hohen Komplexität verbunden. Da sowohl Mitarbeiter als Unternehmen mit dem Vorgehen einverstanden sein müssen, ist es schwierig, in solchen Felduntersuchungen Sondereffekte komplett zu eliminieren. Deshalb gibt es auch bei dem Experiment dieser Arbeit einige Limitationen, die hauptsächlich die interne Validität betreffen.

Eine solche Schwäche ist sicherlich der kurze Untersuchungszeitraum von nur zwei Tagen. Gerade im Bürokontext, in dem selten jeder Tag gleich ist,

können dadurch schnell unerwartete Sondereffekte auftreten, die Ergebnisse stark verfälschen können. Dies zeigte sich u. a. in den Antworten auf die offene Frage in F2 (F2_F), in der Mitarbeitende Sondereffekte beschrieben (vgl. Anh. 29). In anderen Untersuchungen in Büros werden deswegen üblicherweise längere Zeiträume von teilweise mehreren Monaten (Nieuwenhuis et al., 2014) untersucht, was aber im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war. Auch die verhältnismäßig kleine Stichprobe ist für die Validität des Experiments definitiv nicht förderlich. Die Rekrutierung von größeren Unternehmen für solche Untersuchungen ist nicht einfach, Studien (Perrin Jegen & Chevret, 2017) zeigen aber, dass dies grundsätzlich möglich ist und dabei hilft, eine gute Datenbasis zu schaffen. Als weitere Schwäche der Untersuchung kann die Anzahl und der Typenunterschied der Messgeräte angesehen werden. Dadurch, dass nur drei Messgeräte genutzt wurden, konnten diese nicht exakt so platziert werden, dass sie zu jedem Arbeitsplatz des jeweiligen Blocks den gleichen Abstand haben. Der unterschiedliche Typ erschwert zudem Vergleiche, obwohl der Geräteunterschied deutlich geringer als erwartet war. Aus Kostengründen war es im Rahmen dieser Arbeit schwierig, weitere Messgeräte zu beschaffen. Zudem hätte durch eine Platzierung von Messgeräten an jedem Arbeitsplatz die Zustimmung der Mitarbeitenden gefährdet werden können.

Es ist denkbar, dass die erzielten Ergebnisse bedingt durch die beschriebenen Limitationen stark beeinflusst wurden. Bei weiteren vergleichbaren Untersuchungen, sollte deshalb versucht werden, Sondereffekte so gut es geht zu reduzieren, auch wenn diese in einem Feldexperiment wohl kaum ganz eliminiert werden können.

Erkenntnisse für weitere Forschung

Durch das Experiment wurden viele Erkenntnisse für weitere Forschung gewonnen. Auf Basis von dargestellter Literatur scheint es eine valide Strategie zu sein, Nudging in Experimenten zur Verbesserung der akustischen Verhältnisse in Büros einzusetzen, auch wenn bei diesem Feldexperiment kein positiver Effekt gefunden werden konnte. Wenn die beschriebenen Limitationen gezielt verringert und die herausgearbeiteten Stärken der Untersuchung sinnvoll genutzt werden, dann könnte die Forschungsfrage mit höherer Genauigkeit beantwortet

werden. Bei vorliegender Untersuchung war sowohl der Zeitraum (zwei Tage), als auch die Stichprobe zu klein, um eine hohe interne Validität zu erreichen. Zudem erwiesen sich die aus ISO 22955 (ISO, 2021) übernommene Fragematrix für die Mitarbeitenden zum Teil als zu schwer verständlich. Für diese sollte in Zukunft eine bessere Erläuterung erfolgen oder die Darstellung angepasst werden, beispielsweise durch mehrere 7-stufige Rankingskalen. Zudem sollten für zukünftige Untersuchungen Messgeräte vom selben Typ, wenn möglich an jedem Arbeitsplatz platziert werden. So können Sondereffekte möglichst effektiv verhindert werden. Ungenauigkeiten könnten auch durch einen längeren Untersuchungszeitraum ausgeglichen werden. Des Weiteren sollten bei zukünftigen Untersuchungen Ausfälle der Technik vermieden und Zwischenspeicherungen nur so durchgeführt werden, dass die Messung nicht pausiert werden muss.

Die Schallpegelmessung war zwar bisher kaum in Feldexperimenten im Büro eingesetzt worden, auf Basis dieser Untersuchung scheint sie aber ein gutes Kontrollinstrument zu sein, da dadurch viele Datenpunkte objektiv generiert werden können und ein Abgleich mit den subjektiven Ergebnissen (aus den Fragebögen) durchgeführt werden kann. Um die interne Validität zu erhöhen, könnte es sinnvoll sein, vorstellbare Interventionen (vgl. Tab. 2) im ersten Schritt mit Laborexperimenten zu testen. Im zweiten Schritt könnten dann die effektivsten Interventionen in Feldexperimenten mit einer großen Stichprobe und über einen möglichst langen Zeitraum hinweg getestet werden, um auch die externe Validität zu erhöhen.

Es wurden zudem neue Fragen durch dieses Feldexperiment aufgeworfen. In zukünftigen Untersuchungen sollte untersucht werden, ob Lärmampeln bei Erwachsenen Menschen eine Trotz-Reaktion hervorrufen oder von diesen angenommen werden. Dies dürfte sich auch für andere Forschungsgebiete als relevant erweisen. Zudem ist sicherlich eine genauere Untersuchung der auch in diesem Feldexperiment aufgetauchten Korrelationen interessant. Hier könnte ein standardisierter Fragebogen helfen, um die Ergebnisse verschiedener Studien zusammenzuführen und so eine möglichst große Datenmenge zu erhalten. Der Fragebogen im Anhang der ISO 22955 (ISO, 2021) ist dafür definitiv ein guter Anfang, weist aber wie dargestellt noch einige Schwächen auf und ist durch seine

Länge und die ständig wechselnden Pole auch recht komplex. Um auch Vergleiche zwischen verschiedenen Bürotypen durchführen zu können, wäre ein für alle Büroformen einheitlicher Fragebogen, der die wichtigsten Fragen beinhaltet und trotzdem möglichst einfach gehalten ist, sicher hilfreich.

Erkenntnisse für die Praxis

Für die Praxis können aufgrund der beschriebenen Limitationen nur bedingt Schlüsse gezogen werden. Es zeigte sich jedoch auch in diesem Experiment, dass für Mitarbeitende in Open-Space-Büros Telefongespräche und interne Gespräche von Kollegen die störendsten Lärmquellen darstellen.

Objektive Parameter, wie aus einer Schallpegelmessung scheinen die subjektiven Effekte auf die Mitarbeitenden gut abbilden zu können, weshalb dem aktuellen Ansatz in der Büroplanung zugestimmt werden kann, bei dem die Raumakustik nahezu ausschließlich mit objektiven Maßen bestimmt wird. Trotzdem kann es sich als sinnvoll erweisen, Datenerhebungen zusätzlich mit Fragebögen durchzuführen, beispielsweise, um Problemquellen zu identifizieren. Es zeigte sich auch in diesem Experiment, dass es subjektive Abhängigkeiten gibt, zum Beispiel in den Antworten auf die offene Frage in F1, bei der zwei Mitarbeitende das Umfeld als leiser als üblich, eine Person das Umfeld jedoch als hektischer als üblich empfand.

Es scheint zudem, als würde es einen Zusammenhang zwischen der Möglichkeit, sich am Arbeitsplatz zu konzentrieren sowohl mit der berichteten Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel und der Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen, geben. Auch wenn in den vorliegenden Untersuchungen keine statistische Signifikanz erzielt wurde, deutet sich zudem ein negativer Effekt von der Unzufriedenheit mit dem Geräuschpegel und der Ablenkung durch Lärm oder vergleichbar auf die Produktivität und das Wohlbefinden an. Daraus kann geschlossen werden, dass die Raumakustik einen relevanten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit von Mitarbeitenden hat.

Wenn Unternehmen sich aufgrund der Wirtschaftlichkeit für ein Open-Space-Büro entscheiden, dann sollten sie folglich dafür sorgen, dass der

Geräuschpegel und die Ablenkung durch Lärm und andere Störfaktoren im Büro möglichst niedrig sind. Wenn dies verpasst wird, ist mit einer geringeren Produktivität und niedrigerem Wohlbefinden vonseiten der Mitarbeitenden zu rechnen, wodurch die wirtschaftlich positiven Effekte von offenen Büroflächen schnell wieder verloren gehen können. Es wäre zudem im Interesse von Unternehmen, dass eine sinnvolle Maßnahme für die Lösung der beschriebenen Probleme gefunden wird, die von Mitarbeitenden akzeptiert wird und die Offenheit, die die Kommunikation fördern kann, beibehalten lässt.

Fazit

Die vorliegende Arbeit hat versucht, mit Nudging die Raumakustik in Open-Space-Büros zu verbessern. Leider ist dies im Kontext dieses Feldexperiments nicht gelungen. Da es Einschränkungen bei der internen Validität durch eine verhältnismäßig kleine Stichprobe und einen kurzen Untersuchungszeitraum gab, ist es vorstellbar, dass Sondereffekte die Ergebnisse stark (negativ) beeinflusst haben. Es sollten deshalb in Zukunft weitere Untersuchungen durchgeführt werden, die Nudging einsetzen, um bessere akustische Bedingungen in (Open-Space-) Büros zu erreichen. Die Arbeit liefert hilfreiche Erkenntnisse dafür, was in solchen Experimenten zukünftig zu berücksichtigen ist und zeigt auf, warum ein Erfolg solcher Untersuchungen für die Praxis von hoher Relevanz ist. Schließlich ist die Thematik nicht nur für Unternehmen relevant, die den Einsatz ihrer Mitarbeitenden möglichst wirtschaftlich gestalten wollen, sondern betrifft Millionen von Menschen in ihrem alltäglichen Arbeitsleben.

Literaturverzeichnis

- Ahnert, W., & Tennhardt, H.-P. (2008). Raumakustik. In S. Weinzierl (Hrsg.), *Handbuch der Audiotechnik*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-34301-1>
- Ausschuss für Arbeitsstätten. (2013). *ASR A1.2: Raumabmessungen und Bewegungsflächen* [Technische Regeln für Arbeitsstätten]. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/ASR/ASR-A1-2.html>
- Ausschuss für Arbeitsstätten. (2021). *ASR A3.7: Lärm* [Technische Regeln für Arbeitsstätten]. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/ASR/ASR-A3-7.html>
- Banbury, S., & Berry, D. (2005). Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements. *Ergonomics*, *48*(1), 25–37. <https://doi.org/10.1080/00140130412331311390>
- Barthelmes, V. M., Karmann, C., Viviana González, S., Chatterjee, A., Wienold, J., Andersen, M., Licina, D., & Khovalyg, D. (2021). Environmental preferences of occupants: A multi-domain approach in the Swiss open office case study. *Journal of Physics: Conference Series*, *2042*(1), 012131. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2042/1/012131>
- Bernstein, E. S., & Turban, S. (2018). The impact of the 'open' workspace on human collaboration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *373*(1753), 20170239. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0239>
- Bodin Danielsson, C., Chungkham, H. S., Wulff, C., & Westerlund, H. (2014). Office design's impact on sick leave rates. *Ergonomics*, *57*(2), 139–147. <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.871064>
- Brehm, J. W. (1966). *A theory of psychological reactance*. Academic Press.
- bsa Verband Büro-, Sitz und Objektmöbel e. V. (2015). *bsa-Studie 2015: Status quo der Büro-Arbeitsplätze in Deutschland*. <https://iba.online/publikationen/>
- Cohen, J. (1992). Statistical Power Analysis. *Current Directions in Psychological Science*, *1*(3), 98–101. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783>

- Deutsches Institut für Normung e. V. (2012). *DIN 45645-2:2012-09, Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen—Teil 2: Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung*. Beuth Verlag.
<https://doi.org/10.31030/1900230>
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2016). *DIN 18041:2016-03, Hörsamkeit in Räumen Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung*. Beuth Verlag. <https://doi.org/10.31030/2395845>
- Donald, I., & Siu, O.-L. (2001). MODERATING THE STRESS IMPACT OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS: THE EFFECT OF ORGANIZATIONAL COMMITMENT IN HONG KONG AND CHINA. *Journal of Environmental Psychology*, 21(4), 353–368. <https://doi.org/10.1006/jevp.2001.0229>
- Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2>
- Ellermeier, W., & Hellbrück, J. (2008). Hören – Psychoakustik – Audiologie. In S. Weinzierl (Hrsg.), *Handbuch der Audiotechnik*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-34301-1>
- Eysel-Gosepath, K., Pape, H. G., Erren, T., Thinschmidt, M., Lehmacher, W., & Piekarski, C. (2010). Lärm in Kindertagesstätten. *HNO*, 58(10), 1013–1020. <https://doi.org/10.1007/s00106-010-2121-y>
- Fasold, W., & Veres, E. (2003). *Schallschutz und Raumakustik in der Praxis: Planungsbeispiele und konstruktive Lösungen* (2. Aufl). Huss-Medien, Verl. Bauwesen.
- Fried, Y., Melamed, S., & Ben-David, H. A. (2002). The joint effects of noise, job complexity, and gender on employee sickness absence: An exploratory study across 21 organizations — the CORDIS study. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 75(2), 131–144.
<https://doi.org/10.1348/09631790260098181>
- Fuchs, H. V. (2017). *Raum-Akustik und Lärm-Minderung: Konzepte mit innovativen Schallabsorbern und -dämpfern*. Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-53163-1>

