

48 (2021) NEUE FORSCHUNGSERGEBNISSE, KURZ GEFASST

Xiaoru Zhou, Benjamin Müller,
Alexander Dickschen*, Ting Zhang,
Moritz Späh

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-00
info@ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley
Telefon +49 8024 643-0

www.ibp.fraunhofer.de

* früherer Mitarbeiter des Fraunhofer IBP, Stuttgart

Literatur

[1] DIN EN ISO 3382-3: Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros. Berlin: Beuth-Verlag, Mai 2012.

[2] Müller, B., Dickschen, A., Martin, N.: 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. Euronoise 2020.

[3] VDI 2569: Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro. Berlin: Beuth-Verlag, Februar 2016.

[4] Danielsson, C., Chungkham, H., Wulff, C., Westerland, H.: Office design's impact on sick leave rates. Ergonomics 57. (2014).

MENSCHENZENTRIERTE SIMULATION DER AKUSTIK VON OPEN-SPACE- UND ACTIVITY-BASED-BÜROS HOLISTISCHE OPTIMIERUNG MITTELS STI-MATRIX

EINLEITUNG

Die akustische Planung offener Büroflächen erfordert ein hohes Maß an Knowhow. Wird sie nicht gewissenhaft durchgeführt, zieht das aufgrund hoher Sprachverständlichkeit und ablenkenden Hintergrundgeräuschen unerwünschte Folgen wie unzufriedene sowie unkonzentrierte Mitarbeitende nach sich.

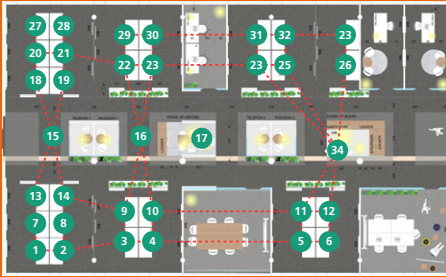
Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP entwickelte ein neues STI-Matrix-Simulationsverfahren zur Planung, Analyse und Optimierung der akustischen Parameter für Großraumbüros nach [1]. Dieses ergänzt die bisherigen raumakustischen Simulationsansätze, indem jeder Arbeitsplatz im Büro betrachtet wird und eine holistische Optimierung erfolgt. Des Weiteren ermöglicht das Verfahren die Hörbarmachung (Auralisation) jedes Arbeitsplatzes schon vor dem Bau. Die Beschreibung dieses innovativen Simulationsverfahrens erfolgt beispielhaft anhand der akustischen Planung eines Großraumbüros. Außerdem werden die Vorteile des entwickelten Verfahrens sowie der Vergleich mit den durchgeführten akustischen Messungen aufgezeigt.

HOLISTISCHE STI-MATRIX

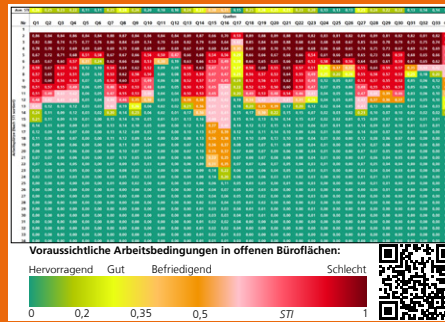
Für die Klassifikation der akustischen Qualität einer Bürofläche wird nach [1] üblicherweise eine begrenzte Anzahl von Pfaden

manuell definiert. Dazu werden zunächst aus Planungsunterlagen 3D-Modelle des Büros erstellt und in ein Datenformat für eine Akustik-Simulationssoftware konvertiert, z. B. ODEON. Es folgt die Definition der Pfade, dabei befinden sich die Quellen jeweils an der Startposition. Bild 1 zeigt beispielhaft den Grundriss eines durch das Fraunhofer IBP optimierten Büros. Die insgesamt 34 Arbeitsplätze (AP) sind durch Kabinen und Teilungen separiert. Die Anforderungen an die Auswahl der Pfade nach [1] schränkt deren Anzahl stark ein, sie sind im Bild beispielhaft eingetragen.

Durch die Anforderungen an die Pfadauswahl lassen sich viele weitere Ausbreitungswege des Schalls nicht abdecken. Im neuen Matrix-Verfahren sind dagegen alle Arbeitsplätze sowohl als Quelle als auch als Empfangsstelle vorgesehen. Die akustischen Parameter, z. B. die Nachhallzeit T , der Speech-Transmission-Index STI sowie der A-bewertete Sprachschalldruckpegel $L_{p,A,S}$ der »Quellen-Empfänger-Matrix« werden für alle Positionen berechnet. Aus der Ergebnis-Matrix können dann beliebige Parameterkombinationen berechnet werden – das ermöglicht die holistische Beurteilung und Optimierung des Büros mit Berücksichtigung aller Arbeitsplätze.



