

Vertraulichkeit und ungestörtes Arbeiten mit Raum-in-Raum-Systemen in offenen Bürolandschaften

Elke Konle, Ulrich Schanda

Labor für Schallmesstechnik, Hochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, E-Mail: elke.konle@fh-rosenheim.de

Einleitung

Die Arbeitswelt hat sich in den letzten Jahrzehnten stark gewandelt. Mittlerweile sind in Deutschland 50 % aller Beschäftigten, zumindest teilweise, an einem Büroarbeitsplatz tätig [1]. Das Thema des Bürolärms tritt dabei zunehmend in den Fokus; 43 % der Büroangestellten fühlen sich gelegentlich bis sehr häufig von Lärm gestört [1]. In offenen Bürolandschaften kann durch den Einsatz von Raum-in-Raum-Systemen dieser Problematik begegnet werden. Zum einen soll durch deren Nutzung als Besprechungsraum der Grundgeräuschpegel im Büro gesenkt werden, zum anderen soll ein ungestörter Arbeitsbereich geschaffen werden, an dem auch vertrauliche Gespräche geführt werden können. Unter welchen Voraussetzungen die Anforderungen an Vertraulichkeit bzw. Ungestörtheit erreicht werden können, wurde innerhalb einer Versuchsreihe an einem Raum-in-Raum-System messtechnisch ermittelt.

Beurteilungskriterien

Der Entwurf der VDI 2569 „Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro“ [2] empfiehlt als Kriterium für die akustische Bewertung von Mehrpersonenbüros u.a. die räumliche Abklingrate der Sprache ($D_{2,s}$) und den A-bewerteten Schalldruckpegel der Sprache im Abstand von 4 m zur Schallquelle ($L_{p,A,S,4m}$). Eine optionale Kenngröße ist zudem der Sprachübertragungsindex (STI) als Maß für die Sprachverständlichkeit.

Die räumliche Abklingrate dient hauptsächlich zur Beurteilung der durch die absorbierenden Flächen und Objekten verursachten Ausbreitungsdämpfung und der damit verbundenen Schallpegelsenkung an weiter entfernt liegenden Arbeitsplätzen. Sie ist zur Bewertung eines Raum-in-Raum-Systems aufgrund der auftretenden ungleichmäßigen Pegelabnahme nicht geeignet. Mit dem $L_{p,A,S,4m}$ und dem STI lassen sich dagegen auch benachbarte Arbeitsplätze beurteilen. Für die Verwendung des STI spricht, dass dessen Wertebereich gemäß der DIN EN ISO 3382-3 [3] als Definition für den Vertraulichkeitsabstand ($STI \leq 0,2$) und den Ablenkungsabstand ($STI \leq 0,5$) herangezogen wird. Da es beim Einsatz von Raum-in-Raum-Systemen vorrangig um Vertraulichkeit und Ungestörtheit geht, stellt der STI demzufolge ein passendes Beurteilungskriterium dar. Es ist naheliegend, dass Vertraulichkeit unmittelbar von der Sprachverständlichkeit abhängt, es besteht aber auch ein direkter Zusammenhang zur Ablenkung von Mitarbeitern, denn der Informationsgehalt der Sprache wird als maßgebender Faktor für Ablenkung verantwortlich gemacht. In mehreren Studien wurde bestätigt, dass die Fehlerhäufigkeit einer Gedächtnisaufgabe mit zunehmender Sprachverständlichkeit ansteigt [4][5][6][7].

Als ergänzende Bewertungsgröße wurde innerhalb der Versuchsreihe zusätzlich der $L_{p,A,S,4m}$ bestimmt und über eine raumakustische Simulation wurde die Abschirmwirkung der Box zwischen den umliegenden Arbeitsplätzen ermittelt.