- Gigerenzer, G., & Gaissmaier, W. (2011). Heuristic Decision Making. *Annual Review of Psychology*, 62(1), 451–482. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346>
- Haapakangas, A., Helenius, R., Keskinen, E., & Hongisto, V. (2008, Juli 21). Perceived acoustic environment, work performance and well-being—Survey results from Finnish offices. *Proceedings, ICBEN 2008*. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods. https://www.icben.org/2008/PDFs/Haapakangas_et_al_Finnish_offices.pdf
- Haapakangas, A., Hongisto, V., Hyönä, J., Kokko, J., & Keränen, J. (2014). Effects of unattended speech on performance and subjective distraction: The role of acoustic design in open-plan offices. *Applied Acoustics*, 86, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.04.018>
- Haapakangas, A., Hongisto, V., & Liebl, A. (2020). The relation between the intelligibility of irrelevant speech and cognitive performance—A revised model based on laboratory studies. *Indoor Air*, 30(6), 1130–1146. <https://doi.org/10.1111/ina.12726>
- Höfker, G. (2022). Teil IV Schall. In W. M. Willems (Hrsg.), *Lehrbuch der Bauphysik: Wärme – Feuchte – Klima – Schall – Licht – Brand*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-34093-3>
- Hongisto, V. (2005). A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance. *Indoor Air*, 15(6), 458–468. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2005.00391.x>
- Hoppen, T. (2017). Lärm auf der Intensivstation abschalten. *Pädiatrie*, 29(1), 19–19. <https://doi.org/10.1007/s15014-017-0968-z>
- Hotter, E., & Zollneritsch, J. (2008). *Lärm in der Schule: Ein Arbeitsbuch*. Leykam.
- Hummel, D., & Maedche, A. (2019). How effective is nudging? A quantitative review on the effect sizes and limits of empirical nudging studies. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 80, 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2019.03.005>

- International Organization for Standardization. (2021). *ISO 22955:2021-05, Acoustics—Acoustic quality of open office spaces*. Beuth.
<https://www.beuth.de/de/norm/iso-22955/340975301>
- Jensen, K., Arens, E., & Zagreus, L. (2005). Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupant surveys. *Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 2401–2405.
https://www.researchgate.net/publication/250415295_Acoustical_quality_in_office_workstations_as_assessed_by_occupant_surveys
- Jones, D. M., Miles, C., & Page, J. (1990). Disruption of proofreading by irrelevant speech: Effects of attention, arousal or memory? *Applied Cognitive Psychology*, 4(2), 89–108. <https://doi.org/10.1002/acp.2350040203>
- Jones, D., Madden, C., & Miles, C. (1992). Privileged Access by Irrelevant Speech to Short-term Memory: The Role of Changing State. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 44(4), 645–669.
<https://doi.org/10.1080/14640749208401304>
- Kaarlela-Tuomaala, A., Helenius, R., Keskinen, E., & Hongisto, V. (2009). Effects of acoustic environment on work in private office rooms and open-plan offices – longitudinal study during relocation. *Ergonomics*, 52(11), 1423–1444. <https://doi.org/10.1080/00140130903154579>
- Käfer, A., Bockstahler, M., & Jurecic, M. (2022). Das Büro – Eine Einführung. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 59, 979–992.
<https://doi.org/10.1365/s40702-022-00884-7>
- Keränen, J. S., Virjonen, P., & Hongisto, V. O. (2008). Characterization of acoustics in open offices—Four case studies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5_Supplement), 2971–2971.
<https://doi.org/10.1121/1.2932458>
- Keränen, J., Virjonen, P., Elorza, D. O., & Hongisto, O. V. (2008). Design of room acoustics for open offices. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health Supplements (SJWEH)*, 4, 46–49. <https://www.sjweh.fi/article/1208>
- Keus van de Poll, M., Ljung, R., Odelius, J., & Sörqvist, P. (2014). Disruption of writing by background speech: The role of speech transmission index.

Applied Acoustics, 81, 15–18. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.02.005>

- Krupper, D. (2011). Immobilienproduktivität: Der Einfluss von Büroimmobilien auf Nutzerzufriedenheit und Produktivität. Eine empirische Studie am Beispiel ausgewählter Bürogebäude der TU Darmstadt. In A. Pfnür (Hrsg.), *Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis* (Bd. 25). https://www.real-estate.bwl.tu-darmstadt.de/media/bwl9/dateien/arbeitspapiere/110919_Arbeitspapier_25.pdf
- Lackner, H., & Pontilli, M. (2008). LÄRMAMPEL MINIPRODUKTION-FLIEßBANDTECHNIK HAUTNAH MIT SCHÜLERN. EVALUIERUNG DER WIRKUNG IN DREI KLASSEN. *Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung (IMST-Fonds)*, S6 „Anwendungsorientierung und Berufsbildung“. https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/0/01/1139_Langfassung_Lackner.pdf
- Laubengeiger, M. (2021). *Psychoakustische Maßnahmen zur Minderung des Sprachstörschallpegels und zur Steigerung der Nutzerzufriedenheit in Großraumbüros* [Masterarbeit, Hochschule der Medien]. <https://curdt.home.hdm-stuttgart.de/PDF/Laubengeiger.pdf>
- Leather, P., Beale, D., & Sullivan, L. (2003). Noise, psychosocial stress and their interaction in the workplace. *Journal of Environmental Psychology*, 23(2), 213–222. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(02\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(02)00082-8)
- Lercher, P. (1998). Medizinisch-hygienische Grundlagen der Lärmbeurteilung. In M. T. Kalivoda & J. W. Steiner (Hrsg.), *Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6490-7>
- Liebl, A., & Jahncke, H. (2017, Juni 18). Review of research on the effects of noise on cognitive performance. *Proceedings of the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem*. 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem, Zurich. https://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea04_Liebl_0401_4017.pdf
- Liebl, A., & Kittel, M. (2015). Sound Masking in Bürourgebungen—Notwendigkeit, Bedenken, Nutzen. *Fortschritte der Akustik - DAGA 2015*, 1373–1375. https://pub.dega-akustik.de/DAGA_2015/data/vol1.pdf

- Liebl, A., Martin, N., & Mueller, B. J. (2019). If speech is the source of noise, how can the source be eliminated or reduced? *PROCEEDINGS of the 23rd International Congress on Acoustics*, 2475–2481. <https://pub.dega-akustik.de/ICA2019/data/articles/000432.pdf>
- Liebl, A., Zaglauer, M., & Martin, N. (2017, Juni 18). Evaluation of measures for the reduction of impairment by background speech at office workplaces: Comparison of measurements and listening tests. *Proceedings of the 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem*. 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem, Zurich. https://www.icben.org/2017/ICBEN%202017%20Papers/SubjectArea04_Liebl_0417_4024.pdf
- Martin, P. (2007). *Fallbeispiele: Neue Konzepte zur Flexibilisierung der Büroarbeit*. Hans-Böckler-Stiftung. <https://silو.tips/download/dr-peter-martin-bro-fr-arbeitsgestaltung-und-arbeitsschutz-wwwdr-peter-martinde>
- Mishra, P., Pandey, C., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22(1), 67. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18
- Mueller, B. J., Dickschen, A., & Martin, N. (2020). How reliable are ISO 3382-3:2012 measurements to predict employee satisfaction with acoustics in open space offices? Preliminary results of multiple measurements as well as in-situ surveys. *Proceedings of the FA2020 Conference*, 2217–2221. <https://hal.science/hal-03235224/document>
- Münscher, R., Vetter, M., & Scheuerle, T. (2016). A Review and Taxonomy of Choice Architecture Techniques. *Journal of Behavioral Decision Making*, 29(5), 511–524. <https://doi.org/10.1002/bdm.1897>
- Nieuwenhuis, M., Knight, C., Postmes, T., & Haslam, S. A. (2014). The relative benefits of green versus lean office space: Three field experiments. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 20(3), 199–214. <https://doi.org/10.1037/xap0000024>
- Nocke, C. (2014). *Raumakustik im Alltag: Hören, Planen, Verstehen*. Fraunhofer IRB.

- Nsabimana, F. X., & Rennies-Hochmuth, J. (2016). Subjektive Wahrnehmung und Monitoring von Lärm in Kindergärten. *Fortschritte der Akustik - DAGA 2016*, 1253–1256. https://pub.dega-akustik.de/DAGA_2016/data/daga16_all.pdf
- OpenAI. (2023). ChatGPT (Dec 20 version) [Large language model]. <https://chat.openai.com/chat>
- Pejtersen, J., Allermann, L., Kristensen, T. S., & Poulsen, O. M. (2006). Indoor climate, psychosocial work environment and symptoms in open-plan offices. *Indoor Air*, 16(5), 392–401. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2006.00444.x>
- Perrin Jegen, N., & Chevret, P. (2017). Effect of noise on comfort in open-plan offices: Application of an assessment questionnaire. *Ergonomics*, 60(1), 6–17. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1172737>
- Pielsticker, G., & Peters, T. (2019). *Lärmprävention in Kindertageseinrichtungen* (Lärmprävention in Bildungseinrichtungen). Unfallkasse NRW. https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/Sonderschriften/Laermpraevention_in_kitas.pdf
- Pieren, R. (2011, März). *Soundscape im Grossraumbüro (Open Plan Space)*. 1. Internationale Schall- und Akustiktage 2011, Bad Wörishofen. <https://doi.org/10.13140/2.1.2759.6161>
- Pierrette, M., Parizet, E., Chevret, P., & Chatillon, J. (2015). Noise effect on comfort in open-space offices: Development of an assessment questionnaire. *Ergonomics*, 58(1), 96–106. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.961972>
- Pirker-Binder, I. (Hrsg.). (2016). *Prävention von Erschöpfung in der Arbeitswelt*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48619-1>
- Plötzner, T. (2019). Raumakustik in offenen Bürolandschaften. *DBZ - Deutsche Bauzeitschrift*, 04/2019. https://www.dbz.de/artikel/dbz_Raumakustik_in_offenen_Buerolandschaften-3340579.html
- Reisbeck, C. (2023). CEOs erwarten vollständige Rückkehr ins Büro in den kommenden drei Jahren. *KPMG*.

<https://kpmg.com/de/de/home/media/press-releases/2023/10/ceos-erwarten-rueckkehr-ins-buero-in-kommenden-3-jahren.html>

Renz, T., Leistner, P., & Liebl, A. (2018a). Auditory distraction by speech: Can a babble masker restore working memory performance and subjective perception to baseline? *Applied Acoustics*, *137*, 151–160.

<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.02.023>

Renz, T., Leistner, P., & Liebl, A. (2018b). Auditory distraction by speech: Sound masking with speech-shaped stationary noise outperforms –5 dB per octave shaped noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *143*(3), EL212–EL217. <https://doi.org/10.1121/1.5027765>

Renz, T., Leistner, P., & Liebl, A. (2019). Sound Masking in Bürourgebungen: Personalisierte und konventionelle Systeme können die kognitive Leistung steigern. *Bauphysik*, *41*(3), 143–150.

<https://doi.org/10.1002/bapi.201900006>

Sabine, W. C. (1922). *Collected Papers on Acoustics*. Harvard University Press.

Schild, E., Casselmann, H.-F., Dahmen, G., & Pohlenz, R. (1990). *Bauphysik 4. Auflage*. Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-83232-0>

Schlittmeier, S., Liebl, A., Hellbrück, J., Thaden, R., & Vorländer, M. (2007). Hintergrundsprache unterschiedlicher Sprachverständlichkeit in Bürourmwelten: Objektive Leistungsdaten versus subjektive Beurteilungen. *Fortschritte der Akustik - DAGA 2007*, 853–854. https://pub.dega-akustik.de/DAGA_1999-2008/data/articles/002989.pdf

Sedlmeier, P., & Renkewitz, F. (2013). *Forschungsmethoden und Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (2., aktualisierte und erweiterte Auflage). Pearson.

