

Effektive Techniken zur schalltechnischen Optimierung von Büroarbeitsplätzen

Michael Böhm

DataKustik GmbH, 82205 Gilching, E-Mail: michael.boehm@datakustik.de

Einleitung

In den letzten Jahren sind wesentliche Fortschritte bei der schalltechnischen Planung von Büroumgebungen gemacht worden. Mit der überarbeiteten DIN 18041[1] als quasi Rahmennorm zur Hörsamkeit in Räumen, der Reihe DIN EN ISO 3382 Teile 2[2] und 3[3] zu den Messverfahren und der speziell auf die schalltechnische Planung von Büros bezogene VDI 2569[4] liegt ein umfangreiches Normenwerk zur Anwendung durch den planenden Akustiker vor. Aus Sicht dieser wird anhand eines großen Mehrpersonenbüros gezeigt, wie die normativ empfohlenen Vorgehensweisen durch geeignete softwaretechnische Strategien am Beispiel der Software CadnaR[5] so unterstützt werden, dass die mit den genannten Normen und Richtlinien vorgegebenen Zielwerte in den Planungsprozess eingebettet werden können.

Effiziente Erstellung raumakustischer Simulationsmodelle

Ausgangspunkt jedes Planungsprozesses ist die Erstellung eines Simulationsmodells, was unter Nutzung moderner Softwaretools zeitsparend zu erledigen ist. Wird ein Lageplan (Bild 1) als Planungsgrundlage genutzt, werden in einem ersten Schritt sich wiederholende Strukturen identifiziert. Diese werden nur einmal im Modell nachgebildet und anschließend vervielfältigt.

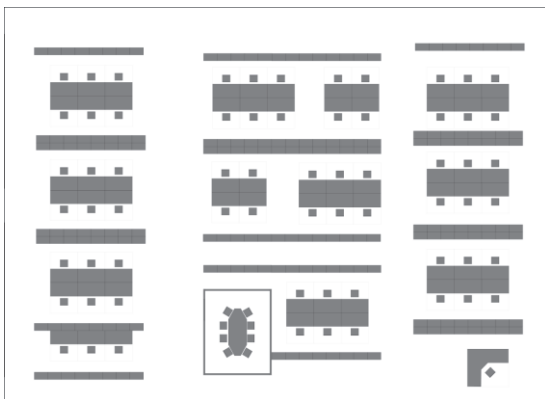


Bild 1: Lageplan eines großen Mehrpersonenbüros

Typische sich wiederholende Strukturen sind z.B. die Arbeitsplätze mit der direkt zugeordneten Möblierung. Wie in Bild 2 dargestellt wird einmalig ein sogenannter „Prototyparbeitsplatz“ erstellt, der sich aus Tisch, Stuhl und Rollcontainer mit objektabhängigen Absorptions- und Streugraden sowie Sprachschallquelle und Immissionsort an der Kopfposition der dort sitzenden Person zusammensetzt. Dieser Prototyparbeitsplatz wird anschließend gruppiert (sichtbar durch die blaue Einrahmung) und dient als Vorlage

für alle weiteren im Büro befindlichen gleichartigen Arbeitsplätze.

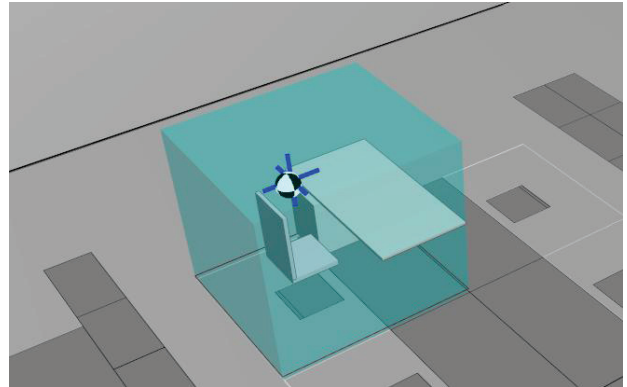


Bild 2: „Prototyparbeitsplatz“ für die effiziente Erstellung raumakustischer Simulationsmodelle

Hierarchische Gruppierungen wie z.B. das Zusammenfassen von 6 Prototypenarbeitsplätzen zu einer „6er“-Arbeitsplatzgruppe beschleunigen die Modellerstellung dabei zusätzlich: auf diese Weise können ganze „6er“-Arbeitsplatzgruppen mit wenigen Klicks kopiert und entsprechend Lageplan positioniert werden.

