

7.8.19

Lizenziert für Herrn Jan Selzer.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.
In Kooperation mit:



70. Jahrgang
Juli/August 2019
ISSN 2199-7330
1424

sicher ist sicher

www.SISdigital.de



Arbeitssicherheit

Fachliche Grundlagen

Von Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Anke Kahl
Fortgesetzt von Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. em. Günter Lehder
Begründet von Univ.-Prof. Dr.-Ing. em. Reinald Skiba
2019, XXII, 740 Seiten, mit zahlreichen farbigen Abbildungen und Tabellen,
fester Einband, € (D) 69,90, ISBN 978-3-503-17120-0

www.ESV.info/17120

Akustik in
Mehrpersonenbüros 334
Nichtvisuelle Wirkungen
von Licht auf den Menschen 340

Formen von Präventionskultur
in Betrieben 344

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG



JAN SELZER · FLORIAN SCHELLE

Akustik in Mehrpersonenbüros

Mehrpersonen- und Großraumbüros werden häufig positive Attribute zugesprochen. Eine Verbesserung der Kommunikation und Zusammenarbeit sind neben vermeintlich niedrigeren Kosten häufig genannte Aspekte. Dabei wird in den meisten Fällen zu Beginn des Bauvorhabens der tätigkeitsbezogenen Akustikplanung keine Berücksichtigung geschenkt. So kommt es unter u. a. vor, dass sich Beschäftigte in der Ausübung ihrer Tätigkeiten gegenseitig stören und in den neuen Räumlichkeiten nur schwer konzentrieren können.

Mit dem Wandel der Arbeitswelt wächst auch der Trend zur Gestaltung von offenen Bürolandschaften, sogenannten Open Plan oder Open Space Offices [1]. Dieser Trend ist unabhängig von der Unternehmensgröße zu beobachten [1] und zeigt daher die Notwendigkeit einer detaillierten Betrachtung dieses Bürokonzepts. Als Grundlage für die Gestaltung von Großraum- und Mehrpersonenbüros werden häufig die Ideen der geförderten Kommunikation, erhöhter Transparenz und Flexibilität gewählt. Hinzu kommen die vermeintlich niedrigeren Kosten. Dem gegenüber stehen die häufigen Beschwerden über fehlende Privatsphäre (z.B. [2–4]) und die erhöhte Störwirkung durch Sprache (z.B. [5–7]). Auch konnte bereits gezeigt werden, dass sich bei Unternehmensumstrukturierungen in offene Bürolandschaften die direkte Kommunikation zwischen den Beschäftigten stark verringert und vermehrt auf digitale Nachrichtenwege ausgewichen wird [8]. Die tatsächliche monetäre Einspa-

rung sollte auch in Relation gesetzt werden zu einem nachweislich nahezu verdoppelten Krankenstand [9], der zuvor genannten Abnahme der Leistungsfähigkeit bei höherer Fehlerrate sowie der unter Umständen verringerten Motivation der Beschäftigten [3]. Außerdem sind den tatsächlichen Raumkosteneinsparungen noch die zusätzlichen Kosten für die Nutzung von weiteren Besprechungs-, Rückzugs- und Konferenzräumen hinzuzurechnen.

Wird der Akustik in der Planungsphase keine Beachtung geschenkt, kann der Sprachpegel im Büro durch den Lombard-Effekt so weit steigen, dass die Höhe des Schalldruckpegels enorm störend ist und extra-aurale Lärmwirkungen hervorruft. Wird Absorptionsmaterial, beispielsweise in Form von Teppichboden und Akustikdecke eingebracht, so ist dies ein erster Schritt zur Reduzierung des Schalldruckpegels im Raum. Damit können allerdings neue Probleme auftreten: die Sprache wird im Raum deutlicher verständlich.

Eine hohe Sprachverständlichkeit führt auch bei niedrigen Pegeln zu Ablenkung, Belästigung und reduzierter Kurzzeitgedächtnisleistung [10]. Um der Sprachverständlichkeit entgegen zu wirken, müssen in Mehrpersonen- und Großraumbüros auch Schirmungen eingebracht werden. Diese können allerdings erst dann ihre Wirksamkeit entfalten, wenn die restliche akustische Umgebung ausreichend absorbierend ausgestattet ist [11]. Ist dies nicht der Fall, bereitet sich der Schall über Reflexionen an den Begrenzungsflächen über die Schirme hinweg aus. Auch ist der Nutzen von Schallschirmen meist erst dann zweckdienlich, wenn bereits eine tätigkeitsbezogene Zonierung der Arbeitsbereiche vorliegt.

Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke und Normen

Die gesetzlichen Mindestanforderungen zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch extra-aurale Lärmwirkungen an Arbeitsstätten werden durch die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“ [12] formuliert. Diese wurden im Mai 2018 veröffentlicht und konkretisieren die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) zum Thema „Lärm“. Dabei ist mit Lärm nicht der innenohrschädigende (aurale) Schall gemeint, sondern seine nicht-innenohrschädigenden, extra-auralen Wirkungen finden in diesem Regelwerk Berücksichtigung. So gilt es für konzentrierte Tätigkeiten oder Tätigkeiten, die eine hohe Sprachverständlichkeit voraussetzen, einen Beurteilungspegel L_r von 55 dB nicht zu überschreiten. Eigengeräusche werden dabei aus der Messung exkludiert. Der Wert von 55 dB wird allerdings bereits durch normale Sprache überschritten [13]. Somit müssen für die eigene Tätigkeit irrelevante Sprache oder andere Schalle, die nicht als Eigengeräusch zugeordnet werden können, zum Schutze der Beschäftigten ausgeschlossen oder so geringgehalten werden, dass der Beurteilungspegel von mindestens einer Stunde nicht überschritten wird.

Die technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A1.2 „Raumabmessungen und Bewegungsflächen“ [14] betreffen die Akustik ebenfalls. So ist in „*Großraumbüros angesichts des höheren Verkehrsflächenbedarfs und ggf. größerer Störwirkungen (z. B. akustisch, visuell) von 12 bis 15 m² je Arbeitsplatz auszugehen*“ [14]. Während der Planungsphase sollte mindestens der höhere der beiden Werte angestrebt werden, da meist eine Nachverdichtung der Büroflächen stattfindet und immer mehr Beschäftigte in einem Raum arbeiten, als zu Beginn geplant. Um die akustischen Anforderungen zu erreichen, muss ebendieser geforderte Flächenbedarf mindestens eingehalten werden.

Wie bereits eingangs erwähnt, wurde der irrelevante Sprachschall in vielen Studien als ausschlaggebend für die Störwirkung im Büro identifiziert. Diesem Aspekt widmet sich die Messnorm DIN EN ISO 3382-3 [15]. Diese führt neue Parameter zur Bestimmung der akustischen Qualität in Großraum- und Mehrpersonenbüros ein, die Bezug zur menschlichen Sprache nehmen. Neben schalldruckbasierten Größen wird dabei auch die instrumentell ermittelbare Größe „STI“ („*Speech Transmission Index*“, Sprachübertragungsindex) zur Quantifizierung der akustischen Qualität herangezogen. Der STI ist eine einheitenlose Größe und hat einen Wertebereich von 0 bis 1, wobei „0“ unverständliche Sprache beschreibt und „1“ eine ausgezeichnete Sprachverständlichkeit darstellt [16].

Ab einem STI-Wert von 0,5 ist – nach DIN EN ISO 3382-3 – Sprache als nicht mehr stark ablenkend zu werten. Der Abstand zu einem Sprecher, ab dem der STI nur noch 0,5 beträgt, wird daher in dieser Norm als „Ablenkungsabstand“ bezeichnet [15]. Er beschreibt also, bis zu welcher Entfernung Sprache in einem gegebenen Raum ablenkend wirkt. Diese Messgröße zeigt eine hohe Übereinstimmung mit der empfundenen Störwirkung durch Sprache [17]. Bei einem STI-Wert von 0,2 definiert die Norm den sogenannten „Vertraulichkeitsabstand“ ab dem Gesprächsinhalte vertraulich bleiben.

Eine weitere Richtlinie zur Gestaltung von Büroräumen und insbesondere von Mehrpersonen- und Großraumbüros ist die Entwurfsfassung der VDI 2569 [18]. Diese erlaubt eine Klassifizierung von Büroräumen in die drei Büroakustik-Klassen A, B und C auf Basis der nach DIN EN ISO 3382-3 ermittelten schalldruckpegelbezogenen Parameter sowie der Nachhallzeit und dem Störschalldruckpegel.