Selzer, J., & Schelle, F. (2021). Untersuchung der Raumakustik und auditiver Belastung im Mehrpersonenbüro. *Fortschritte der Akustik - DAGA 2021*, 601–604. https://pub.dega-akustik.de/DAGA_2021/data/daga21_proceedings.pdf

Service, O., Hallsworth, M., Halpern, D., Algate, F., Gallagher, R., Nguyen, S., Ruda, S., Sanders, M., Pelenur, M., Gyani, A., Harper, H., Reinhard, J., & Kirkman, E. (2014). *EAST: Four simple ways to apply behavioural*

- insights*. Behavioural Insights Team. <https://www.bi.team/publications/east-four-simple-ways-to-apply-behavioural-insights/>
- Stadler, S. (2007). *Die Einführung neuer Bürokonzepte und ihre Auswirkungen auf die Beschäftigten—Studie am Beispiel von sechs Unternehmen im Münchner Raum*. Hans-Böckler-Stiftung. https://www.boeckler.de/pdf_fof/96717.pdf
- Stadler, S. (2011). *Open Space Büros: Eine Studie über die Machbarkeit und Umsetzung von offenen Bürostrukturen*. Hans-Böckler-Stiftung. https://www.boeckler.de/pdf_fof/97337.pdf
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale university press.
- Van der Meiden, I., Kok, H., & Van der Velde, G. (2019). Nudging physical activity in offices. *Journal of Facilities Management*, 17(4), 317–330. <https://doi.org/10.1108/JFM-10-2018-0063>
- Vassie, K., & Richardson, M. (2017). Effect of self-adjustable masking noise on open-plan office worker's concentration, task performance and attitudes. *Applied Acoustics*, 119, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.12.011>
- Venema, T. A. G., Kroese, F. M., & De Ridder, D. T. D. (2018). I'm still standing: A longitudinal study on the effect of a default nudge. *Psychology & Health*, 33(5), 669–681. <https://doi.org/10.1080/08870446.2017.1385786>
- Verein Deutscher Ingenieure e. V. (2019). *VDI 2569. Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros*. <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2569-schallschutz-und-akustische-gestaltung-in-bueros>
- Vitruvius Pollio, M. (1796). *Des Marcus Vitruvius Pollio Baukunst* (A. Rode, Übers.; Bd. 1). <https://doi.org/10.11588/diglit.1721>

Anhänge

Anhang 1

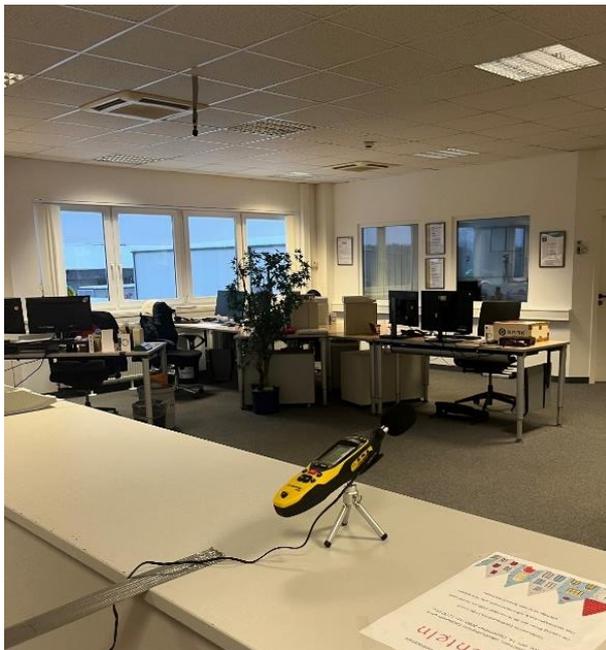
Platzierung der Messgeräte im Raum (Weitwinkelaufnahme)



Anmerkung. Links von der Decke hängend G1 (BS30WP), ungefähr zentral auf dem Sideboard stehend, G3 (SL400), rechts von der Decke hängend, G2 (BS30WP). Der dritte Block rechts ist aufgrund der Trennwand nicht vollständig erkennbar.

Anhang 2

Platzierung von G1 (BS30WP) und G3 (SL400)



Anmerkung. Im Vordergrund stehend, G3 (SL400), im Hintergrund von der Decke hängend, G1 (BS30WP).

Anhang 3

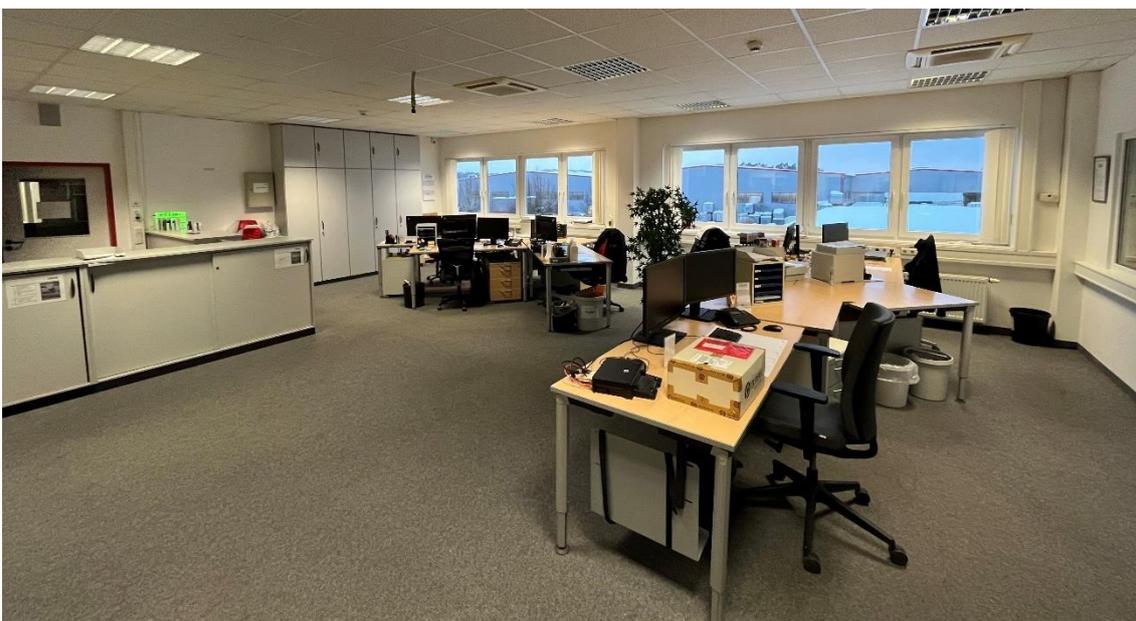
Platzierung von G2 (BS30WP)



Anmerkung. Abhängung circa in der Mitte des rechten Arbeitsblockes.

Anhang 4

Aufnahme des linken Arbeitsblockes (Weitwinkelaufnahme)



Anmerkung. G1, Abgabeschale und Büroeingang sichtbar.

Anhang 5

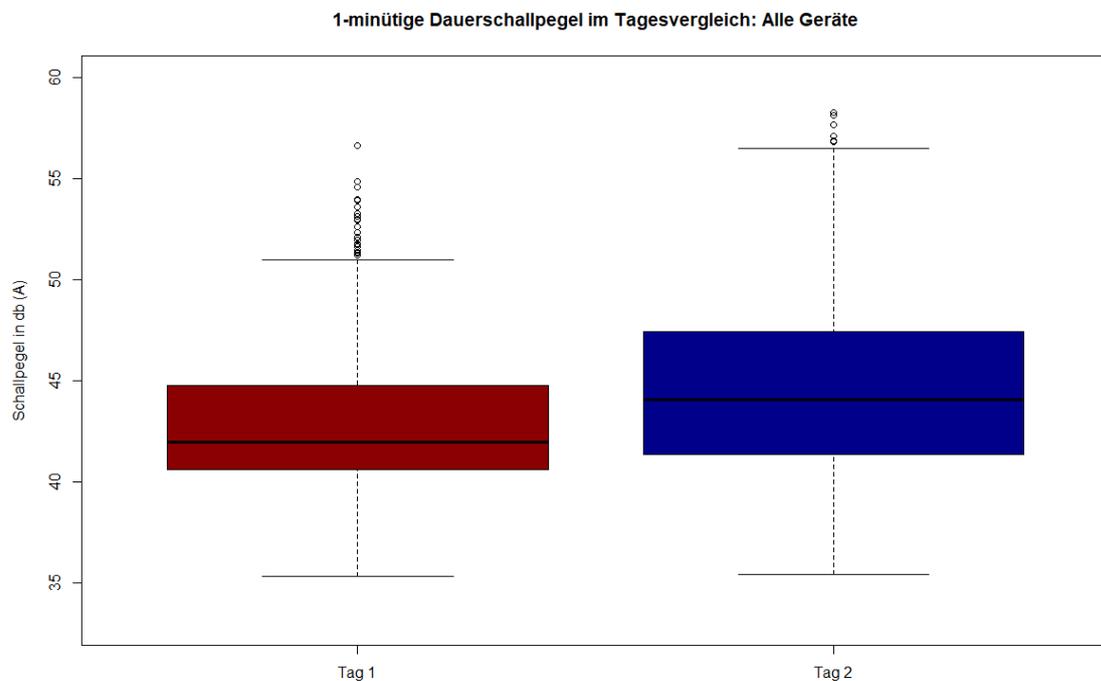
Abgabeschale für die Fragebögen



Anmerkung. Die Schale wurde auf dem Sideboard direkt vor dem Büroeingang platziert. Die Fragebögen wurden mit der Sichtseite nach unten abgegeben.

Anhang 6

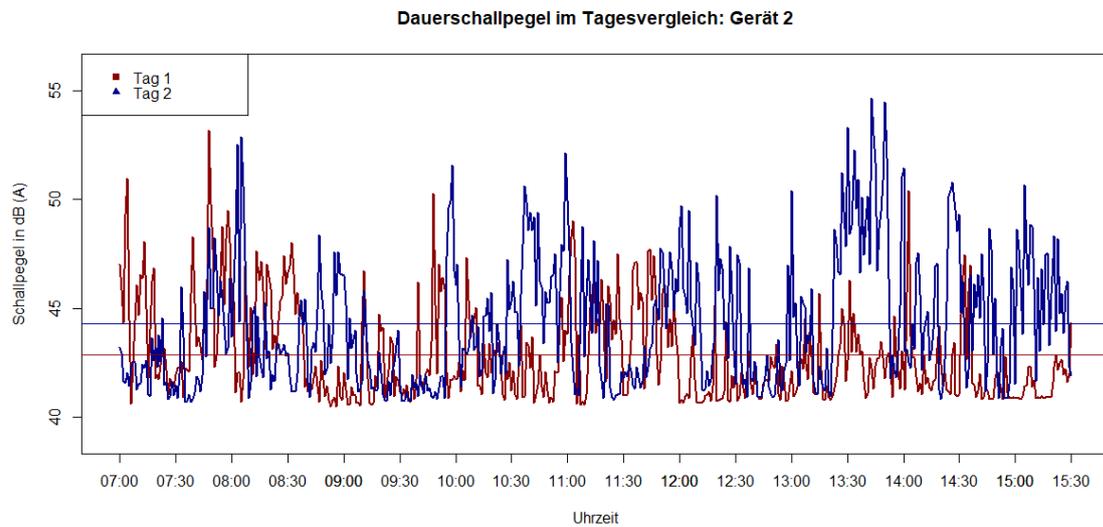
Tagesvergleich der Dauerschallpegel mit Boxplot: Alle Geräte (G1, G2 & G3)



Anmerkung. Es wurden die 1-minütigen Dauerschallpegel aller Geräte herangezogen.