Ausgangssituation und Messbedingungen

Der STI wurde gemäß DIN EN 60268-16 [8] mit dem STIPA-Verfahren bestimmt. Eingesetzt wurden eine gerichtete Schallquelle (NTi Audio TalkBox) sowie ein Schallpegel-Messgerät mit STIPA-Funktion (Norsonic 140). Die Schallquelle wurde innerhalb des Raum-in-Raum-Systems (im Weiteren als Box bezeichnet) mit Ausrichtung zu den außerhalb liegenden Messpositionen platziert, welche wiederum auf einem linearen Pfad, ausgehend von der Tür, angeordnet waren. Der Abstand der einzelnen Positionen zueinander betrug jeweils 1 m, mit einer maximalen Entfernung von 5 m zur Box. Das Raum-in-Raum-System hatte eine Größe von $l = 2,4$ m, $b = 2,4$ m, $h = 2,35$ m und war aus schallabsorbierenden Wandelementen ($\alpha_w = 0,65$; $R_w = 39$ dB) sowie zwei Glaselementen und einer Glastür zusammengesetzt. Für die Box wurde vorab nach DIN EN ISO 11957 [9] eine Schalldruckpegelminderung ($D'_{p,w}$) von 29 dB ermittelt. Für die Messungen stand die Box in einem Veranstaltungssaal ($V \approx 2800$ m³; $T \approx 1,7$ s).

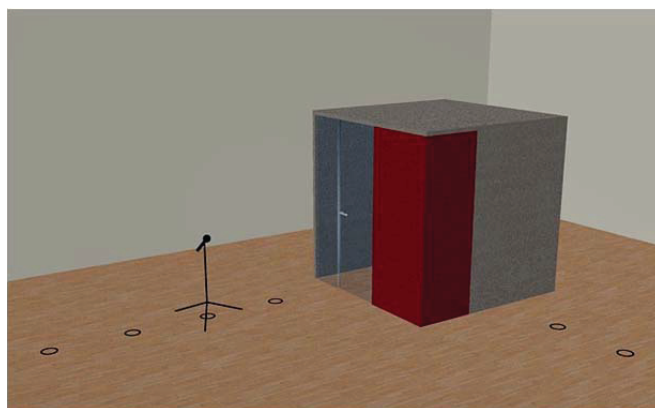


Abbildung 1: Darstellung des Raum-in-Raum-Systems.

Ziel der Messungen war die Untersuchung des Einflusses folgender Parameter bzw. Aufbaukonfigurationen auf die Sprachverständlichkeit:

- Grundgeräuschpegel 35/38/40 dB(A)
- Signalpegel normale/angehobene Sprache
- Tür offen/geschlossen
- Box nach oben offen (ohne Deckenelemente)
 - mit reflektierender Raumdecke unterschiedlicher Höhe
 - mit absorbierender Raumdecke unterschiedlicher Höhe

Auswertung des Sprachübertragungsindex

Geschlossenes System

Begonnen wurde mit den Messungen am allseitig geschlossenen System. Um verschiedene Grundgeräuschpegel (GG) zu simulieren, wurde während den Messungen im Aufstellungsraum außerhalb der Box weißes Rauschen mit einem Schalldruckpegel von 35, 38 oder 40 dB(A) eingespielt. Des Weiteren wurde die Auswirkung einer normalen und einer angehobenen Sprechweise untersucht, wofür der Schalldruckpegel des Signals mit 60 (normale Sprache) bzw. 70 dB(A) (angehobene Sprache) eingestellt wurde. Die Auswertung (s. Abbildung 2) zeigt, dass sich bei normalem Sprechaufwand schon in unmittelbarer Nähe zur Box Vertraulichkeit einstellt. Wird mit angehobener Sprache gesprochen, kann im Allgemeinen keine Vertraulichkeit erreicht werden, es sei denn, der Grundgeräuschpegel ist mit mindesten 40 dB(A) ausreichend hoch und es wird ein entsprechender Abstand zur Box eingehalten. Bei all diesen betrachteten Konstellationen liegt der STI stets unter 0,5. Für die umliegenden Mitarbeiter ist damit ablenkungsfreies Arbeiten möglich. Zudem zeigt sich bei normaler Sprechweise nur eine geringe Abstandsabhängigkeit des STI, bei angehobenem Sprachpegel ist ein Abfall des STI mit zunehmender Entfernung zur Box erkennbar.