Während in ASR A3.7 die Mindestanforderungen zur Nutzung von Büroräumen durch eine obere Nachhallzeit in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz je nach Nutzungsart definiert wird, empfiehlt der Richtlinienentwurf VDI 2569 Nachhallzeitenober- und Untergrenzen in den Oktavbändern von 125 Hz bis 4000 Hz. Jedoch beachten sowohl die Technische Regeln als auch die Richtlinie nicht das Raumvolumen. Weiterhin wird die Verständlichkeit von Sprache, die auch unabhängig vom Schalldruckpegel einen maßgeblichen Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit besitzt [10], nicht in dem Richtlinienentwurf zur Klassifizierung von Mehrpersonenbüros herangezogen. Trotz der Nennung der Sprachverständlichkeit in ASR A3.7 werden diesbezüglich auch dort weder instrumentelle Messparameter zur Ermittlung, noch Werte zur Beurteilung herangezogen.

DIE AUTOREN



Jan Selzer
Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Dr. Florian Schelle
Referatsleiter, Referat „Lärm“,
Institut für Arbeitsschutz der
DGUV

Messungen, Beobachtungen und häufige Fehler

Im Rahmen von Beratungstätigkeiten und eines Projekts zur Akustik in Mehrpersonenbüros wurden in den vergangenen Jahren mehrere Messungen in verschiedenen Mehrpersonen- und Großraumbüros durchgeführt [19]. Diese fanden vor Einführung der ASR A3.7 statt und wurden entsprechend nach DIN EN ISO 3382-3 in Büros mit der Größe von 11 bis 50 Arbeitsplätzen (durchschnittlich: 27 Arbeitsplätze) durchgeführt. Dabei können wiederkehrende und häufige Fehler in der akustischen Ausstattung und Planung beobachtet werden, die sich auch in den Messergebnissen zeigen: bei strenger Auslegung des Entwurfs der VDI 2569, erreicht keines der untersuchten Büros eine Raumakustik-Klasse [20].

Die meisten Büros verfügen über Teppichböden und Akustikdecken, doch ist fast nirgends ein Zonierungskonzept oder eine Aufteilung der Beschäftigten unter Berücksichtigung ihrer Tätigkeiten zu erkennen. In einigen Fällen ist durch die Verwendung von Stellwänden zwar eine optische Trennung einzelner Arbeitsbereiche vorgenommen worden, die aber aufgrund des Fehlens einer Akustikdecke akustisch unwirksam ist. Häu-

Unterschiedliche Tätigkeiten haben in aller Regel auch unterschiedliche Anforderungen an die Akustik.

fig werden akustische Stellwände und Absorber als Pinnwand für Kalender, Fotos und Ankündigungen missverstanden. Dadurch wird die absorbierende Oberfläche dieser Materialien verdeckt und die akustische Wirksamkeit reduziert. Ein weiteres Problem stellen ungünstige Verkehrswege dar, deren Nutzung zu visueller und akustischer Ablenkung der Beschäftigten führt.

Dementsprechend bemängeln die Beschäftigten, wie auch aus der Literatur bekannt (z. B. [2]), entweder die fehlende Privatsphäre oder aber eine zu hohe Lautstärke im Büro, die zur Verringerung der Konzentrationsfähigkeit beiträgt. So traten die Betriebe an Ihre Unfallversicherungsträger bzgl. einer möglichen Beratung heran. Hier wurde das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) mit der Beratung betraut.

Grundlegende und schwerwiegende Fehler stellen in den meisten Fällen mangelhafte oder gar nicht vorhandene organisatorische Maßnahmen dar. Beschäftigte, die Tätigkeiten mit unterschiedlichen Anforderungen an Kommunikation und Konzentration nachgehen und unter Umständen sogar unterschiedlichen Funktionseinheiten und Abteilungen angehören, stören sich gegenseitig und sollten daher innerhalb