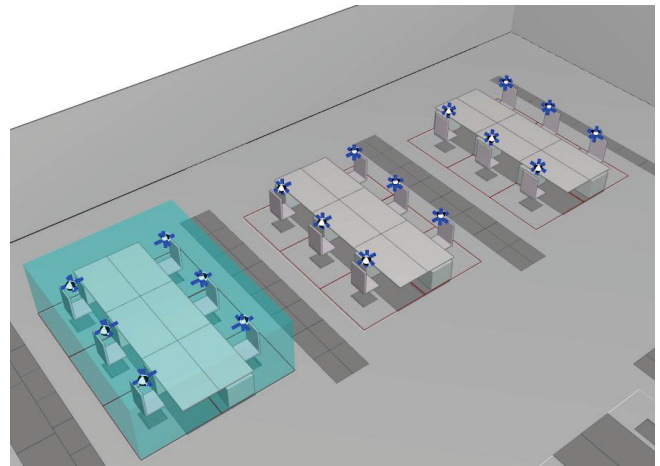


Bild 3: Hierarchische Gruppierung von 6 Prototypenarbeitsplätzen zu einer „6er“-Arbeitsplatzgruppe

Auch Schränke und Schrankreihen können durch geschickte Gruppierung zeitsparend in das Modell eingebracht werden. Nachfolgende Abbildung zeigt das Simulationsmodell des großen Mehrpersonenbüros, das es gemäß der raumakustischen Kenngrößen der VDI 2569[4] zu bewerten und anschließend zu optimieren gilt.

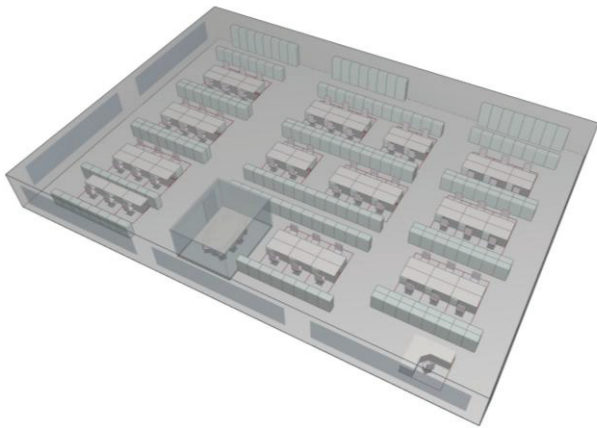


Bild 4: Akustisches Simulationsmodell eines großen Mehrpersonenbüros

Softwaretechnische Ermittlung der Kenngrößen zur Klassifizierung

Zum Erreichen der Raumakustikklassen A, B oder C gibt die VDI 2569 bei großen Mehrpersonenbüros neben Empfehlungen zu Nachhallzeit, Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche auch Empfehlungen zur Sprachschallausbreitung entlang von Messpfaden. Die Messpfade werden bei der raumakustischen Simulation durch Immissionspunktketten abgebildet, entsprechend gilt es bei der Erstellung der Immissionspunktketten die Vorgaben und Hinweise an Messpfade aus VDI 2569 und ISO 3382-3 zu berücksichtigen. Ein Beispiel für eine derartige Immissionspunktkette ist in Bild 5 dargestellt: Eine Schallquelle mit dem in ISO 3382-3 vorgegebenen Sprachspektrum in 1,20 m Höhe stellt einen sitzenden Sprecher an seinem Arbeitsplatz rechts oben im Bild dar. Die Immissionspunktkette verläuft entlang der benachbarten Arbeitsplätze, an denen der A-bewertete Schalldruckpegel der Sprache in Kopfhöhe der sitzenden Personen ermittelt wird.