Anhang 7

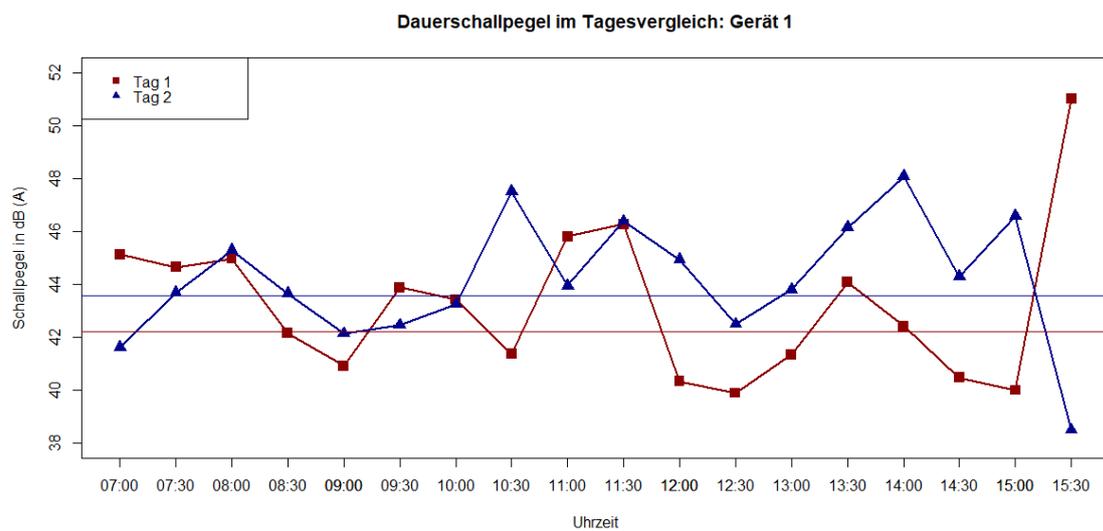
Tagesvergleich der Dauerschallpegel mit Liniendiagramm: G2 (feiner Verlauf)



Anmerkung. Das rote Liniendiagramm zeigt den Verlauf der 1-minütigen Dauerschallpegel an T1 und das blaue Liniendiagramm den Verlauf an T2. Zudem illustriert die rote durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T1 und die blaue durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T2.

Anhang 8

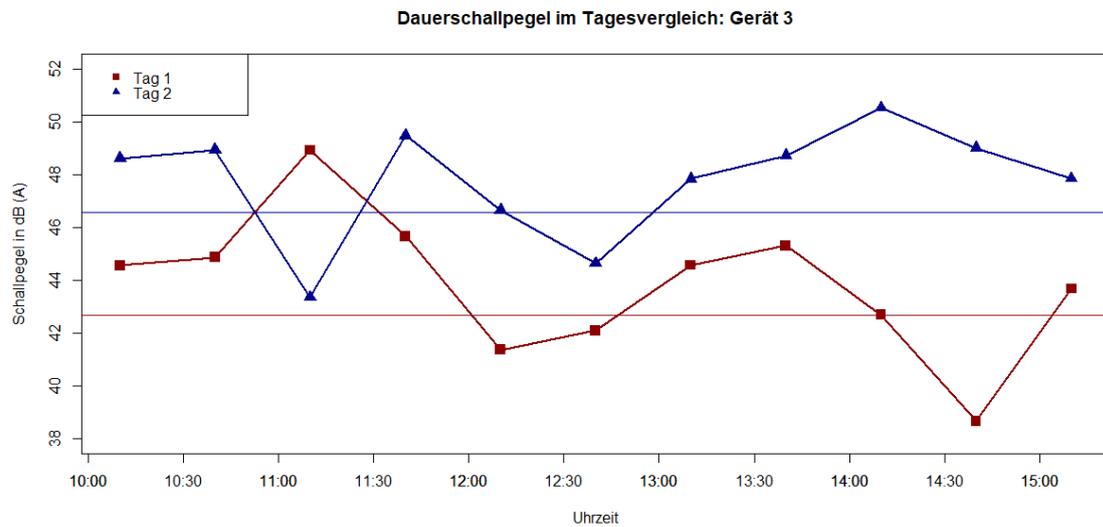
Tagesvergleich der Dauerschallpegel mit Liniendiagramm: G1



Anmerkung. Das rote Liniendiagramm zeigt den Verlauf der 30-minütigen Dauerschallpegel an T1 und das blaue Liniendiagramm den Verlauf an T2. Zudem illustriert die rote durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T1 und die blaue durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T2.

Anhang 9

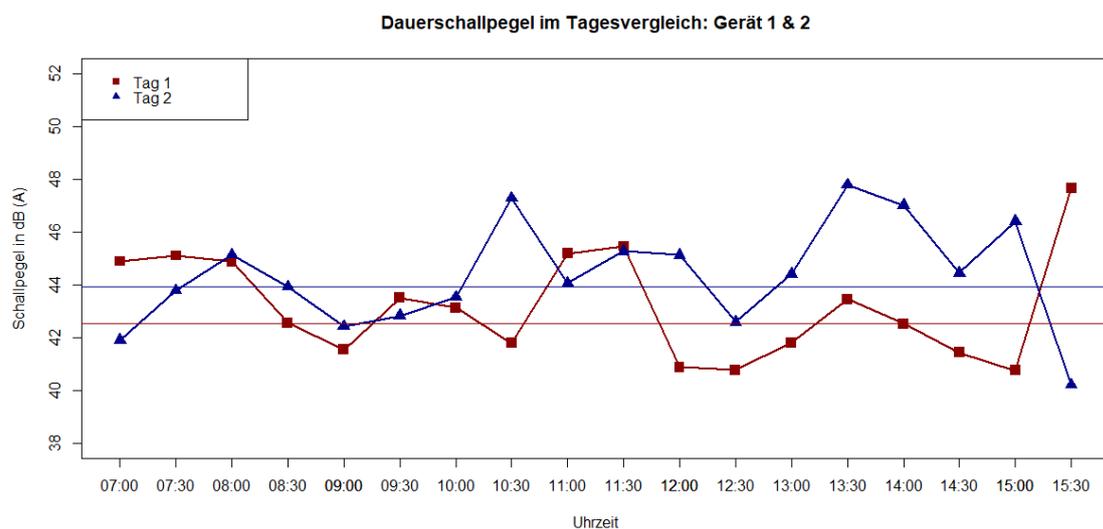
Tagesvergleich der Dauerschallpegel mit Liniendiagramm: G3



Anmerkung. Das rote Liniendiagramm zeigt den Verlauf der 30-minütigen Dauerschallpegel an T1 und das blaue Liniendiagramm den Verlauf an T2. Zudem illustriert die rote durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T1 und die blaue durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T2.

Anhang 10

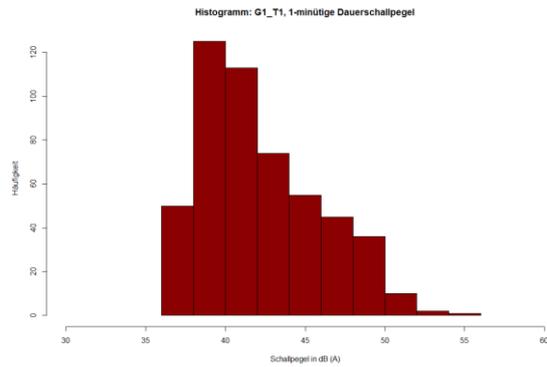
Tagesvergleich der Dauerschallpegel mit Liniendiagramm: G1 & G2



Anmerkung. Das rote Liniendiagramm zeigt den Verlauf der 30-minütigen Dauerschallpegel an T1 und das blaue Liniendiagramm den Verlauf an T2. Zudem illustriert die rote durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T1 und die blaue durchgezogene Linie den durchschnittlichen Dauerschallpegel von T2.

