

215-443

DGUV Information 215-443



Akustik im Büro

Hilfen für die akustische Gestaltung
von Büros

kommmitmensch ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter www.kommmitmensch.de

Impressum

Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Büro des Fachbereichs Verwaltung der DGUV

Ausgabe: März 2021

DGUV Information 215-443
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen Webcode: p215443

Bildnachweis

Titel: © Rockwool Rockfon GmbH; © Bartosz Makowski_Architect_Moderno Agnieszka Kałmucka;
© Carpet Concept Objekt-Teppichboden GmbH; © Guido Erbring, Köln
Abb. 1,3,6,7,8,10,11,42: © DGUV;
Abb. 2,4,5: © Industrieverband Büro und Arbeitswelt (IBA);
Abb. 9,36-66, : © VBG;
Abb. 12: © Ecophon, Tomasz Osiak Photogra_Architect_Biuro Architektoniczne;
Abb.13: © BASWA acoustic AG;
Abb. 14: © Rockwool Rockfon GmbH;
Abb. 15: © SONATECH GmbH + Co. KG
Abb. 16: © pinta acoustic GmbH;
Abb. 17: © Bartosz Makowski_Architect_Moderno Agnieszka Kałmucka;
Abb. 18,24,: © PREFORM GmbH;
Abb. 19,20: © Strähle Raum-Systeme GmbH;
Abb. 21: © Roland Troll / THE AGENTUR;
Abb. 22: © Sedus, © USM U.Schärer Söhne AG;
Abb. 23: © Guido Erbring, Köln;
Abb. 25,26: © SMV Sitz- & Objektmöbel GmbH;
Abb. 27,28: © Carpet Concept Objekt-Teppichboden GmbH;
Abb. 29,30: © www.Lindner-Group.com;
Abb. 31,35: © Copyright 2009 – 2020 BARRISOL NORMALU S.A.S.;
Abb. 32: © Creation Baumann;
Abb. 33: © Gerriets;
Abb. 34: © muuto.com

Akustik im Büro

Hilfen für die akustische Gestaltung
von Büros

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite		
1	Vorbemerkung	6	8	Produkte für die akustische Bürogestaltung	25
2	Lärm im Büro – eine Übersicht	7	8.1	Decke	25
3	Die wichtigsten Begriffe der Akustik	10	8.1.1	Akustikdecken	25
3.1	Schall und Schallausbreitung	10	8.1.2	Baffeldecken	26
3.2	Schalldruck und Schalldruckpegel	10	8.1.3	Deckensegel	27
3.3	Frequenz und Wellenlänge	11	8.2	Wand	27
3.4	Beurteilungspegel	12	8.2.1	Schallabsorbierende Wandverkleidungen	27
3.5	Nachhallzeit	12	8.2.2	Schalldämmende und -absorbierende Trennwände	28
3.6	Sprachverständlichkeit	13	8.3	Einrichtung	28
3.7	Schallabsorption und Schallabsorptionsgrad ...	14	8.3.1	Schallabsorbierende Möbeloberflächen	28
3.8	Schallschirmung	15	8.3.2	Stellwände	29
4	Schallwirkung auf den Menschen	16	8.3.3	Sitzmöbel	29
5	Büro- und Nutzungskonzepte	19	8.4	Boden	30
6	Wirkungsweisen von Schallabsorbern	22	8.4.1	Bodenbeläge	30
6.1	Poröse Schallabsorber	22	8.4.2	Bodenaufbauten	31
6.2	Resonanzabsorber	22	8.5	Weitere Elemente und Materialien in Büros	31
7	Schallabsorptionsmaterialien	23	9	Beispiele	33
7.1	Faserplatten	23	9.1	Zweipersonenbüro	35
7.2	Akustikschäume	23	9.2	Mehrpersonenbüro mit fünf Arbeitsplätzen	40
7.3	Gelochte Gipskartonplatten	23	9.3	Open Space Office	45
7.4	Geschlitzte oder perforierte Paneele	23	9.4	Call Center	58
7.5	Akustikputz	23	9.5	Konferenzraum	62
7.6	Mikroperforierte Schallabsorber	23	Anhang	65	
7.7	Textile Absorber	24			
7.8	Akustik-Vliese	24			