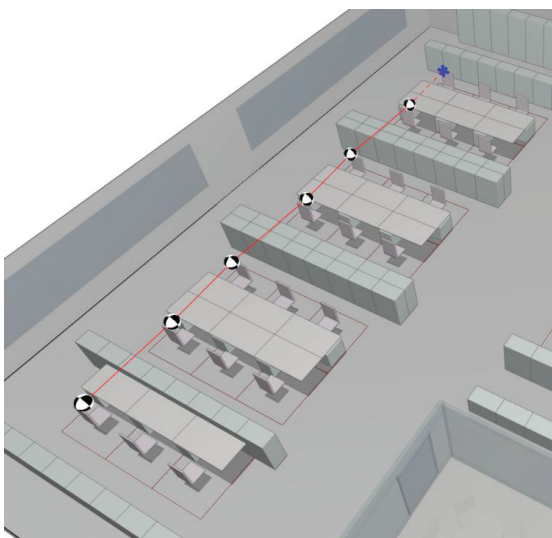


Bild 5: Immissionspunktkette zur Bewertung der Schallausbreitung

Nach Abschluss der Simulationsrechnung nach dem SERT-Verfahren (Stochastic Energy Ray Tracing) - welches z. B. in [6] beschrieben ist - liegen wie in Bild 6 dargestellt sowohl der Schalldruckpegel der Sprache in einem Abstand von 4 m $L_{p,A,S,4m}$ als auch die räumliche Abklingrate der Sprache $D_{2,S}$ für diesen Pfad vor.

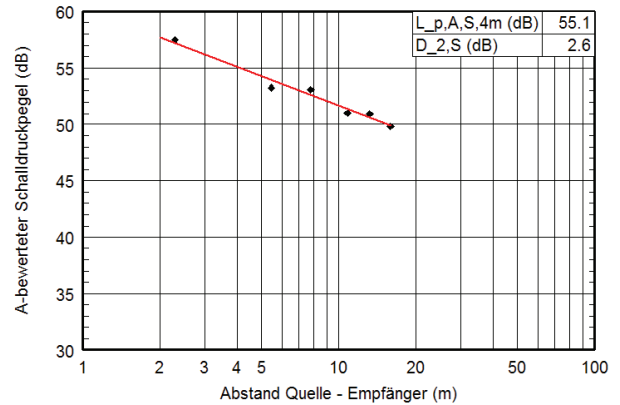


Bild 6: Diagramm zur Ermittlung der Stufe der Schallausbreitung einer Immissionspunktkette

Mit Hilfe dieser raumakustischen Parameter wird gemäß Tabelle 1 (entspricht Tabelle 8 der VDI 2569) die Stufe der Schallausbreitung dieses Pfades ermittelt.

Tabelle 1: Stufe der Schallausbreitung nach VDI 2569

Stufe der Schallausbreitung	$D_{2,S}$	$L_{p,A,S,4m}$
1	≥ 8 dB	≤ 47 dB
2	≥ 6 dB	≤ 49 dB
3	≥ 4 dB	≤ 51 dB

Zur Bestimmung der Raumakustikklasse sind mehrere Pfade zu untersuchen. Richtwerte für die Anzahl der Pfade in Abhängigkeit von der Anzahl der Büroarbeitsplätze können Tabelle 9 der VDI 2569 entnommen werden. Im gewählten Beispiel sind für das Büro mit mehr als 50 Arbeitsplätzen 12 Pfade erforderlich. In der Simulationsrechnung werden alle Pfade automatisiert sequentiell abgearbeitet. Die Ergebnisse für das Beispielbüro sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Raumakustische Parameter für 12 Pfade des Beispielbüros