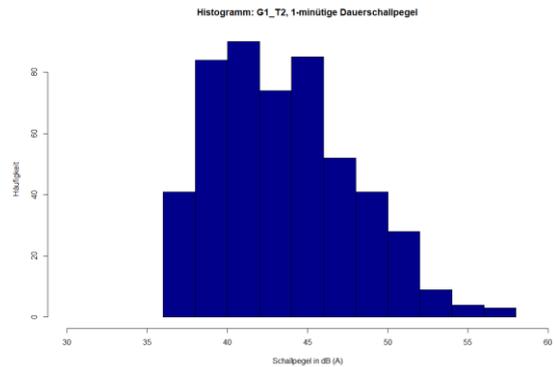
Anhang 11

Histogramm: G1_T1, 1min



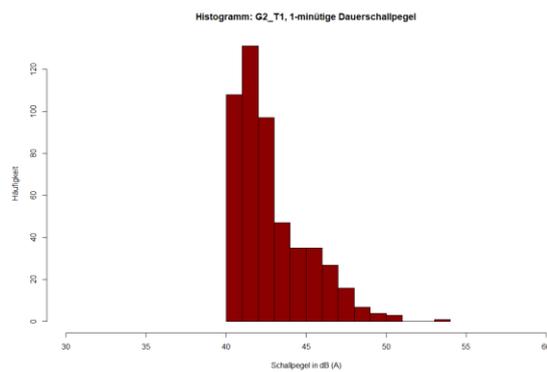
Anhang 12

Histogramm: G1_T2, 1min



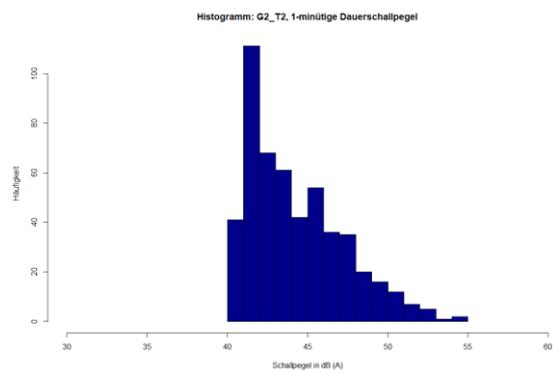
Anhang 13

Histogramm: G2_T1, 1min



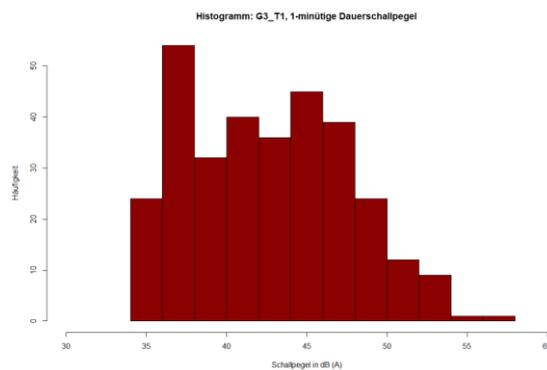
Anhang 14

Histogramm: G2_T2, 1min



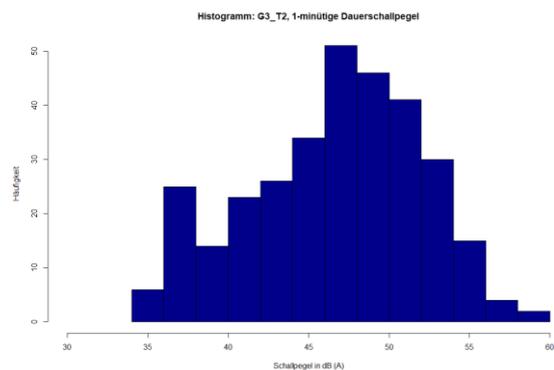
Anhang 15

Histogramm: G3_T1, 1min



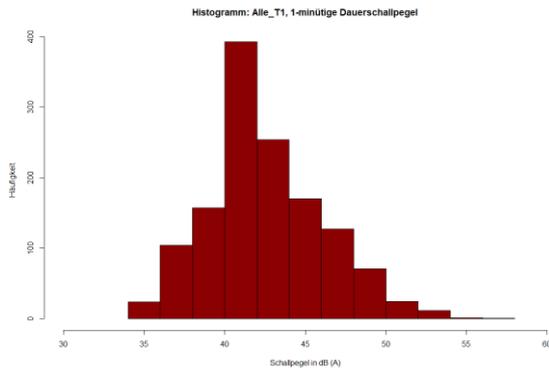
Anhang 16

Histogramm: G3_T2, 1min



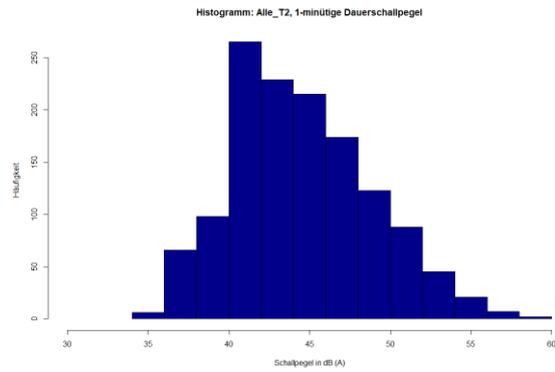
Anhang 17

Histogramm: Alle_T1, 1min



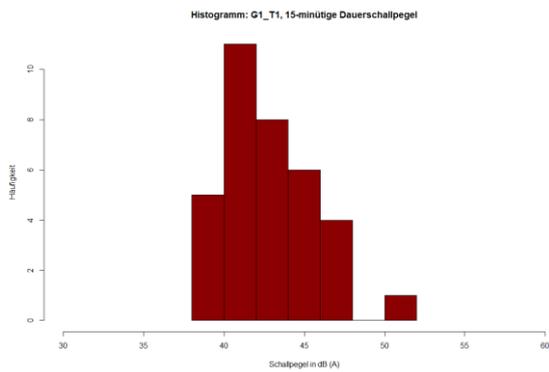
Anhang 18

Histogramm: Alle_T2, 1min



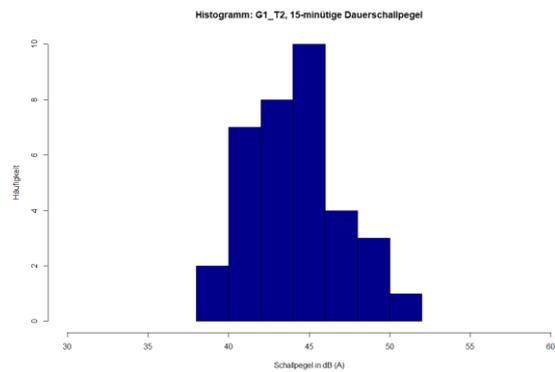
Anhang 19

Histogramm: G1_T1, 15min



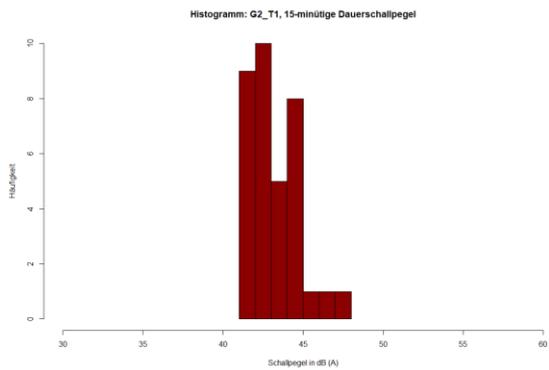
Anhang 20

Histogramm: G1_T2, 15min



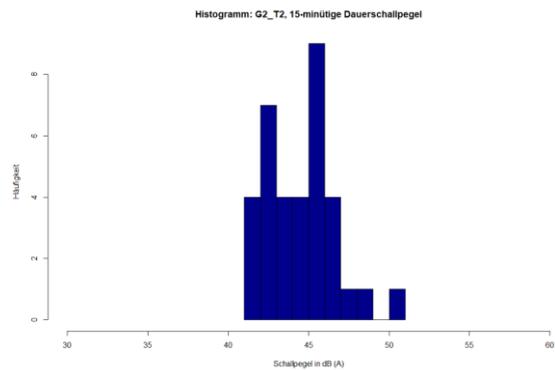
Anhang 21

Histogramm: G2_T1, 15min



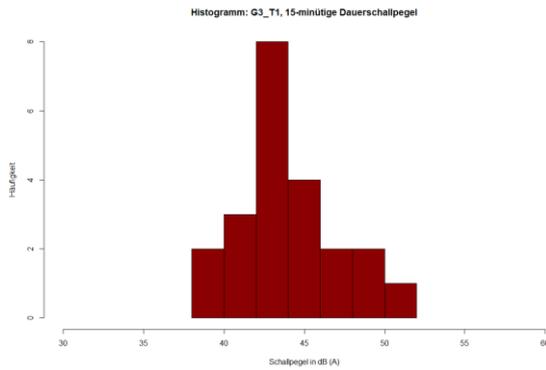
Anhang 22

Histogramm: G2_T2, 15min



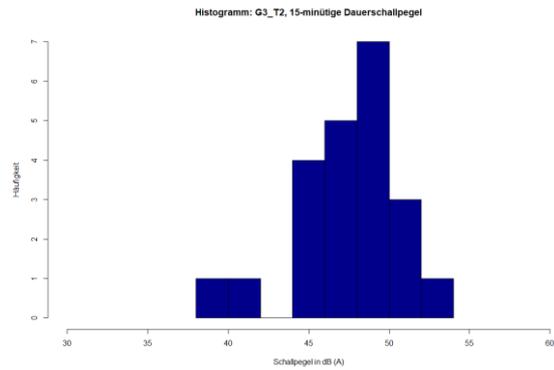
Anhang 23

Histogramm: G3_T1, 15min



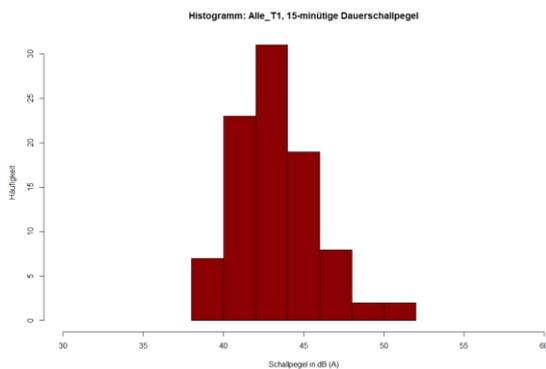
Anhang 24

Histogramm: G3_T2, 15min



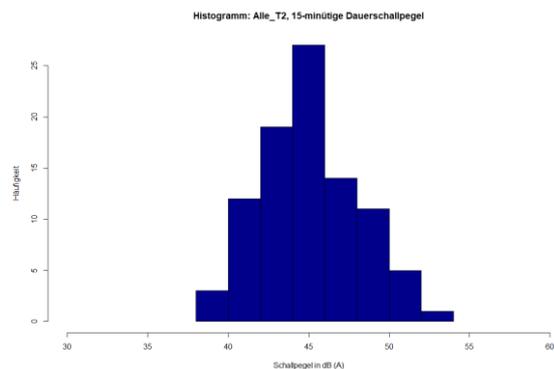
Anhang 25

Histogramm: Alle_T1, 15min



Anhang 26

Histogramm: Alle_T2, 15min



Anhang 27

Tabelle: Statistische Untersuchungen zu tagesinternen Geräteunterschieden

Vergleich	Geräte				Statistische Kennwerte					
	1. Gerät		2. Gerät		t	df	p	d	95% KI für d	
	M	SD	M	SD					UG	OG
G1T1_G2T1	42.20	3.67	42.86	2.18	-3.46	831.28	<.001***	0.22	-0.34	-0.09
G1T1_G3T1	42.20	3.67	42.68	4.94	-1.50	530.69	.135	0.11	-0.26	0.03
G2T1_G3T1	42.86	2.18	42.68	4.94	0.59	393.72	.557	0.05	-0.09	0.19
G1T2_G2T2	43.55	4.26	44.29	2.98	-3.20	912.42	.001**	0.20	-0.32	-0.08
G1T2_G3T2	43.55	4.26	46.55	5.36	-8.44	559.23	<.001***	0.64	-0.78	-0.49
G2T2_G3T2	44.29	2.98	46.55	5.36	-6.88	438.80	<.001***	0.56	-0.70	-0.41

Anmerkung. Die angegebenen Werten beziehen sich auf die 1-minütigen Dauerschallpegel in dB (A) am jeweiligen Tag.

Anhang 28

Tabelle: Deskriptive Statistiken zur Matrix aus F0 (F0_H bis F0_N)

Geräuschquelle	Deskriptive Statistiken					
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Md</i>	min	max
F0_H (Technik)	5	3.2	1.92	3	1	6
F0_I (Telefonklingeln)	5	4.0	1.58	4	2	6
F0_J (Interne Gespräche)	5	4.6	2.07	5	2	7
F0_K (Telefongespräche)	5	6.2	1.30	7	4	7
F0_L (Vorbeigehende Personen)	5	1.6	0.89	1	1	3
F0_M (Tätigkeit von Personen)	5	3.0	1.58	3	1	5
F0_N (bestimmte Person)	5	5.4	1.14	5	4	7

Anhang 29

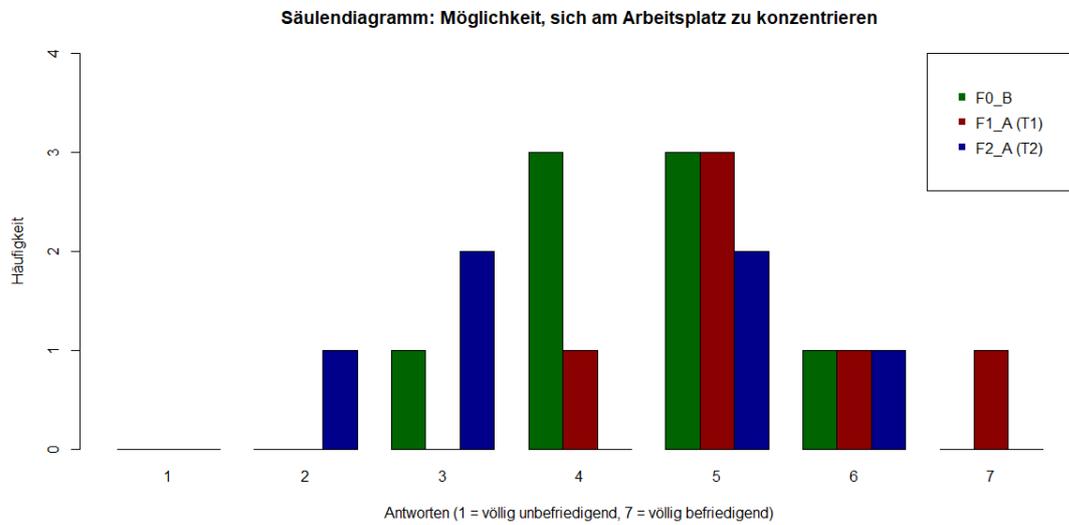
Tabelle: Antworten auf die offene Frage in F1 (F1_F) und F2 (F2_F)

Frage (ID)	Antwort (Namen zensiert, sonst exakt übernommen)
F1_F (1)	„Es war heute teilweise lauter, da es etwas hektischer zuzuging.“
F1_F (3)	„Aufgrund der Messung etwas leiser als gewöhnlich, liegt wahrscheinlich auch daran, dass das Büro nicht voll besetzt war.“
F1_F (7)	„Nein.“
F1_F (11)	„ruhiger, da weniger Personen“
F2_F (3)	„heute etwas lauter als gestern Vermutlich waren mehr Mitarbeiter in Gespräche verwickelt“
F2_F (7)	„[...] war da -> großer Störfaktor Ansonsten wie immer“
F2_F (11)	„lauter, da mehr Mitarbeiter. Auch Personen die keinen festen Arbeitsplatz im Büro haben, waren vermehrt vor Ort“

Anmerkung. Leergelassene Antworten wurden nicht berücksichtigt.

Anhang 30

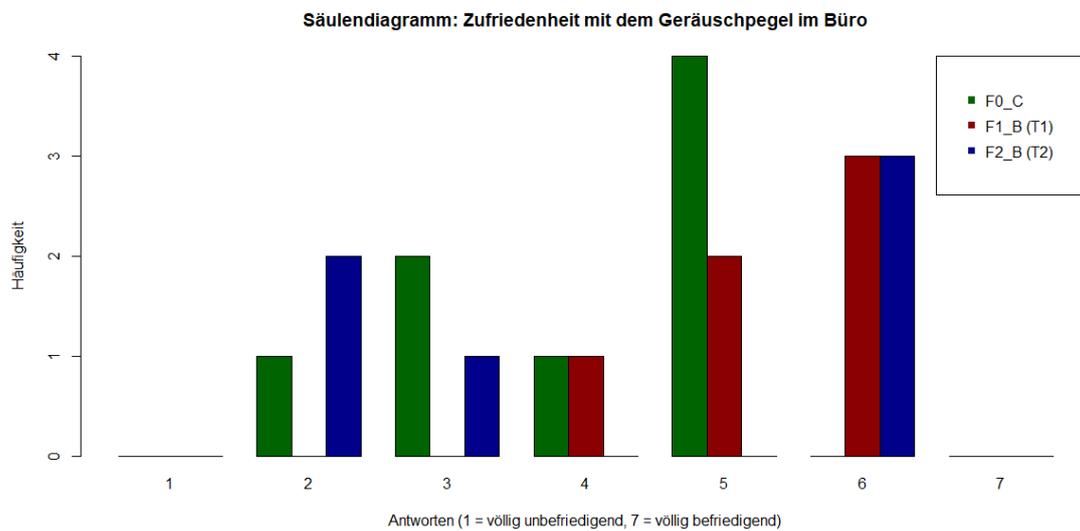
Säulendiagramm: Möglichkeit, sich am Arbeitsplatz zu konzentrieren



Anmerkung. Gegenüberstellung von F0 (grün), F1 (rot) und F2 (blau).