1



2



3

ERGEBNISSE

Im Rahmen eines Pilotprojekts hat das Fraunhofer IBP zwei Büros anhand des neu entwickelten Verfahrens akustisch optimiert. Beispielhaft wird die Vorgehensweise für Büro 1 beschrieben, für das zweite war sie identisch. Für jede der Quellen 1 bis 34 (siehe Bild 1) wurden die Werte $L_{p,A,S}$ und STI zu jedem anderen AP und die Nachhallzeit an jedem AP berechnet. Bild 2 zeigt eine 34 x 34 STI-Matrix als eines der Ergebnisse des Verfahrens. Für jeden AP (Spalten) ist so zu erkennen, wie hoch die Sprachverständlichkeit der anderen AP noch ist. Nach unten sind die STI-Werte absteigend sortiert, so dass die Anzahl der AP leicht abzulesen ist, die durch Gespräche am jeweiligen anderen Arbeitsplatz mehr oder weniger stark gestört werden. Zur besseren Übersicht sind die Werte eingefärbt: Grüne Bereiche zeigen AP, an denen unerwünschte Sprache so wenig verstanden wird, dass sie nicht stört – bei orange und rot markierten Plätzen ist jedoch von einer Störung auszugehen. In der obersten Zeile ist der Mittelwert der STI-Werte aller anderen AP angegeben. Die Farbcodierungen zeigen, dass bei nahezu allen AP die Störwirkung im Mittel sehr gering ist und der mittlere STI im grünen Bereich liegt. Ausnahmen stellen die Messpunkte 15, 16, 17 und 34 dar, die zur Auswertung auf Pfaden als »Stützwert« verwendet wurden, jedoch keine regulären AP waren. Für die Berechnungen wurde ein Hintergrundgeräusch von 35 dB(A) angenommen.

Die ausgesprochen gute Bewertung des untersuchten Büros 1 war das Ergebnis einer holistischen, menschenzentrierten Optimierung der Bürofläche anhand des digitalen Modells sowie der STI-Matrix. Sie entsprach außerdem der Wahrnehmung der Mitarbeitenden. Eine psychoakustische Evaluierung des Büros durch eine Befragung ergab, dass sie mit der Akustik im Büro sehr zufrieden sind [2].

BERECHNUNG UND MESSUNG

Die Ergebnisse konnten durch eine raumakustische Messung (50 Messungen in Büro 1, 54 Messungen in Büro 2) in zwei gebauten Flächen validiert werden. Dazu wurden im Büro 1 elf Pfade (rote Linien in Bild 1) nach [1] bzw. [3] definiert und die Parameter nach [1], z. B. die räumliche Abklingrate der Sprache $D_{2,S}$, der A-bewertete Schalldruckpegel der Sprache in einem Abstand von vier Metern $L_{p,A,S,4m}$ und der Ablenkungsabstand r_D , sowohl gemessen als auch anhand der Ergebnis-Matrix ausgewertet.

In Tabelle 1 sind die mittleren Abweichungen zwischen der raumakustischen Simulation und der Messung (Berechnung-Messung) dargestellt. Die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung und validieren die Simulationsmethode und -genauigkeit dieser Entwicklung am Fraunhofer IBP.

Tabelle 1 Abweichung zwischen Simulation und Messung

Büro	Σ AP	Δ $D_{2,S}$ [dB]	Δ $L_{p,A,S,4m}$ [dB]	Δ r_D [m]	Δ T [s]
1	34	0,5	-2,9	-0,9	0,07
2	32	0,2	-2,1	-2,2	0,05

HÖRBARMACHUNG

Da bei Bauprozessen nicht nur Akustikexpertise die Entscheidungsfindung beeinflusst, wurde zur Auralisation aller Arbeitsplätze einer Bürofläche eine Software auf Grundlage der simulierten STI-Matrix entwickelt (Bild 3). Ihre Nutzung kann unmittelbar einen Eindruck über die zu erwartende akustische Qualität eines Raumes vermitteln, indem das Gehörte mit dem eigenen Erfahrungsschatz abgeglichen wird. In dieser Software können dafür beliebige Empfängerpositionen im Bürogrundriss gewählt werden. Auch besteht die Möglichkeit, sprechende Personen im Büro zu aktivieren oder zu deaktivieren und zwischen ver-

schiedenen akustischen Qualitätsstufen des Büros zu wechseln. Die Wiedergabe erfolgt dabei gehörlich über Kopfhörer – als würde man selbst im Büro sitzen. Die hier vorgestellte Software bietet außerdem die Möglichkeit, den Einsatz von »Maskierung« im virtuellen Büro zu testen. Durch die Anhebung des Hintergrundgeräusches kann die Verständlichkeit von Sprache im Raum signifikant reduziert werden, was zu weniger Ablenkung und höherer kognitiver Leistungsfähigkeit führt. Entscheidungsprozesse bezüglich Bürolayouts, raumakustischer Ausstattung oder dem Einsatz von Maskierung können mit Hilfe der Software auf der Grundlage eines physikalisch korrekten Höreindrucks des geplanten Raumes getroffen werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Durch das neu entwickelte Simulationsverfahren kann eine holistische, menschenzentrierte Optimierung von Büros durchgeführt werden. Dabei wird jeder Arbeitsplatz im Raum optimal akustisch geplant. Die Hörbarmachung erlaubt darüber hinaus auch ohne akustische Fachkenntnis die Beurteilung der akustischen Qualität des Büroraumes. Die Verbesserung der akustischen Umgebung führt kurzfristig zu zufriedeneren, produktiveren, weniger abgelenkten und langfristig zu gesünderen Mitarbeitenden, wie Studien zeigen [4] und somit zur Amortisierung der akustischen Optimierung innerhalb kürzester Zeit.

- 1 Grundriss Büro 1 mit Arbeitsplätzen und Pfaden nach ISO 3382-3/VDI 2569.
- 2 STI-Matrix bei 35 dB(A) Hintergrundgeräusch, AP nach STI-Werten sortiert – eine größere Ansicht finden Sie unter <https://s.fhg.de/sti-matrix>.
- 3 Bildschirmansicht der neu entwickelten Auralisations-Software.