1 Vorbemerkung

Eine akustisch gut gestaltete Büroumgebung trägt maßgeblich dazu bei, dass die Beschäftigten ungestört und konzentriert arbeiten sowie gut kommunizieren können. Eine abgestimmte akustische Gestaltung der Räume fördert die Produktivität, die Arbeitszufriedenheit und das Wohlbefinden im Büro und ist damit ein wichtiger Faktor für motiviertes und erfolgreiches Arbeiten im Büro.

Dagegen können laute oder störende Geräusche sowie verständliche Sprache im Büro die Konzentration, die Leistungsfähigkeit und sogar die Gesundheit negativ beeinflussen. Lärm im Büro wird von den Beschäftigten als „Störfaktor Nummer eins“ genannt – noch vor den anderen Umgebungsfaktoren wie Klima und Licht.

Durch den Wandel der Arbeitswelt hat die Kommunikation zwischen den Beschäftigten immer mehr an Bedeutung gewonnen. Viele Unternehmen entschließen sich dazu, für die Büroarbeit neue Raumkonzepte einzuführen. Ob in offenen Bürolandschaften, Call Centern, in non-territorialen Büros oder aber auch in klassischen Raumformen, wie dem Mehrpersonen-, Gruppen- oder Großraumbüro: Stets arbeiten mehrere Beschäftigte zusammen in einem Raum und können miteinander kommunizieren, sich aber auch gegenseitig stören.

Wichtig ist es daher, dass sowohl für die Kommunikation untereinander, als auch für konzentriertes Arbeiten eine entsprechend akustisch gut gestaltete Arbeitsumgebung geschaffen wird. Für Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen oder wenn Menschen nicht in ihrer Muttersprache kommunizieren ist dies besonders relevant.

Eine durchdachte, vorausschauend geplante Arbeitsgestaltung sollte stets berücksichtigen, dass allen Personengruppen gleichermaßen gutes Arbeiten ermöglicht wird. Spezielle Maßnahmen für einzelne Beschäftigte sind dann oft gar nicht mehr erforderlich. Die vorliegende DGUV Information gibt Erläuterungen, Anregungen und Hilfestellungen, wie eine akustisch optimale Arbeitsumgebung erreicht werden kann.

Nach einer kurzen Beschreibung der Grundbegriffe der Akustik und ihrer Bedeutung für die Bürogestaltung werden die Wirkungsweisen von verschiedenen Materialien erläutert, die in Büroräumen eingesetzt werden können. Kapitel 9 enthält eine Zusammenstellung vielfältiger Beispiele und Berechnungen für verschiedene Bürokonzepte und Nutzungsarten.

Diese DGUV Information soll Unternehmen einen Überblick über akustische Gestaltungsmöglichkeiten für ihre Büroräume geben, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Für die Umsetzung kann es notwendig sein, den Rat von Fachleuten einzuholen – zum Beispiel von Raumakustikern oder Herstellern von Akustikprodukten.

An dieser DGUV Information haben das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Referat 4.1 „Lärm“, das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP Abteilung Akustik, die Hörzentrum Oldenburg GmbH, das Akustikbüro Oldenburg, der Industrieverband Büro und Arbeitswelt e. V. (IBA) und die Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA) mitgearbeitet.

2 Lärm im Büro – eine Übersicht

Lärm, der im Büro auftritt, wirkt in der Regel nicht schädigend auf das Gehör. Trotzdem kann er sich störend bemerkbar machen und sich mittelbar auf den Körper und die Psyche auswirken. Die Auswirkungen von Lärm auf Körper und Psyche werden als extra-aurale Lärmwirkungen bezeichnet und beschreiben Effekte, die außerhalb des menschlichen Gehörs auftreten.

Lärm lässt nachweislich die Stresshormone im Körper ansteigen. Blutgefäße können sich verengen, der Blutdruck und die Herzfrequenz ansteigen. Folgen für die Psyche können unter anderem Ärger, Anspannung und Nervosität sein.