des Raums zumindest akustisch voneinander getrennt werden. Unterschiedliche Tätigkeiten haben in aller Regel auch unterschiedliche Anforderungen an die Akustik. Selbst in einer offenen Bürofläche muss dies keinen Widerspruch darstellen. Beispielsweise findet dies in einer aktuellen französischen Norm Berücksichtigung [21], in der darauf hingewiesen wird, dass zwei nahe beieinander befindliche Teams, die unterschiedlichen Tätigkeiten nachgehen, akustisch wirksam voneinander getrennt sein müssen [21]. Werden konzentrierte Tätigkeiten ausgeübt, kann „das Führen von Gesprächen nicht in Betracht gezogen werden, sowohl um Kollegen nicht zu stören, als auch aus Vertraulichkeitsanforderungen“ [21]. Die tätigkeitsbezogene Zonierung und Raumplanung ist ein Kernpunkt für die Funktion eines offenen Bürokonzepts.

Empfehlungen

Bei Beachtung einiger grundsätzlicher Aspekte kann eine gute Ausgangslage für die Gestaltung offener Bürokonzepte geschaffen werden. Zur Realisierung einer geeigneten Akustik sollten Experten und Fachleute bereits in der Planungsphase herangezogen werden. Die weiteren Innenraumfaktoren Beleuchtung, Klima und Luftqualität spielen ebenso eine wichtige Rolle für ein funktionierendes Mehrpersonenbüro [22]. Werden die Beschäftigten zu Beginn einer Planung in diesen Prozess involviert, steigt anschließend die Akzeptanz für die Räumlichkeiten [23].

Grundsätzlich sollte jeder Büroraum über das erforderliche Mindestmaß an Absorption verfügen (vgl. [12, 18]). In den meisten Fällen ist dafür die vollflächige Belegung der Decke mit breitbandigem Absorptionsmaterial erforderlich. Aber auch für betonkernaktivierte Decken gibt es spezielle Absorptionselemente und Deckensegel, die für die akustische Gestaltung genutzt werden können. Mit einem Teppichboden können einerseits hohe Frequenzen absorbiert werden, andererseits sind Schritte im Raum gedämpft und das Rollen von Bürostühlen erzeugt weniger Schall.

Essentieller Bestandteil der Gestaltung offener Büroflächen ist eine tätigkeitsbezogene Raumplanung. Projektgruppen und Teams sowie Beschäftigte, die dienstlich im ständigen Austausch sind, können im gleichen Raum von einem Informationsaustausch profitieren. Auch ist es möglich, dass nur Personen in dem gleichen Raum sitzen, die konzentriert arbeiten müssen oder ausschließlich Tätigkeiten nachgehen, die vergleichbare Anforderungen an Kommunikation und Konzentration stellen. Wichtig ist dabei, dass irrelevanter (Sprach-)Schall am Arbeitsplatz vermieden wird. Eine ausreichende Anzahl an Besprechungs- und Rückzugsräumen sollte

eingepplant werden. Diese können Beschäftigten aus kommunikativen Büroflächen einen Bereich für konzentrierte Arbeiten bieten. Ebenso ist die Nutzung von Besprechungsräumen sinnvoll für Beschäftigte, die in leisen und ruhigen Flächen arbeiten. Diese Räume müssen für sich jeweils den Vorgaben der ASR A1.2 [14] entsprechen und sind als separate Arbeitsstätten zu betrachten.

Unterschiedliche Tätigkeiten in ein und derselben offenen Bürofläche dürfen keine akustische Störung verursachen, da irrelevante Schalle die höchste Störwirkung besitzen. So sind entsprechende Zonen zu bilden und akustisch voneinander zu trennen. Ein höherer Abstand zwischen den Beschäftigten mit der Nutzung von Stellwänden kann als zweckdienliche Trennung angesehen werden. Stellwände sollten einen massiven Kern besitzen, sodass eine Transmission des Schalls verhindert wird. Eine absorbierende Oberfläche ist dabei meist sinnvoll. Jedoch sind auch Kombinationen aus absorbierenden und schallharten, transparenten Materialien verfügbar, um so die Transparenz und Weitläufigkeit des Open Plans zu erhalten. Die Wirksamkeit von Schallschirmen hängt maßgeblich von ihrer Höhe sowie den akustischen Eigenschaften der Umgebung ab [11]. In einer gut absorbierenden Umgebung gilt: Je höher ein Schallschirm ist, desto besser erfüllt er seinen Zweck.