In Abbildung 3 ist die Auswirkung einer geöffneten Tür bei einem Grundgeräuschpegel von 35 dB(A) und normaler Sprechweise dargestellt. Es zeigt sich, dass in Messrichtung zur Tür der STI deutlich ansteigt, auf Werte zwischen 0,5 und 0,7 und damit in den Bereich der Ablenkung. Wird jedoch die Messrichtung um 90° gedreht betrachtet (Seitenwand), liegt dort der STI mit 0,3 noch im ablenkungsfreien Bereich. Auch bei geschlossener Tür ist in dieser Messrichtung der STI mit 0,1 niedriger als in Türrichtung und liegt damit direkt im Bereich der Vertraulichkeit. Die Schallquelle war dabei stets in Richtung der Messpositionen, ausgerichtet.

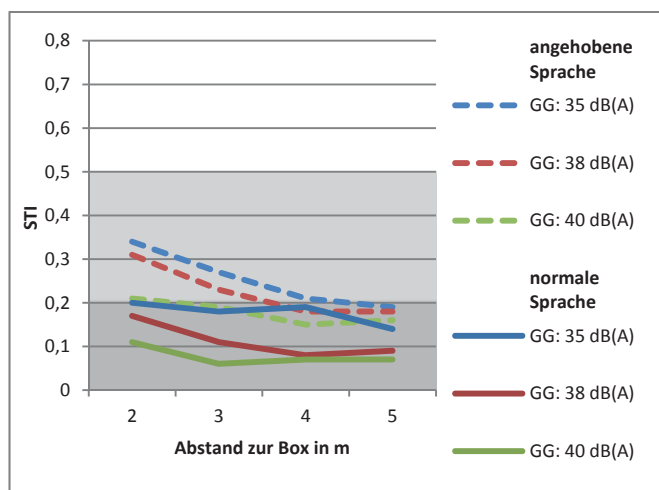


Abbildung 2: STI-Werte einer geschlossenen Box bei unterschiedlichen Sprach- und Grundgeräuschpegeln.

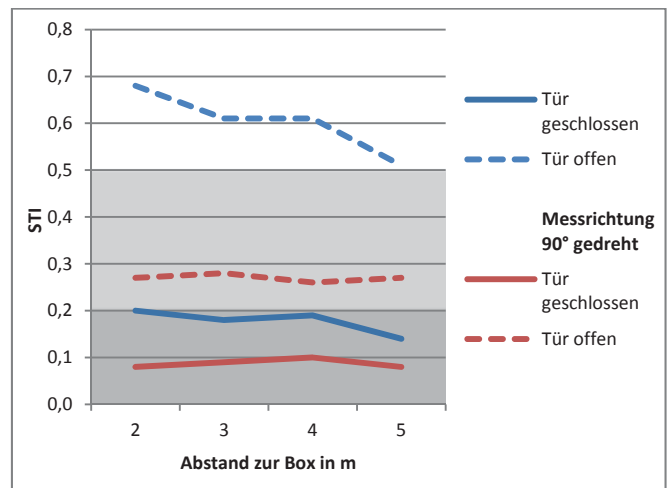


Abbildung 3: STI-Werte einer geschlossenen Box bei geöffneter/geschlossener Tür in Messrichtung Tür-/Wandseite. Sprachsignal 60 dB(A), Grundgeräusch 35 dB(A).

Offenes System

Weitere Untersuchungen wurden an einer nach oben offenen Box durchgeführt. Dabei sollte vor allem der Einfluss unterschiedlicher Büroraumdecken beurteilt werden. Zu diesem Zweck wurde sowohl eine reflektierende als auch eine absorbierende Decke nachgebildet, die in ihrer Abhanghöhe veränderbar war. Dafür wurde Stahlblech (reflektierend) bzw. 50 mm dicke Mineralwolle-Platten (Strömungswiderstand $\geq 6 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$) auf einer höhenverstellbaren Konstruktion über einer Box ohne Deckenelemente angeordnet. In Messrichtung war der Überstand der Decke zur Box 1,8 m, sonst 0,3 m. Der Abstand zwischen Boxoberkante und nachgebildeter Raumdecke betrug 15 cm, 45 cm, 75 cm und 105 cm. Die Messungen wurden mit normalem Sprachpegel und einem Grundgeräusch von 37 dB(A) durchgeführt. Die Auswertung (s. Abbildung 4) zeigt, dass mit einer nach oben offenen Box keine Vertraulichkeit erreicht werden kann, die Sprachverständlichkeit liegt jedoch noch unterhalb der Ablenkungsgrenze. Ein deutlicher Einfluss auf den STI ist hinsichtlich der Ausführungsart der Decke festzustellen. Ist diese absorbierend ausgeführt, lässt sich der STI im Vergleich zu einer reflektierenden Decke um etwa 0,1 bis 0,2 senken. Der Einfluss der Raumhöhe ist dagegen kaum relevant, lediglich bei einer absorbierenden Decke mit einem sehr geringen Abstand von 15 cm zur Box ist ein reduzierter STI zu erkennen. In diesem Fall kann sogar ab einem Abstand von 4 m zur Box Vertraulichkeit erreicht werden.