	$L_{p,A,S,4m}$ (dB)	$D_{2,S}$ (dB)	Stufe d. Schallausbreitung	gemittelte Nachhallzeit T20 (s)						
				125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Kette01	55.9	3.2	-	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.2	0.8
Kette02	55.5	2.9	-	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.2	0.7
Kette03	55.7	3.0	-	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.2	0.7
Kette04	55.6	3.1	-	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.1	0.7
Kette05	55.2	3.1	-	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.2	0.7
Kette06	54.7	3.5	-	1.6	1.6	1.7	1.7	1.5	1.2	0.8
Kette07	54.9	2.8	-	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.2	0.7
Kette08	54.5	3.0	-	1.6	1.7	1.8	1.7	1.6	1.2	0.8
Kette09	54.8	2.8	-	1.6	1.7	1.8	1.7	1.6	1.2	0.8
Kette10	54.4	3.1	-	1.6	1.7	1.7	1.7	1.5	1.2	0.8
Kette11	54.9	2.7	-	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.2	0.7
Kette12	55.7	3.0	-	1.6	1.6	1.7	1.6	1.5	1.2	0.7

Die akustischen Bedingungen in einem solchen Büro ohne raumbedämpfende und abschirmende Maßnahmen mit Nachhallzeiten von teils weit mehr als einer Sekunde und räumlichen Abklingraten von etwa 3 dB sind sicherlich alles andere als optimal. Für alle Pfade gilt, dass keine Stufe der Schallausbreitung gemäß Tabelle 1 erreicht wird.

Entsprechend erfüllt das Büro in diesem Zustand keine Raumakustikklasse der VDI 2569.

Raumakustische Optimierung eines großen Mehrpersonenbüros

In einem ersten Schritt wird geprüft, wie sich das Einbringen schallabsorbierender Elemente auf die raumakustischen Parameter und die Raumakustikklasse auswirken. Hierzu wurde das Simulationsmodell wie in Bild 7 verdeutlicht um Akustikdecke, Teppichboden, akustisch wirksame Möbel und akustisch wirksamen Blendschutz vor den Fenstern erweitert.

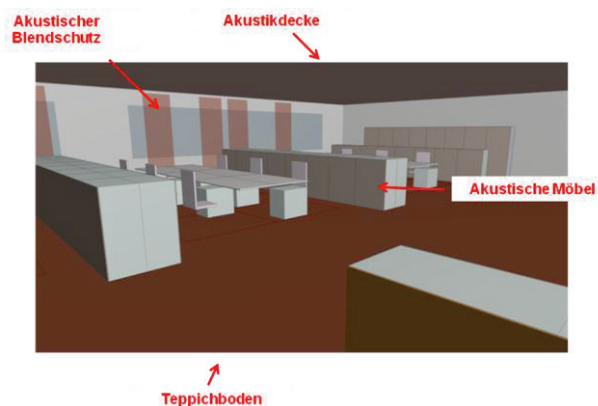


Bild 7: Darstellung der Maßnahmen zur Raumbedämpfung

Die Ergebnisse der Simulationsrechnung mit diesen Maßnahmen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Raumakustische Parameter für 12 Pfade des Beispielbüros mit Maßnahmen zur Raumbedämpfung

	L _{p,A,5,4m} (dB)	D _{2,5} (dB)	Stufe d. Schall- ausbreitung	gemittelte Nachhallzeit T20 (s)							
				125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	
Kette01	48.5	5.5	3	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	
Kette02	48.4	5.5	3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	
Kette03	48.6	5.7	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	
Kette04	49.0	5.8	3	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	
Kette05	48.5	5.9	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	
Kette06	48.3	6.0	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	
Kette07	48.4	5.5	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	
Kette08	47.6	5.1	3	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	
Kette09	48.2	5.4	3	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	
Kette10	48.5	5.8	3	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	
Kette11	48.1	5.6	3	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	
Kette12	48.7	5.3	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	

Durch das Einbringen der absorbierenden Elemente kann die Nachhallzeit auf etwa 0.5s gesenkt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass aufgrund der Verteilung der absorbierenden Flächen ist diesem Büro kein diffuses Schallfeld vorhanden und die Nachhallzeit als alleiniger Beurteilungsparameter somit nicht sinnvoll ist (siehe hierzu auch Kapitel 6.3.3.2 der VDI 2569).