Durch Lärm können Konzentration und Aufmerksamkeit gemindert sowie die Kommunikation gestört werden. Eine höhere Fehlerrate und eine geringere Leistungsfähigkeit bei den Beschäftigten können die Folge sein.

Daher fordert die Arbeitsstättenverordnung den Schall- druckpegel bei der Arbeit so niedrig wie möglich zu halten. Die Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR) A3.7 „Lärm“ konkretisiert diese Vorgabe in Bezug auf Beurteilungspegel bei verschiedenen Tätigkeiten sowie zu raum- akustischen Anforderungen. In Abhängigkeit von der Tätigkeit soll der Beurteilungspegel höchstens 55 dB(A) beziehungsweise 70 dB(A) betragen.

Der Beurteilungspegel von höchstens 55 dB(A) ist zum Beispiel bei folgenden Tätigkeitsmerkmalen einzuhalten: andauernd hohe Konzentration

- schöpferisches Denken
- exaktes sprachliches Formulieren
- Verstehen von komplexen Texten mit komplizierten Satzkonstruktionen
- Entscheidungsfindung
- Problemlösungen
- hohe Sprachverständlichkeit
- Entscheidungen unter Zeitdruck
- weitreichende Entscheidungen

Beispiele für Tätigkeiten aus der Praxis hierzu sind:

- Wissenschaftliche Tätigkeiten
- Entwickeln von Software
- Besprechungen und Verhandlungen in Konferenz- räumen

Tätigkeitsmerkmale, für die der Grenzwert von 70 dB(A) gilt, sind zum Beispiel:

- mittlere, nicht andauernd hohe Konzentration
- üblicherweise Routinetätigkeiten, d. h. wiederkehren- de ähnliche und leicht zu bearbeitende Aufgaben
- das Treffen von Entscheidungen geringerer Tragweite (in der Regel ohne Zeitdruck)
- für Kommunikationszwecke erforderliche Sprachver- ständlichkeit

Beispiele für Tätigkeiten aus der Praxis hierzu sind:

- Disponieren
- Daten- und Texterfassung
- Einfache Prüf- und Kontrolltätigkeiten
- Tätigkeiten mit Publikumsverkehr

Nicht immer lassen sich in der Praxis Bürotätigkeiten so genau einstufen und klassifizieren.

Sobald andere Beschäftigte häufig sprechen, sollte dies in der Arbeitsorganisation berücksichtigt werden. Andern- falls können Beurteilungspegel von höchstens 55 dB(A) nur schwer eingehalten werden.

Geringe Abstände zwischen Arbeitsplätzen können die Störwirkung durch Sprache erhöhen. Generell ist es da- her wichtig für ausreichend große Flächen und Abstände im Büroraum zu sorgen. Auch aus diesem Grund sind die Richtwerte von 8–10 m² für Zellenbüros und 12–15 m² für Großraumbüros für jeden einzelnen Arbeitsplatz zu be- achten (Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A1.2 „Raumabmessungen und Bewegungsflächen“).

Das Übersichtsbild (Abbildung 1) zeigt, wo im Büro Lärm- quellen auftreten und wie die Geräusche beeinflusst werden können.

Geräuschquellen

1 Gespräche

Ein Mensch spricht ohne Anstrengung ungefähr mit einem Schalldruckpegel von 63 dB(A). Das erklärt bereits, dass ein Schalldruckpegel von 55 dB(A) in Büros, in denen ständig Beschäftigte sprechen, schwer einzuhalten ist. Dazu kommt der Effekt, dass man umso lauter spricht, je lauter die Umgebung ist.

Ob Geräusche oder Gespräche anderer als störend empfunden werden, hängt von der eigenen Tätigkeit und dem Kontext ab und ist individuell verschieden. Ist ein Gespräch von anderen Personen für die eigene Arbeit wichtig, hat es kaum Störpotenzial. Dagegen können themenfremde Telefonate und Gespräche die Konzentration auf die eigene Tätigkeit beeinträchtigen.