Anhang 31

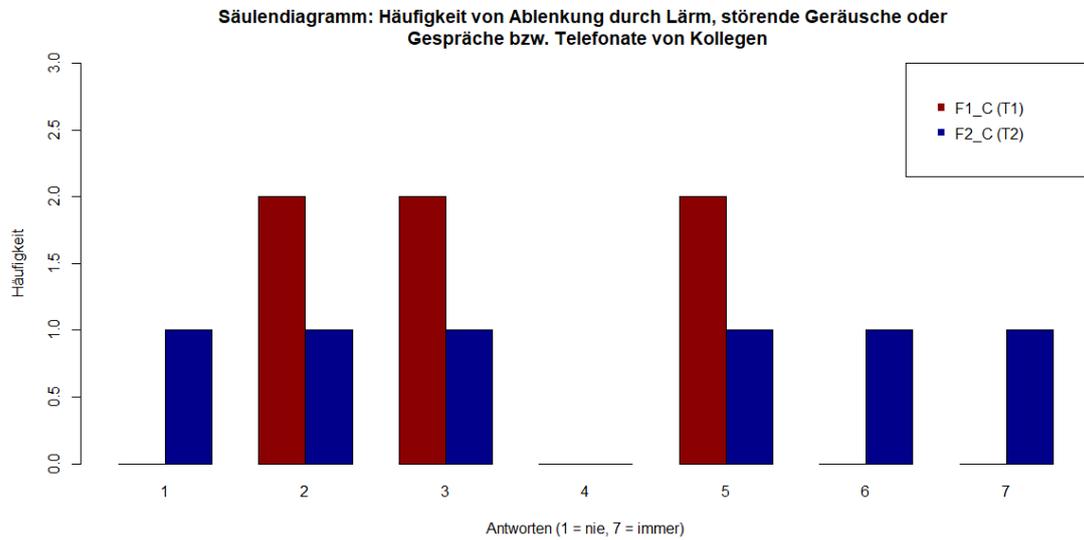
Säulendiagramm: Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel im Büro



Anmerkung. Gegenüberstellung von F0 (grün), F1 (rot) und F2 (blau).

Anhang 32

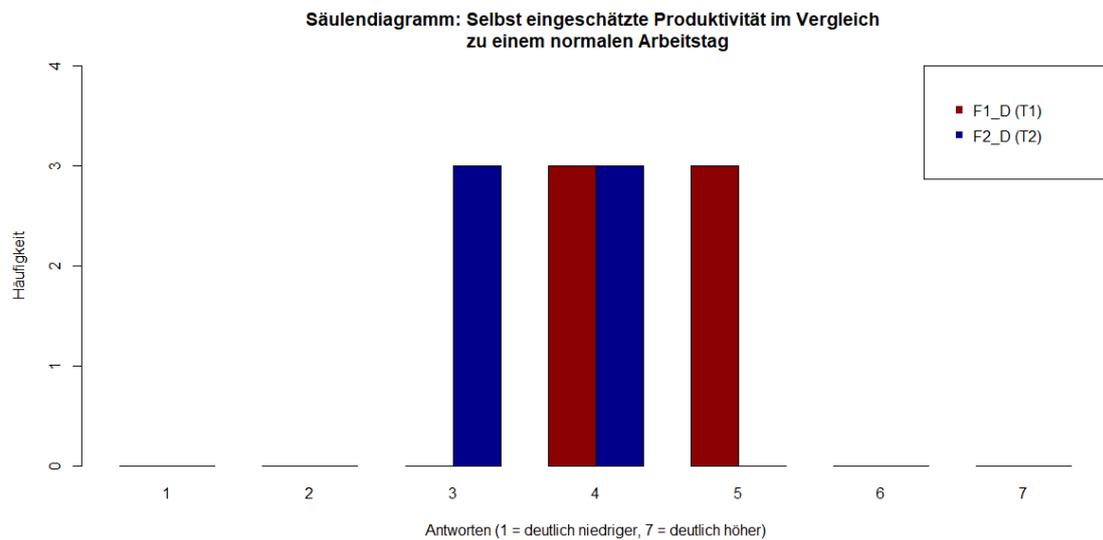
Säulendiagramm: Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen



Anmerkung. Gegenüberstellung von F1 (rot) und F2 (blau).

Abbildung 33

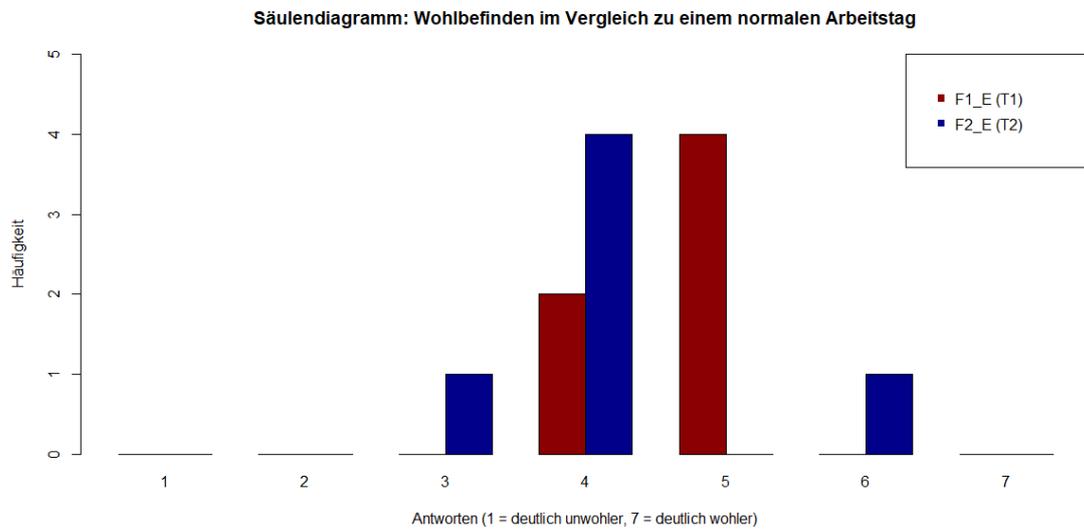
Säulendiagramm: Selbst eingeschätzte Produktivität im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag



Anmerkung. Gegenüberstellung von F1 (rot) und F2 (blau).

Anhang 34

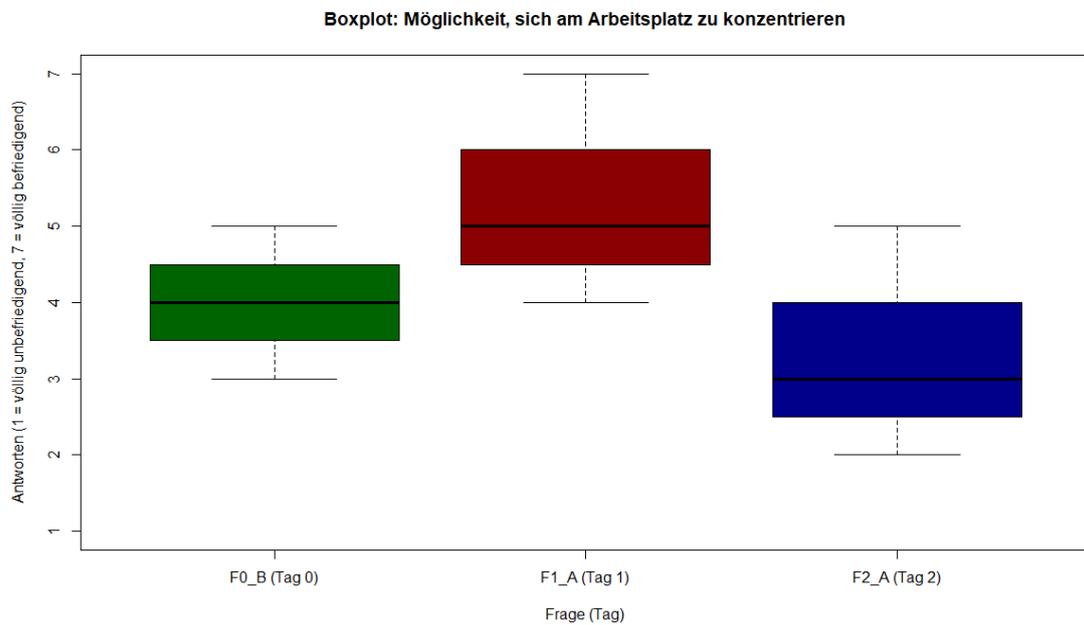
Säulendiagramm: Wohlbefinden im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag



Anmerkung. Gegenüberstellung von F1 (rot) und F2 (blau).

Anhang 35

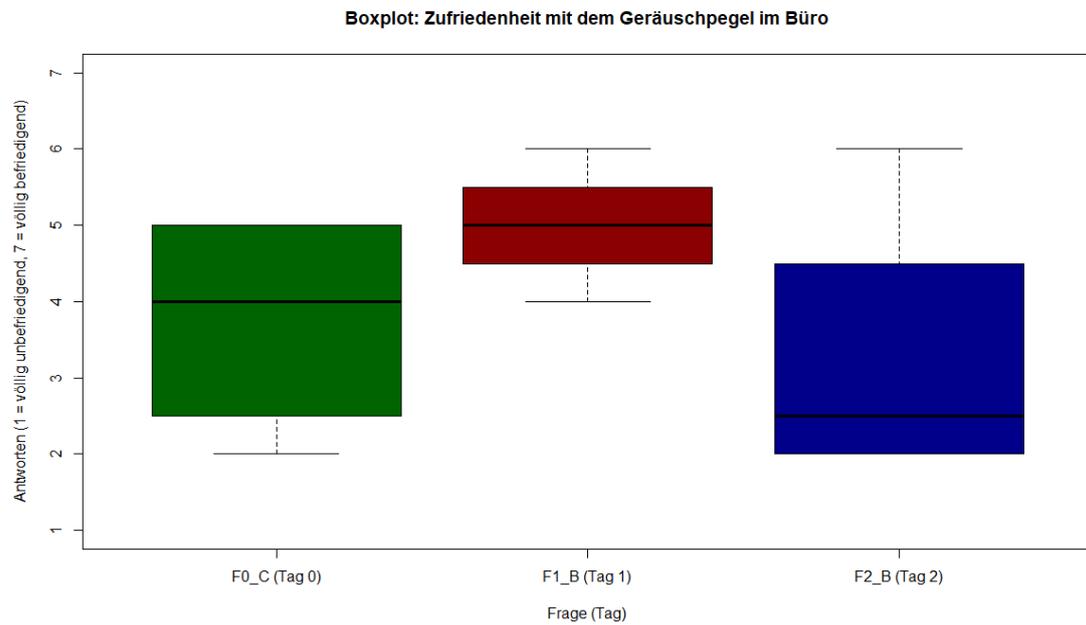
Boxplot: Möglichkeit, sich am Arbeitsplatz zu konzentrieren



Anmerkung. Gegenüberstellung von F0 (grün), F1 (rot) und F2 (blau).

Anhang 36

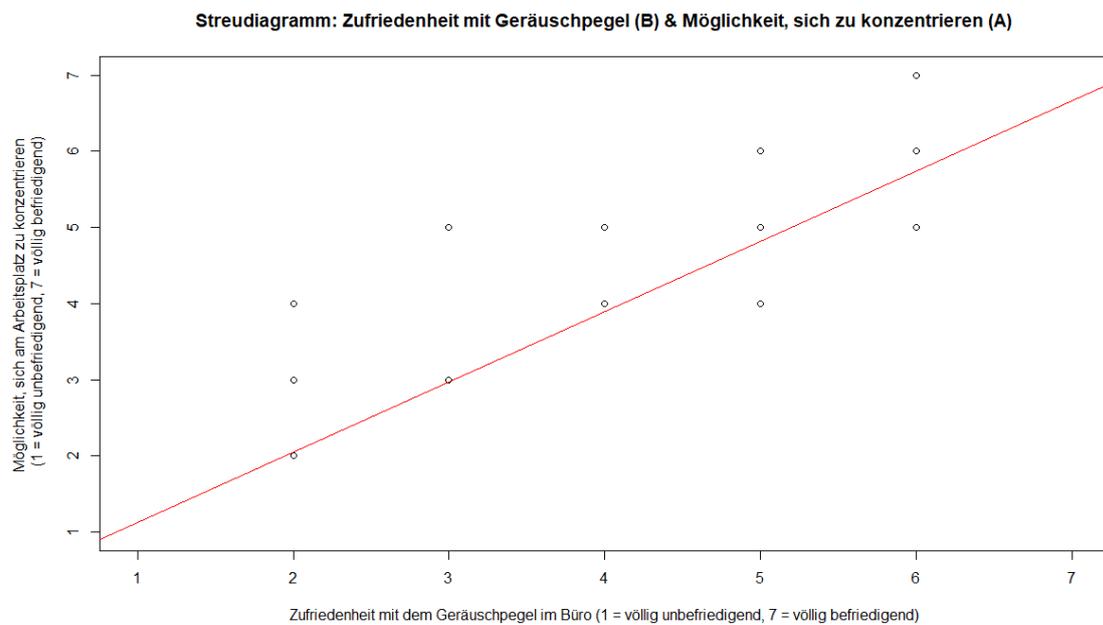
Boxplot: Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel im Büro



Anmerkung. Gegenüberstellung von F0 (grün), F1 (rot) und F2 (blau).