Am offenen System wurde ebenfalls die Auswirkung des Sprachpegels betrachtet (s. Abbildung 5). Der Grundgeräuschpegel betrug 37 dB(A), der Abstand zur Raumdecke 45 cm. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer Erhöhung des Sprachpegels auf 70 dB(A) der STI um etwa 0,10 bis 0,15 ansteigt. Im Fall einer reflektierenden Decke bedeutet dies, dass keine ablenkungsfreie Arbeitsumgebung gewährleistet werden kann. Ist die Decke jedoch absorbierend ausgeführt, bleibt die Sprachverständlichkeit sogar in unmittelbarer Nähe zur Box im nicht störenden Bereich ($\text{STI} \leq 0,5$).

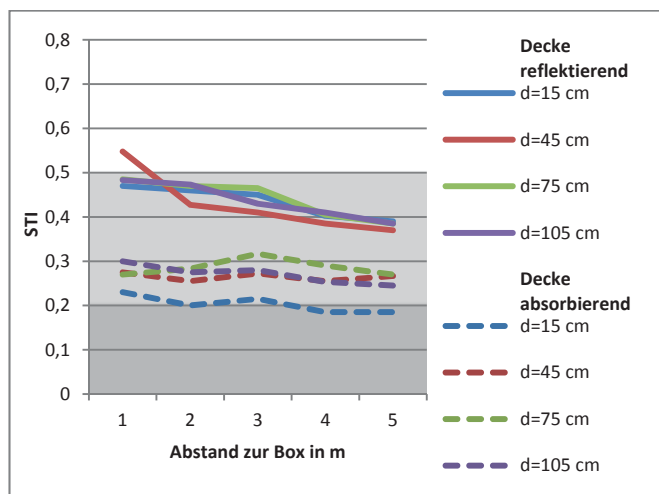


Abbildung 4: STI-Werte einer nach oben offenen Box bei absorbierender/reflektierender Decke unterschiedlicher Höhe. Sprachsignal 60 dB(A), Grundgeräusch 37 dB(A).

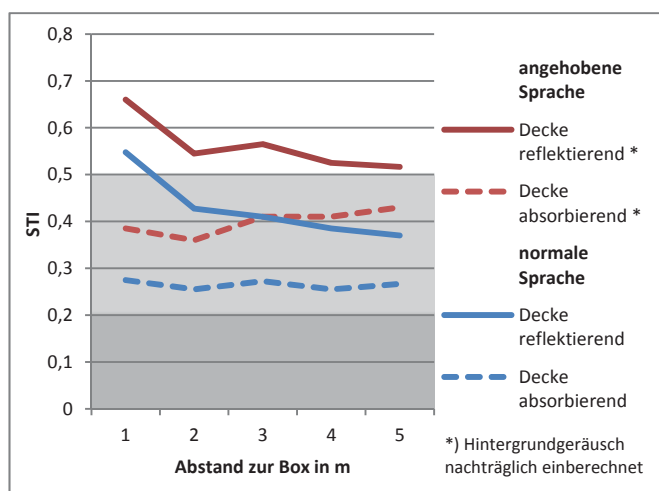


Abbildung 5: STI-Werte einer nach oben offenen Box bei variierendem Sprachpegel. Grundgeräusch 37 dB(A), Deckenabstand 45 cm.