2 Computer

PCs machen sich durch die Lüftergeräusche bemerkbar. Deswegen sollten möglichst leise Geräte beschafft werden – zum Beispiel mit dem Prüfzeichen „Blauer Engel“.

3 Drucker, Kopierer, Faxgeräte

Diese Geräte können nicht nur störende Geräusche verursachen, sondern die Beschäftigten auch ablenken, wenn sie als Abteilungsdrucker in einem Büroraum aufgestellt sind und stark frequentiert werden. Deshalb sollten sie, wie PCs, möglichst leise arbeiten – zum Beispiel Geräte mit dem Prüfzeichen „Blauer Engel“ – oder separat in einem Raum aufgestellt werden. Dies gibt außerdem den Beschäftigten Gelegenheit, nicht nur am Arbeitsplatz zu sitzen, sondern – ergonomisch günstig – hin und wieder aufzustehen und sich zu bewegen.

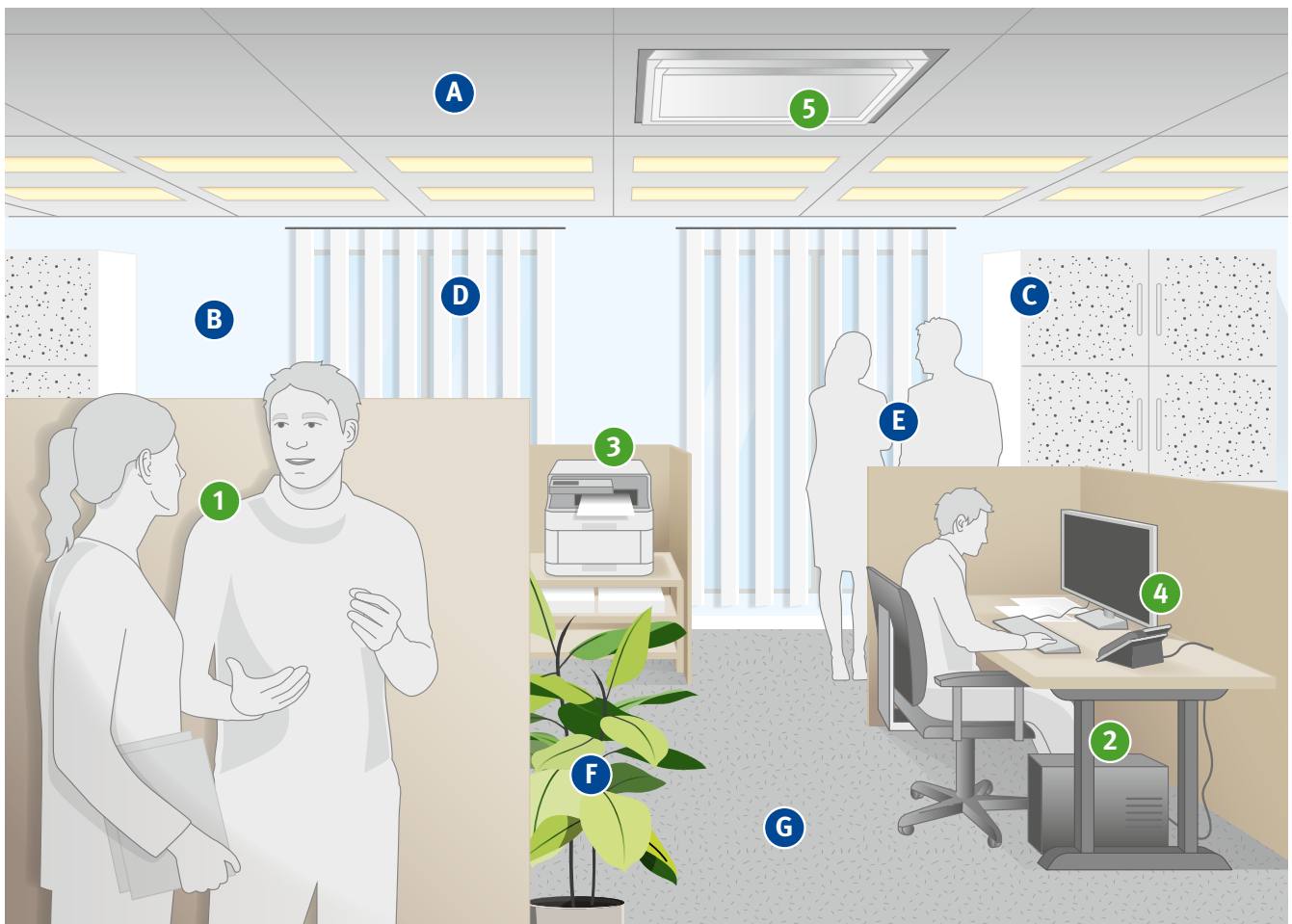


Abb. 1 Lärmquellen im Büro

4 Telefone und Telefonate

Nicht nur die Telefonate, auch die Telefone selbst können durch lautes Klingeln stören. Leise, angenehme Klingeltöne oder nur optische Signale sollten daher bevorzugt werden. In Büros, in denen die Beschäftigten viel telefonieren müssen, ist es ratsam, ihnen gute Headsets (ggf. mit Geräuschunterdrückung) zur Verfügung zu stellen.

5 Klimaanlage

Klimaanlagen sollten keinen störenden Lärm verursachen. Unter bestimmten Voraussetzungen können sie auch zur Beeinflussung der Sprachverständlichkeit genutzt werden.

Beeinflussung der Raumakustik**A Decke**

Da die Decke meist die größte freie Fläche im Büroraum darstellt, kann man in Büroräumen – außer in sehr kleinen Büros – mit einer schallabsorbierenden Decke die größte akustische Wirkung erzielen, also die meiste Schallenergie absorbieren. In größeren Besprechungsräumen dagegen kann es günstig sein, dass die Decke nicht voll ausgekleidet ist, um die Sprachverständlichkeit über größere Distanzen zu gewährleisten (siehe Beispiel 9.5 „Konferenzraum“).

B Wände