Weiterhin sind auch organisatorische und individuelle Aspekte zu beachten. So sind eine kollegiale Rücksichtnahme und die Einhaltung von Absprachen und Kommunikationsregeln für das Mehrpersonenbüro als Grundpfeiler für dessen erfolgreiche Nutzung zu sehen. Gespräche und Telefonate rufen in Arbeitsumgebungen oder Arbeitsphasen mit hoher Konzentration eine hohe Ablenkung und Störung hervor. Dafür sind in solchen Arbeitsumgebungen- und Phasen die aufgeführten zusätzlichen (Rückzugs-)Räumlichkeiten zu nutzen. Verkehrswege sollten möglichst außerhalb der offenen Büroflächen geplant werden, um die Beschäftigten vor nicht notwendigen Störungen zu schützen. Geräte wie Kopierer, Drucker, Server und weitere sollten außerhalb der Büroflächen zu finden sein.

Zusammenfassung und Ausblick

Unter den Gesichtspunkten der Kosteneinsparung, erhöhten Kommunikation und verbesserter Zusammenarbeit werden immer mehr offene Büroflächen gebaut. Verschiedene Studien zeigen jedoch auf, dass mit diesem Bürokonzept eine verringerte Leistungsfähigkeit, Beschwerden über hohe Schalldruckpegel oder geringe Privatheit, ein höherer Krankenstand, eine niedrigere Mitarbeitermotivation und eine Verringerung der direkten Kommunikation einhergeht [2–9]. Somit ist es zumindest fraglich, ob lang-

fristig tatsächlich Kosten eingespart werden. Um diesen Faktoren entgegenzuwirken benötigt es einer *gründlichen* Akustikplanung unter Einbeziehung der Beschäftigten und Berücksichtigung ihrer Tätigkeiten. Als Instrumente und Hilfen stehen diesem Ziel unterschiedliche staatliche Regelwerke, Normen und Richtlinien zur Verfügung [12, 14, 15, 18, 21], die als erster Anhaltspunkt dienen. Diese ersetzen jedoch nicht die individuelle und zielführende akustische Gestaltung durch Fachexperten.

In diesem Beitrag werden häufige Fehler in der akustischen Gestaltung von Büroräumen sowie konkrete Abhilfemaßnahmen gezeigt. Weiterhin können grundlegende, allgemeine Empfehlungen gegeben werden, wie z. B. die tätigkeitsbezogene Zonierung und Einhaltung von vereinbarten Kommunikations- und Verhaltensregeln.

Essentieller Bestandteil der Gestaltung offener Büroflächen ist eine tätigkeitsbezogene Raumplanung.

Durch die Komplexität bei der Messung nach DIN EN ISO 3382-3 [15] in Großraumbüros unter Einhaltung der Vorgaben des Entwurfs der VDI 2569 [18] ist es aus Arbeitsschutzsicht notwendig, vereinfachte und zeitoptimierte Verfahren zu entwickeln, welche die akustische Qualität solcher Räume beschreibbar machen. Die Beurteilung sollte auch die Perzeption der Beschäftigten in diesen Räumen widerspiegeln. So könnten aufgrund analytischer Messgrößen die Wahrnehmung der Beschäftigten ermittelbar gemacht werden. Erste Ansätze liefern die psychoakustische Messgröße *Schwankungsstärke* [5, 24] und der STI [17, 25]. Um solche Metriken zu erweitern und zu optimieren, müssen weitere Evaluationen der Arbeitsbedingungen durchgeführt werden, sowohl auf Basis der Erfassung physikalischer Gegebenheiten, als auch mittels Befragung der Beschäftigten.

Eine offene Bürolandschaft ist ein multidimensionales Optimierungsproblem, bei dem der Fokus auf die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten nicht verloren gehen darf. Wenn Beschäftigte ihrer Arbeit ohne Einschränkungen und gesundheitlichen Gefährdungen nachgehen können, profitieren alle Beteiligten. ■