Auswertung des $L_{p,A,S,4m}$

Bzgl. des $L_{p,A,S,4m}$ werden in [2] drei Schallausbreitungsstufen definiert (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Empfehlung für $L_{p,A,S,4m}$ nach [2]

| Stufe der Schallausbreitung | $L_{p,A,S,4m}$ |
|-----------------------------|----------------|
| 1 | ≤ 47 dB |
| 2 | ≤ 49 dB |
| 3 | ≤ 51 dB |

Wie auch schon bei den STI-Messungen wird die Schallausbreitung vom Inneren der Box zum umgebenden Arbeitsbereich bei geschlossener sowie oben offener Box bei unterschiedlich ausgeführter Raumdecke betrachtet. Bewertet wird jedoch, abweichend zur Normvorgabe, in einem Abstand von 4 m zur Box anstatt zur Schallquelle. Auch hier zeigt sich der Vorzug einer absorbierenden Büroraumdecke; der $L_{p,A,S,4m}$ nimmt Werte zwischen 41 und 43 dB an, bei einer reflektierenden Decke liegen die Werte mit ca. 44 bis 47 dB um etwa 3-4 dB höher. Der Abstand zur Raumdecke hat auch hier keinen signifikanten Einfluss. Bei

einer geschlossenen Box sinkt der $L_{p,A,S,4m}$ auf ungefähr 34 dB. Die beste Schallausbreitungsstufe gemäß [2] wird mit allen Konfigurationen erreicht.

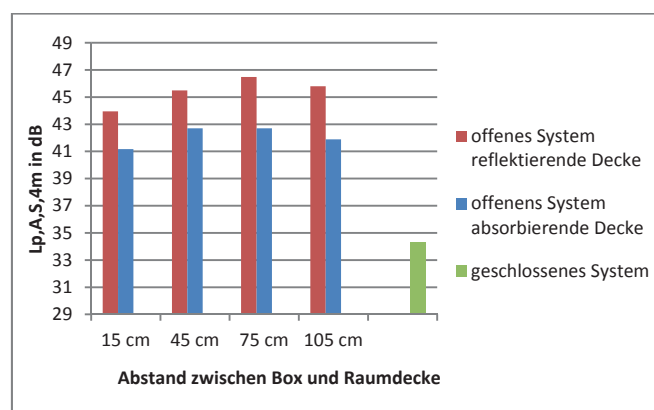


Abbildung 6: $L_{p,A,S,4m}$ der nach oben offenen Box mit reflektierender/absorbierender Decke variierender Höhe, sowie der geschlossenen Box.

In Abbildung 7 ist der frequenzabhängige $L_{p,A,S,4m}$ am Beispiel der geschlossenen und der offenen Box mit 45 cm Deckenabstand dargestellt. Zur Orientierung ist der Sprachpegel mit 60 dB(A) als auch ein für Mehrpersonenbüros typischer Grundgeräuschpegel mit ca. 35 dB(A) [10] abgebildet. Hier zeigt sich der Vorteil eines geschlossenen Raum-in-Raum-Systems. Der $L_{p,A,S,4m}$ liegt meist unterhalb oder nur knapp oberhalb des Grundgeräuschpegels. Bei einer offenen Box hingegen übersteigt der $L_{p,A,S,4m}$ vor allen im sprachrelevanten Bereich den Grundgeräuschpegel um etwa 10 dB.

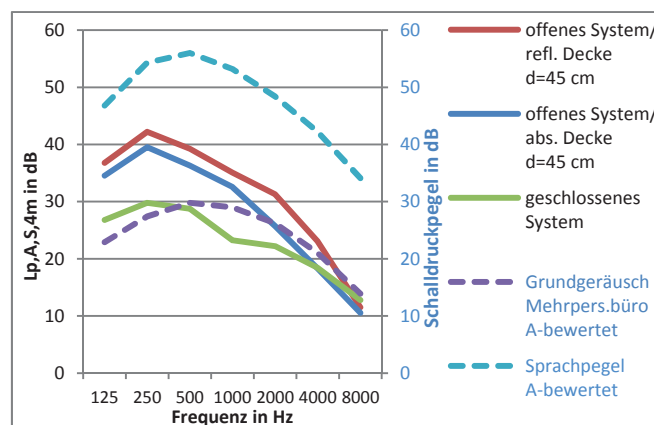


Abbildung 7: Frequenzabhängiger $L_{p,A,S,4m}$ einer nach oben offenen/geschlossenen Box mit Vergleich zu Sprachpegel und Grundgeräuschpegel (Mehrpersonenbüro).