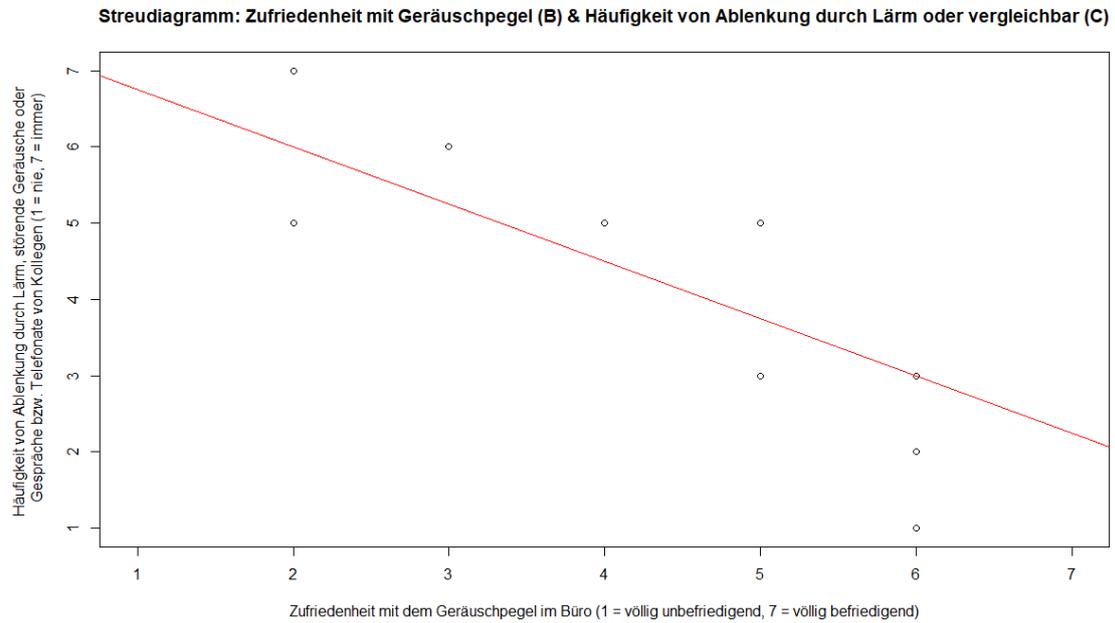
Anhang 37

Streudiagramm: Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel und Möglichkeit, sich im Büro zu konzentrieren



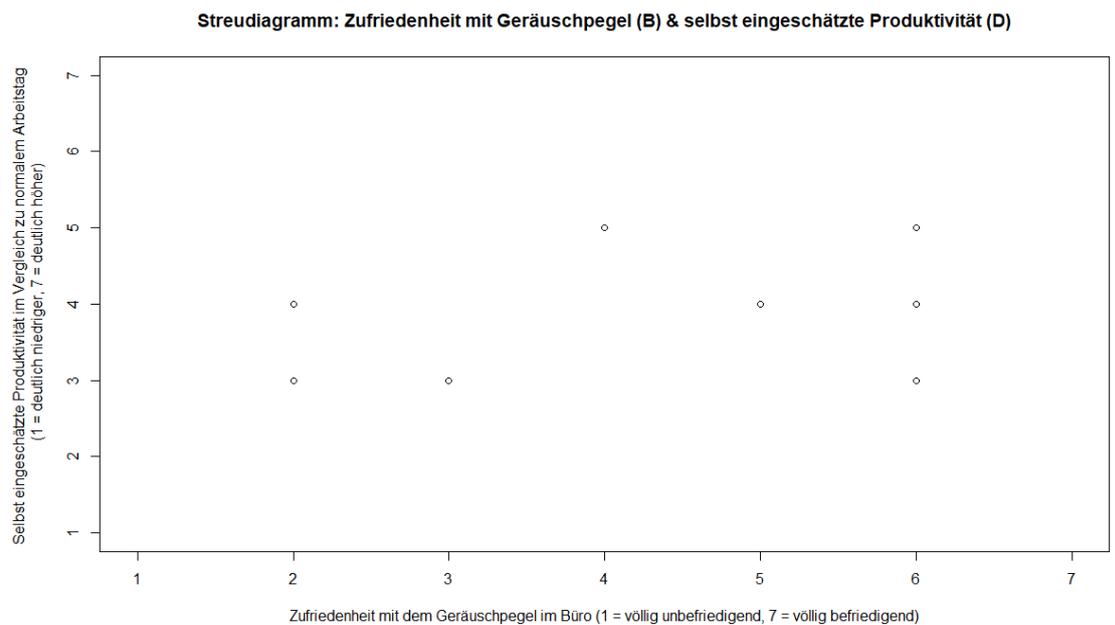
Anhang 38

Streudiagramm: Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel und Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen



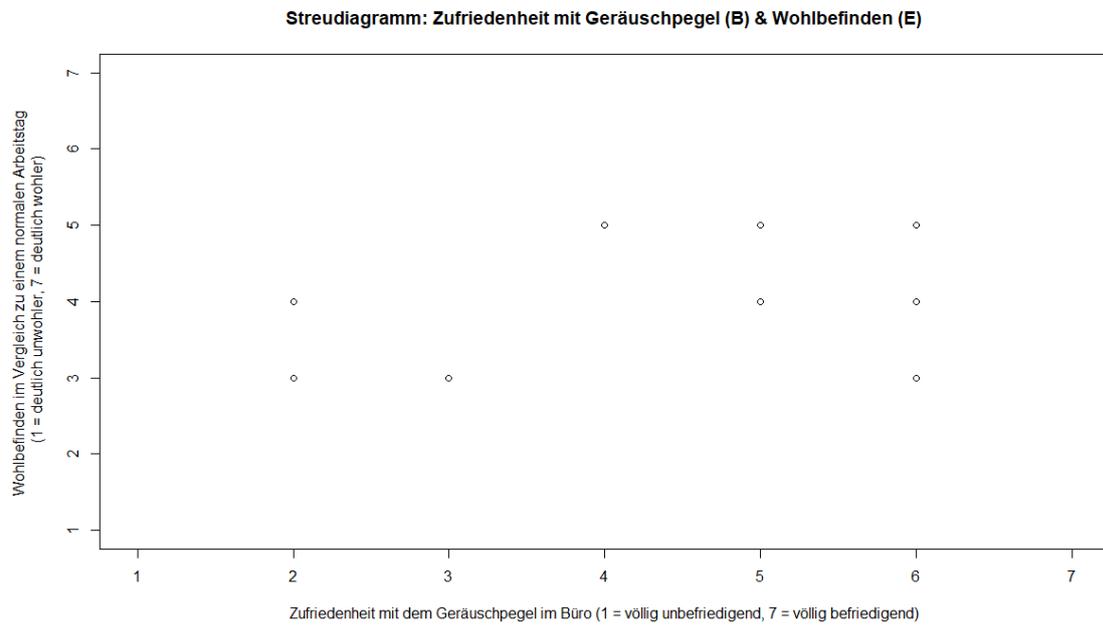
Anhang 39

Streudiagramm: Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel und selbst eingeschätzte Produktivität



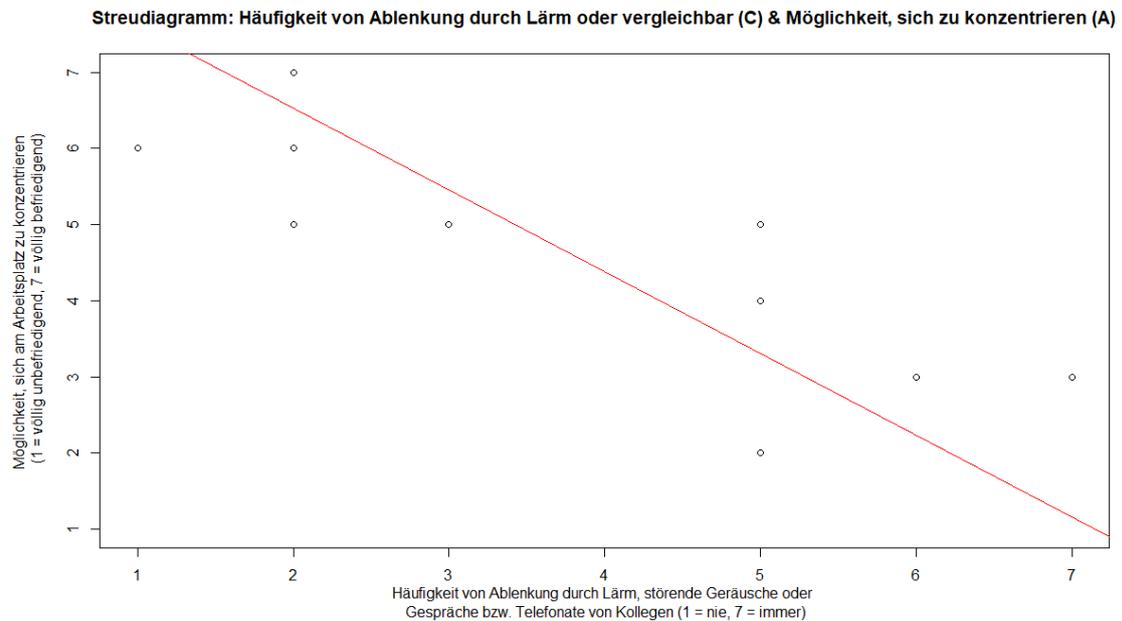
Anhang 40

Streudiagramm: Zufriedenheit mit dem Geräuschpegel und Wohlbefinden



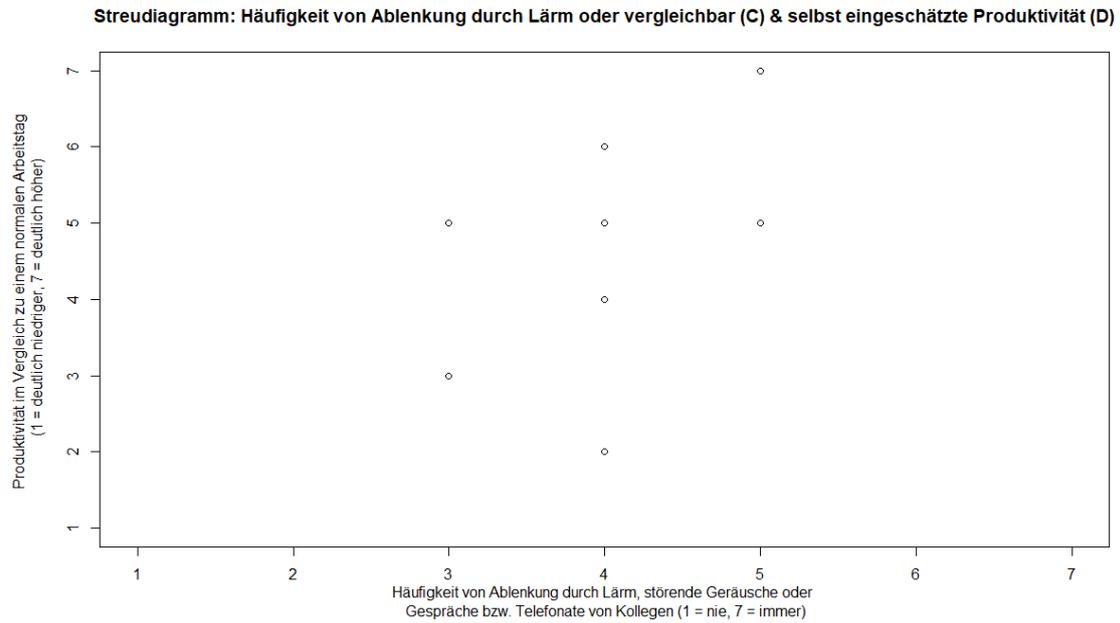
Anhang 41

Streudiagramm: Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen und Möglichkeit, sich zu konzentrieren