Wände sind in der Regel schallhart. Der Schall reflektiert an ihnen und kann sich – je nach Raumgeometrie – auch „aufschaukeln“. Bei Bedarf ist es sinnvoll, Wände ganz oder teilweise mit akustisch wirksamen Materialien auszukleiden oder schallabsorbierende Wandelemente, wie Bilder, anzubringen.

C Schränke

Schränkoberflächen ohne besondere akustische Ausstattung reflektieren den Schall. Akustisch wirksam gestaltete Schrankflächen – zum Beispiel Türen – können einen hohen Schallabsorptionsgrad haben. Sie wirken sich bei ausreichend großer Fläche positiv auf die Raumakustik aus.

D Fenster

Wie freie Wandflächen reflektieren Fenster stark den Schall. Um dort etwas akustisch zu verbessern, eignen sich unter anderem schallabsorbierende Lamellenstores. Sie stellen eine sinnvolle Ergänzung dar, wirken jedoch nicht in dem Maße wie akustisch wirksame Flächen an Decke, Wand, Möbeln oder im Raum.

E Mensch

Die Anwesenheit von Personen bewirkt eine zusätzliche Absorption im Raum.

F Pflanzen

In der Regel tragen Pflanzen nicht zur Verbesserung der Raumakustik bei.

G Boden

Teppichboden reduziert den Trittschall. Im Frequenzbereich der menschlichen Sprache trägt Teppichboden nur wenig zur Schallabsorption bei. Er absorbiert Schall mit höheren Frequenzen. Seine Wirkung auf die Raumakustik wird dadurch subjektiv als angenehm empfunden.

3 Die wichtigsten Begriffe der Akustik

3.1 Schall und Schallausbreitung

Erläuterung

Schall tritt in verschiedensten Zusammenhängen und Ausprägungen auf. Schallereignisse können wohlklingende Töne wie Musik, störende Geräusche oder gesprochene Sprache sein. All diesen Schallereignissen ist gemeinsam, dass sie in der Luft eine kleine Schwankung des Luftdrucks auslösen, die sich in der Umgebung ihrer Erzeugung wellenförmig ausbreitet. Schallausbreitung ist nicht nur in Luft, sondern auch in anderen elastischen Medien wie Flüssigkeiten oder Festkörpern möglich und wird dann entsprechend Flüssigkeitsschall oder Körperschall genannt.