Raum-in-Raum-System als Schallschirm

Abschließend wurde noch der Einfluss des Raum-in-Raum-Systems auf die Arbeitsplatzumgebung mittels raumakustischer Simulation in CATT-Acoustic v9.0TM untersucht. Simuliert wurde ein Büro ($l = 20$ m, $b = 4$ m, $h = 2,5$ m) mit zehn, in einer Reihe liegenden Arbeitsplätzen. Die Box wurde als eine Art Schallschirm betrachtet. Die Schallquelle wurde an einen Arbeitsplatz außerhalb der Box gelegt, die übrigen Arbeitsplätze als Empfängerpositionen definiert. Die Box wurde um die beiden mittleren Arbeitsplätze positioniert (vgl. Abbildung 8). Es wurde für das Büro eine gute raumakustische Ausstattung mit

Akustikdecke ($\alpha_w=0,70$), Wandabsorber ($\alpha_w=0,90$) und Teppich ($\alpha_w=0,15$) angenommen.

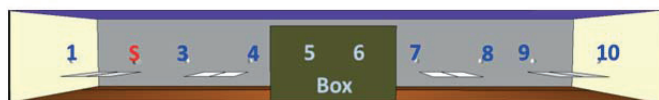


Abbildung 8: Seitenansicht der simulierten Bürosituation mit Sender (S) und Empfängerpositionen (Nummerierung).

Die Bewertung erfolgte über die A-bewertete Schalldruckpegeldifferenz ($\Delta L_{p,A}$) gemäß Glg. 1 in Anlehnung an die Einfügungs-Schalldruckpegeldifferenz nach [11]. Sie wurde aus der Differenz des Summenpegels ($L_{p,A}$) an derselben Empfängerposition, jeweils in der Bürovariante mit und ohne Box, gebildet.

$$\Delta L_{p,A,Pos.n} = L_{p,A,ohneBox,Pos.n} - L_{p,A,mitBox,Pos.n} \quad \text{dB} \quad (1)$$

Die Ergebnisse zeigen, dass die Abschirmung direkt hinter der Box mit 15 dB am höchsten ist. Mit zunehmender Entfernung zur Box steigt der Schalldruckpegel wieder etwas an, was auf Reflektionen an der dahinterliegenden schallharten Wand zurückzuführen ist. Dadurch sinkt die Pegeldifferenz auf etwa 8 bis 10 dB.

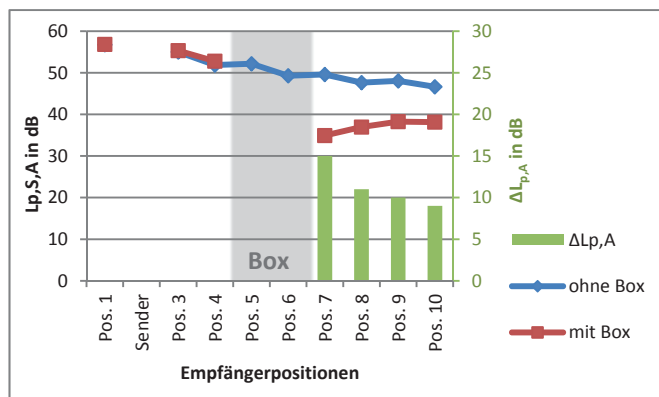


Abbildung 9: Simulierte Sprach-Schalldruckpegel an den Empfängerpositionen eines Mehrpersonenbüros mit und ohne Box sowie die erreichte Schalldruckpegeldifferenz.