Die zusätzlichen absorbierenden Elemente können den Sprachpegel in 4m deutlich senken und die räumliche Abklingrate anheben, so dass alle Pfade die Schallausbreitungsstufe 3 erreichen. Eine Bedingung für das Erreichen der Raumakustikklasse C ist aber, dass bereits ein Drittel aller Pfade die Ausbreitungsstufe 2 erfüllen.

Für eine Einstufung dieses Büros in Raumakustikklasse A, B oder C sind zusätzliche schirmende Maßnahmen daher unerlässlich. Wirksame Abschirmung könnte zum Beispiel wie in Bild 8 dargestellt durch höhere Schränke zwischen

den Arbeitsplätzen und durch Stellwände an den Tischenden erreicht werden.

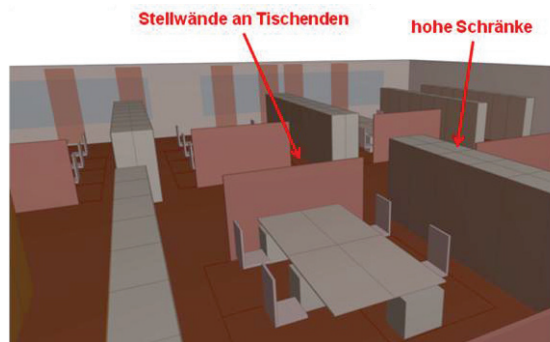


Bild 8: Darstellung der schirmenden Maßnahmen

Diese zumindest aus akustischer Sicht erstrebenswerten Maßnahmen wirken sich wie in Tabelle 4 dargestellt auf die raumakustischen Parameter aus. Erwartungsgemäß kann insbesondere die räumliche Abklingrate deutlich angehoben werden, so dass die Pfade zu gleichen Teilen die Schallausbreitungsstufen 1 und 2 erreichen.

Tabelle 4: Raumakustische Parameter für 12 Pfade des Beispielbüros mit schirmenden Maßnahmen

	L _{p,A,5,4m} (dB)	D _{2,5} (dB)	Stufe d. Schall- ausbreitung	gemittelte Nachhallzeit T20 (s)							
				125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	
Kette01	46.5	8.9	1	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	
Kette02	46.1	9.1	1	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	
Kette03	48.1	8.6	2	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Kette04	48.8	8.9	2	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	
Kette05	47.3	9.7	2	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	
Kette06	45.7	10.2	1	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	
Kette07	45.5	9.7	1	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	
Kette08	49.0	10.1	2	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	
Kette09	48.0	10.2	2	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	
Kette10	45.2	9.8	1	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Kette11	46.3	8.7	1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Kette12	47.8	8.3	2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	

Ungeachtet des maximalen Störschalldruckpegels bauseitiger Geräusche, also bei alleiniger Betrachtung der Schallausbreitungsstufen der Pfade und der Nachhallzeiten wird das Beispielbüro mit raumbedämpfenden und schirmenden Maßnahmen in Raumakustikklasse B eingestuft.

Fazit

Am Beispiel des Großraumbüros wurde gezeigt, wie die der planende Akustiker von modernen softwaretechnischen Strategien bei der Umsetzung der für Büros gültigen Richtlinien und Normen in seiner Arbeit unterstützt wird. Hierbei wurde der typische Planungsablauf von der effizienten Erstellung von Simulationsmodellen über die Ermittlung der relevanten raumakustischen Kenngrößen und deren Bewertung nach VDI 2569 bis hin zur Dimensionierung und Bewertung akustischer Maßnahmen aufgegriffen.

Literatur

[1] DIN 18041:2016 „Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“, Beuth Verlag

- [2] DIN EN ISO 3382-2:2008 „Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik –Teil2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen“, Beuth Verlag
- [3] DIN EN ISO 3382-3:2012 „Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik –Teil 3: Großraumbüros“, Beuth Verlag
- [4] VDI 2569 E:2016 „Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro“, Beuth Verlag
- [5] CadnaR, URL: <http://www.datakustik.de/>
- [6] Probst,W: “SERT – Die Berechnung des Schalls in Arbeitsräumen”, www.datakustik.de