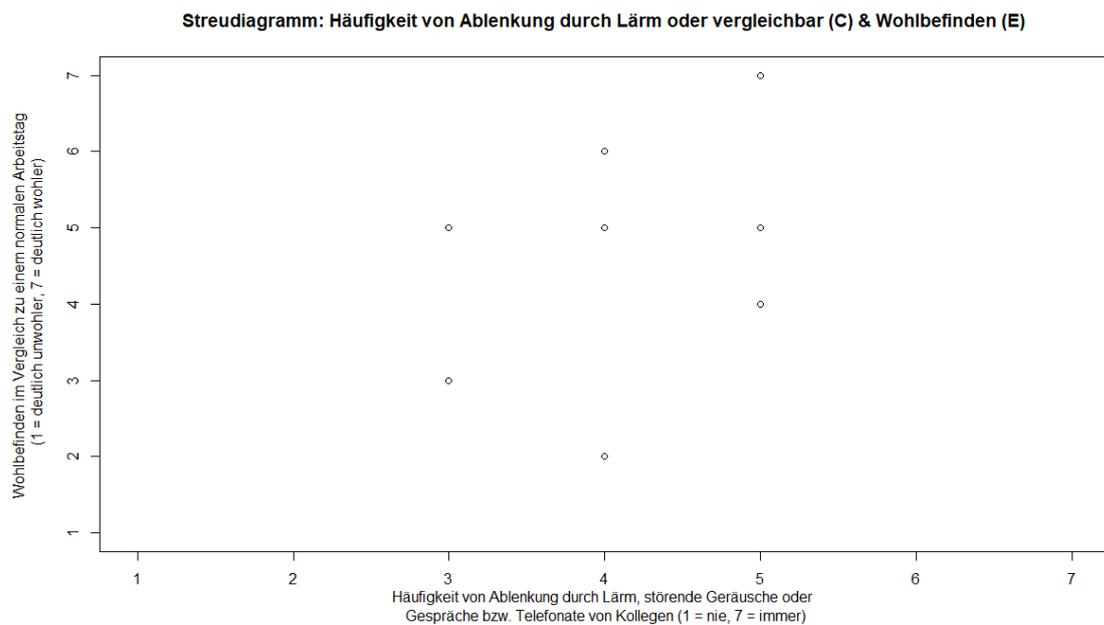
Anhang 42

Streudiagramm: Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen und selbsteingeschätzte Produktivität



Anhang 43

Streudiagramm: Häufigkeit von Ablenkung durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen und Wohlbefinden



Anhang 44

Fragebogen 0 – Seite 1

F0: Fragebogen zur aktuellen Bürosituation

Der Fragebogen richtet sich an alle Mitarbeiter, die regelmäßig in dem zu untersuchenden Open-Space-Büro arbeiten. Für die Untersuchung sind Ihre ganz persönlichen Erfahrungen wichtig. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Alle Angaben erfolgen anonym und dienen einer wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen einer Bachelorarbeit. Das Ausfüllen des Fragebogens dauert etwa fünf Minuten. Jedem Mitarbeiter wird eine Ziffer (siehe links unten) zugewiesen, die der Anonymisierung dient. Diese Ziffer wird keine Rückschlüsse auf Ihre Identität zulassen. Ihr Arbeitgeber erhält im Rahmen einer Ergebnispräsentation lediglich eine anonyme, gruppenbezogene Auswertung der Ergebnisse. Bitte beachten Sie auch die Zustimmung auf Seite 3, ohne diese kann die Studie nicht durchgeführt werden.

Die folgenden Punkte beziehen sich auf Ihr Arbeitsumfeld. Bitte bewerten Sie jeden Punkt, indem Sie die Zahl umkreisen, die Ihrer Zufriedenheit auf einer Skala von 1 bis 7 entspricht, wobei 1 „völlig unbefriedigend“ und 7 „völlig befriedigend“ bedeutet.

A: Aktuelle Bürosituation

völlig unbefriedigend 1 2 3 4 5 6 7 *völlig befriedigend*

B: Möglichkeit, sich am Arbeitsplatz zu konzentrieren

völlig unbefriedigend 1 2 3 4 5 6 7 *völlig befriedigend*

C: Geräuschpegel im Büro

völlig unbefriedigend 1 2 3 4 5 6 7 *völlig befriedigend*

Die folgenden Punkte beziehen sich auf die Geräuschkulisse im Büro. Bitte drücken Sie Ihre jeweilige Zustimmung mit dem Umkreisen der Zahlen 1 bis 7 aus, wobei 1 „keineswegs“ und 7 „sehr“ bedeutet.

D: Empfinden Sie den Geräuschpegel in Ihrem Arbeitsumfeld im Allgemeinen als störend?

keineswegs 1 2 3 4 5 6 7 *sehr*

E: Empfinden Sie interne Gespräche von Kollegen als störend?

keineswegs 1 2 3 4 5 6 7 *sehr*

F: Empfinden Sie Telefongespräche von Kollegen als störend?

keineswegs 1 2 3 4 5 6 7 *sehr*

G: Empfinden Sie Geräusche sämtlicher Technik (Telefonklingeln, Tastaturgeräusche, Lüftung, Drucker etc.) als störend?

keineswegs 1 2 3 4 5 6 7 *sehr*

–Weiter auf Seite 2–

ID: _____ (dient der Anonymisierung)

Anhang 45*Fragebogen 0 – Seite 2*

Bitte ordnen Sie diese 7 Lärmquellen in Ihrer Arbeitsumgebung in eine Rangliste von der am wenigsten störenden (1) bis hin zu der am stärksten störenden (7) ein. Kreuzen Sie hierzu für jede Geräuschquelle die Position an, die Ihnen am passendsten erscheint.

Hinweis: Bitte jede Position bzw. Zahl in der Tabelle nur einer Geräuschquelle zuordnen, sodass sich eine Rangliste ergibt!

Geräuschquelle	1	2	3	4	5	6	7
H: Geräusche von Technik (Drucker, Lüftung usw.)							
I: Telefonklingeln und Benachrichtigungen							
J: Interne Kollegengespräche (z. B. zwei Kollegen unterhalten sich)							
K: Telefongespräche von Kollegen							
L: Personen, die in der Nähe Ihres Schreibtischs vorbeigehen							
M: Geräusche im Zusammenhang mit der Tätigkeit von Personen (Tastaturen, Bedienung von Schubladen usw.)							
N: Geräusche im Zusammenhang mit einer bestimmten Person							

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

ID: ____ (dient der Anonymisierung)

Anhang 46

Fragebogen 0 – Seite 3

Einverständniserklärung zur Erhebung und Verarbeitung von Daten im Rahmen von Fragebögen und Lautstärkemessungen

Ich erkläre mich damit einverstanden, an der Untersuchung zur Verbesserung der Raumakustik in Open-Space-Büros teilzunehmen. Diese Seite wird nach Feststellung des Einverständnisses von Seite 1 und 2 getrennt und weder der Johann Mader GmbH noch anderen Instanzen, die nicht der Auswerter (Florian Binder) selbst sind, zur Verfügung gestellt.

Ich bin darüber informiert worden, dass:

- 1) im Rahmen der Untersuchung der Lautstärkepegel im Büro aufgezeichnet und für Auswertungen verwendet wird. Es wird lediglich die aktuelle Lautstärke in Dezibel aufgenommen und nicht die Sprache an sich. Die Aufzeichnung der Lautstärke erfolgt nicht personenbezogen, sondern gemittelt auf das gesamte Büro bzw. Teile des Büros.
- 2) die mit den Fragebögen und Lautstärkemessungen generierten Daten für eine Dauer von einem Jahr gespeichert werden und damit anonyme Auswertungen durchgeführt werden.
- 3) die erhobenen Daten und die Ergebnisse der Auswertungen im Rahmen der Bachelorarbeit und ggf. in darauf aufbauenden Artikeln anonymisiert dargestellt werden.
- 4) die erhobenen Daten und die Ergebnisse der Auswertungen der Johann Mader GmbH lediglich anonymisiert zur Verfügung gestellt werden
- 5) ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen kann, ohne dass dies negative Folgen für mich hat.

Unter Berücksichtigung und Einhaltung der Punkte 1) bis 5) erkläre ich mich damit einverstanden, dass meine Daten im Rahmen der genannten Untersuchung anonymisiert verwendet werden.

Datum, Ort: _____

Unterschrift: _____

ID: ____ (dient der Anonymisierung)

Anhang 47

Fragebogen 1

F1: Fragebogen zu Ihrem heutigen Arbeitstag

Der Fragebogen richtet sich an alle Mitarbeiter, die sich am heutigen Tag (Dienstag, den 05.12.2023) für mindestens zwei Stunden im betroffenen Open-Space-Büro aufgehalten haben. Für die Untersuchung sind Ihre ganz persönlichen Erfahrungen wichtig. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Alle Angaben erfolgen anonym und dienen einer wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen einer Bachelorarbeit. Bitte füllen Sie diesen Fragebogen nur aus, wenn Sie bereits in einem vorherigen Fragebogen Ihre Zustimmung zur Datenverarbeitung gegeben und die anderen nötigen Informationen zur Kenntnis genommen haben.

Die folgenden Punkte beziehen sich auf Ihr Arbeitsumfeld am heutigen Arbeitstag. Bitte bewerten Sie jeden Punkt, indem Sie die Zahl umkreisen, die Ihrer Zufriedenheit auf einer Skala von 1 bis 7 entspricht, wobei 1 „völlig unbefriedigend“ und 7 „völlig befriedigend“ bedeutet.

A: Möglichkeit, sich heute am Arbeitsplatz zu konzentrieren

völlig unbefriedigend 1 2 3 4 5 6 7 *völlig befriedigend*

B: Heutiger Geräuschpegel im Büro

völlig unbefriedigend 1 2 3 4 5 6 7 *völlig befriedigend*

Die folgenden Punkte beziehen sich auf Ihren heutigen Arbeitstag. Bitte bewerten Sie jeden Punkt, indem Sie die Zahl umkreisen, die am ehesten Ihrer Wahrnehmung auf einer Skala von 1 bis 7 entspricht.

C: Wie häufig wurden Sie heute durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen abgelenkt?

nie 1 2 3 4 5 6 7 *immer*

D: Wie schätzen Sie Ihre heutige Produktivität im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag ein?

deutlich niedriger 1 2 3 4 5 6 7 *deutlich höher*

E: Wie wohl fühlten Sie sich heute im Büro im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag?

deutlich unwohler 1 2 3 4 5 6 7 *deutlich wohler*

F: Haben Sie heute irgendwelche Veränderungen im Vergleich zu anderen Arbeitstagen bezüglich des Geräuschpegels wahrgenommen, wenn ja welche?

ID: ____ (dient der Anonymisierung)

Anhang 48

Fragebogen 2

F2: Fragebogen zu Ihrem heutigen Arbeitstag

Der Fragebogen richtet sich an alle Mitarbeiter, die sich am heutigen Tag (Mittwoch, den 06.12.2023) für mindestens zwei Stunden im betroffenen Open-Space-Büro aufgehalten haben. Für die Untersuchung sind Ihre ganz persönlichen Erfahrungen wichtig. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Alle Angaben erfolgen anonym und dienen einer wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen einer Bachelorarbeit. Bitte füllen Sie diesen Fragebogen nur aus, wenn Sie bereits in einem vorherigen Fragebogen Ihre Zustimmung zur Datenverarbeitung gegeben und die anderen nötigen Informationen zur Kenntnis genommen haben.

Die folgenden Punkte beziehen sich auf Ihr Arbeitsumfeld am heutigen Arbeitstag. Bitte bewerten Sie jeden Punkt, indem Sie die Zahl umkreisen, die Ihrer Zufriedenheit auf einer Skala von 1 bis 7 entspricht, wobei 1 „völlig unbefriedigend“ und 7 „völlig befriedigend“ bedeutet.

A: Möglichkeit, sich heute am Arbeitsplatz zu konzentrieren

völlig unbefriedigend 1 2 3 4 5 6 7 *völlig befriedigend*

B: Heutiger Geräuschpegel im Büro

völlig unbefriedigend 1 2 3 4 5 6 7 *völlig befriedigend*

Die folgenden Punkte beziehen sich auf Ihren heutigen Arbeitstag. Bitte bewerten Sie jeden Punkt, indem Sie die Zahl umkreisen, die am ehesten Ihrer Wahrnehmung auf einer Skala von 1 bis 7 entspricht.

C: Wie häufig wurden Sie heute durch Lärm, störende Geräusche oder Gespräche bzw. Telefonate von Kollegen abgelenkt?

nie 1 2 3 4 5 6 7 *immer*

D: Wie schätzen Sie Ihre heutige Produktivität im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag ein?

deutlich niedriger 1 2 3 4 5 6 7 *deutlich höher*

E: Wie wohl fühlten Sie sich heute im Büro im Vergleich zu einem normalen Arbeitstag?

deutlich unwohler 1 2 3 4 5 6 7 *deutlich wohler*

F: Haben Sie heute irgendwelche Veränderungen im Vergleich zu anderen Arbeitstagen bezüglich des Geräuschpegels wahrgenommen, wenn ja welche?

ID: ____ (dient der Anonymisierung)

Lässt sich die Raumakustik in Open-Space-Büros durch Nudging verbessern?

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die Arbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Ingolstadt, 05.01.2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Binde', with a long, sweeping flourish extending to the right.

Florian Emil Friedrich Binder