Zusammenfassung

Abschließend lässt sich festhalten, dass es möglich ist, im untersuchten Raum-in-Raum-System vertrauliche Gespräche zu führen, dieses ist dafür allseits geschlossen auszuführen. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass Vertraulichkeit nur bei normaler Sprechweise erreicht werden kann und der Grundgeräuschpegel der Umgebung die Sprachverständlichkeit deutlich beeinflusst. Bei den Messungen hat sich gezeigt, dass der STI in diesen Fällen nur eine geringe Abstandsabhängigkeit aufweist, d.h. die Sprachverständlichkeit nimmt mit zunehmendem Abstand zur Box kaum ab. Bei ungünstigeren Randbedingungen wie sie bei angehobener Sprache, bei offener Tür und bei der Ausführung ohne Deckenelemente bei gleichzeitig reflektierender Raumdecke auftreten, steigen die STI-Werte an und es ist eine Abstandsabhängigkeit festzustellen. In diesen Fällen kann keine Vertraulichkeit erreicht werden. Die Anforderung für ablenkungsfreies Arbeiten ist allerdings auch mit einer nach oben offenen Box einzuhalten. Um störende Schallreflexionen zu vermeiden, ist eine absorbierend gestaltete Büroraumdecke von Vorteil.

Der $L_{p,A,S,4m}$ liegt gemäß der Einstufung in [2] sowohl bei der geschlossenen als auch bei der nach oben offenen Box in der besten Schallausbreitungsstufe. Die geschlossene Box hat den Vorteil, dass die Pegel im sprachrelevanten Frequenzbereich stärker reduziert werden als bei einem offenen System. Das Raum-in-Raum-System hat zudem auch zwischen den umliegenden Arbeitsplätzen eine schallschirmende Wirkung. Die Schalldruckpegeldifferenz liegt bei guten raumakustischen Bedingungen bei etwa 8 bis 14 dB.

Anmerkung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Kooperationsprojekts (ZIM) durchgeführt. Beteiligt waren: Hochschule Rosenheim, GiB mbH, Lindner Group und Carpet Concept. Ein Teil der Messungen wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit [12] ausgeführt.

Literatur

- [1] bso Verband Büro-, Sitz- und Objektmöbel e.V.: bso-Studie 2015. Status quo der Büro-Arbeitsplätze in Deutschland. Wiesbaden 2015
- [2] Entwurf VDI 2569:2016-02: Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro
- [3] DIN EN ISO 3382-3:2012-05: Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 3: Großraumbüros
- [4] Schröder, E. u. Schanda, U.: Vergleichende Untersuchung raumakustischer Konzepte von Mehrpersonenbüros hinsichtlich Sprachverständlichkeit, Arbeitsgedächtnisleistung und Arbeitsbehaglichkeit durch Hörversuche. Bauphysik 29 (2007) 5, S. 328–340
- [5] Ebissou, A., Parizet, E. u. Chevret, P.: Use of the Speech Transmission Index for the assessment of sound annoyance in open-plan offices. Applied Acoustics 88 (2015), S. 90–95
- [6] Liebl, A., Drotleff, H., Sedlbauer, K., Schleuniger, F. u. Uygun, A.: Raumakustische Zielgrößen und Maßnahmen zur Optimierung der kognitiven Leistungsfähigkeit sowie des akustischen Komforts in Mehrpersonenbüros. Bauphysik 33 (2011) 2, S. 87–93
- [7] Schlittmeier, S. u. Liebl, A.: Akustik im Büro: Zur Störwirkung von Hintergrundsprache. Lärmbekämpfung 7 (2012) 4, S. 183–189
- [8] DIN EN 60268-16:2012-05: Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex
- [9] DIN EN ISO 11957:2010-01: Akustik - Messung der Schalldämmung von Schallschutzkabinen - Messungen im Labor und im Einsatzfall
- [10] Vitzthum, E.: Untersuchung von Grundgeräuschpegeln in Mehrpersonenbüros, Hochschule Rosenheim Bachelorarbeit 2014
- [11] DIN EN ISO 17624:2005-03: Akustik - Leitfaden für den Schallschutz in Büros und Arbeitsräumen durch Schallschirme
- [12] Holzer, A.: Messtechnische Untersuchung zur Schallausbreitung aus Kabinenkonstruktionen in ein umgebendes Großraumbüro, Hochschule Rosenheim Bachelorarbeit 2014