LITERATUR

- [1] Kratzer, N., ed. *Open Space. Oder was? Wandel der Büroarbeitswelt*. 2017, Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. – ISF: München.
- [2] Kim, J. und de Dear, R., *Workspace satisfaction: The privacy-communication trade-off in open-plan offices*. *Journal of Environmental Psychology* 36 (2013) S. 18–26.
- [3] Bodin Danielsson, C. und Bodin, L., *Difference in Satisfaction with Office environment among Employees in different office Types*. *Journal of Architectural and Planning Research* 26 (2009) Nr. 3, S. 241–256.
- [4] De Croon, E., Sluiter, J., Kuijer, P. P. und Frings-Dresen, M., *The effect of office concepts on worker health and performance: a systematic review of the literature*. *Ergonomics* 48 (2005) Nr. 2, S. 119–134.
- [5] Liebl, A., Assfalg, A. und Schlittmeier, S. J., *The effects of speech intelligibility and temporal-spectral variability on performance and annoyance ratings*. *Applied Acoustics* 110 (2016) S. 170–175.
- [6] Schlittmeier, S. J. und Liebl, A., *The effects of intelligible irrelevant background speech in offices – cognitive disturbance, annoyance, and solutions*. *Facilities* 33 (2015) S. 61–75.
- [7] Haapakangas, A., Haka, M., Keskinen, E. und Hongisto, V., *Effect of speech intelligibility on task performance – an experimental laboratory study*. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN), 2008 in Foxwoods.
- [8] Bernstein, E. S. und Turban, S., *The impact of the 'open' workspace on human collaboration*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 373 (2018) Nr. 1753.
- [9] Bodin Danielsson, C., Chungkham, H. S., Wulff, C. und Westerlund, H., *Office design's impact on sick leave rates*. *Ergonomics* 57 (2014) Nr. 2, S. 139–147.
- [10] Schlittmeier, S. J., Hellbrück, J., Thaden, R. und Vorländer, M., *The impact of background speech varying in intelligibility: Effects on cognitive performance and perceived disturbance*. *Ergonomics* 51 (2008) S. 719–736.
- [11] Hertwig, R., *Akustische Raumgestaltung von Callcentern*, in IFA-Handbuch. 2010, Erich Schmidt Verlag: Berlin. https://www.ifa-handbuchdigital.de/IFA-HB_230228.
- [12] *Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“*. GMBI 2018, S. 456.
- [13] Lazarus, H., Sust, C. A., Steckel, R., et al., *Akustische Grundlagen sprachlicher Kommunikation*. 2007, Berlin Heidelberg: Springer.
- [14] *Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A1.2 „Raumabmessungen und Bewegungsflächen“*. GMBI 2018, S. 471.
- [15] *DIN EN ISO 3382-3:2012-05, Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros (ISO 3382-3:2012)*; Deutsche Fassung EN ISO 3382-3:2012.
- [16] *DIN EN DIN EN 60268-16:2012-05, Elektroakustische Geräte – Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex (IEC 60268-16:2011)*; Deutsche Fassung EN 60268-16:2011.
- [17] Haapakangas, A., Hongisto, V., Eerola, M. und Kuusisto, T., *Distraction distance and perceived disturbance by noise – An analysis of 21 open-plan offices*. *The Journal of the Acoustical Society of America* 141 (2017) S. 127–136.
- [18] *E VDI 2569:2016-02, Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro (Entwurf)*.
- [19] Selzer, J. und Schelle, F., *Practical aspects of measuring acoustics in German open plan offices*. 11th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Euronoise), 2018 in Crete, Greece.
- [20] Selzer, J. und Schelle, F., *Messung und Beurteilung der Raumakustik in Mehrpersonenbüros*. *Lärmbekämpfung* 13 (2018) Nr. 6, S. 226–230.
- [21] *AFNOR NF S 31-199:2016-03, Acoustique – Performances acoustiques des espaces ouverts de bureaux [Akustik – Raumakustische Leistungen offener Bürolandschaften]*. *Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld*. 2013, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung: Berlin.
- [22] Holma, M., *Challenges in an Open-Plan Work Environment: an Applied Research Study*. Helsinki, Metropolia University of Applied Sciences. Master's Thesis, 2017. <https://www.theseus.fi/handle/10024/126321>.
- [23] Schlittmeier, S. J., Weissgerber, T., Kerber, S., et al., *Algorithmic modeling of the irrelevant sound effect (ISE) by the hearing sensation fluctuation strength*. *Atten Percept Psychophys* 74 (2012) Nr. 1, S. 194–203.
- [24] Hongisto, V., *A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance*. *Indoor Air* 15 (2005) Nr. 6, S. 458–468.