Schall breitet sich prinzipiell stets in alle drei Raumrichtungen aus (siehe Abbildung 2). Viele Schallquellen zeigen eine Abhängigkeit der Schallabstrahlung von ihrer Ausrichtung; vielfach genügt es jedoch näherungsweise, von einer gleichmäßigen Schallabstrahlung in alle Richtungen auszugehen. Derartige Schallquellen werden als Kugelschallquellen bezeichnet. Auch die „Schallquelle Mensch“ kann entsprechend modellhaft als Kugelschallquelle aufgefasst werden.

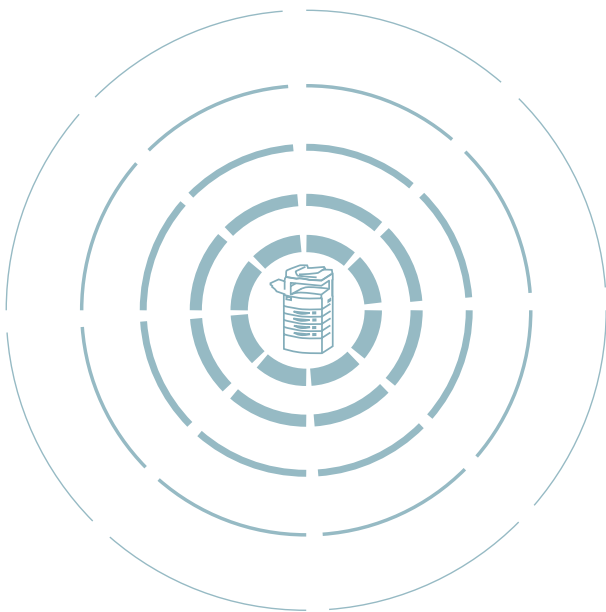


Abb. 2 Geräuschquelle und Schallausbreitung in alle Richtungen

3.2 Schalldruck und Schalldruckpegel

Erläuterung

Die von Schallereignissen ausgelösten Druckschwankungen werden als Schalldruck bezeichnet. Je höher der Schalldruck ist, desto lauter wird ein Schallereignis wahrgenommen.

Als physikalische Maßeinheit für den Schalldruck wird wie auch bei anderen Beschreibungen von Drücken die Einheit Pascal (Pa) verwendet. Da der niedrigste vom Menschen hörbare Schalldruck, die sogenannte Hörschwelle, sehr klein ist, wird hier eine Angabe μPa ($= 10^{-6} \text{ Pa}$) verwendet. Menschen können schon sehr kleine Schalldrücke, ab $0,000002 \text{ Pa} = 20 \mu\text{Pa}$ wahrnehmen. Bei hohen Drücken von circa 20 Pa und mehr, an der sogenannten Schmerzschwelle, kann das Gehörssystem dauerhaft geschädigt werden.

Hörschwelle:

Schalldruck $p_0 = 20 \mu\text{Pa} = 0,00002 \text{ Pa}$

Schmerzschwelle: Schalldruck $p_s = 20.000.000 \mu\text{Pa} = 20 \text{ Pa}$

Der Bereich des menschlichen Hörens umfasst somit einen großen Bereich. Zur Darstellung dieses Wertebereiches wird ein logarithmischer Maßstab verwendet; das Dezibel (dB). Hierbei wird der kleinste vom Menschen wahrnehmbare Schalldruck von 20 µPa zur technischen Definition des Schalldruckpegels bei Luftschall verwendet:

Schalldruckpegel L_p

$$L_p = 10 \log (p^2/p_0^2) \text{ dB}$$

p = Schalldruck

p_0 = Bezugsschalldruck in Luft = 20 µPa (Hörschwelle)

Demnach beträgt der Schalldruckpegel an der Hörschwelle 0 dB und an der Schmerzschwelle 120 dB.

Typische Schalldruckpegel für Geräuschquellen zeigt die Abbildung 3.

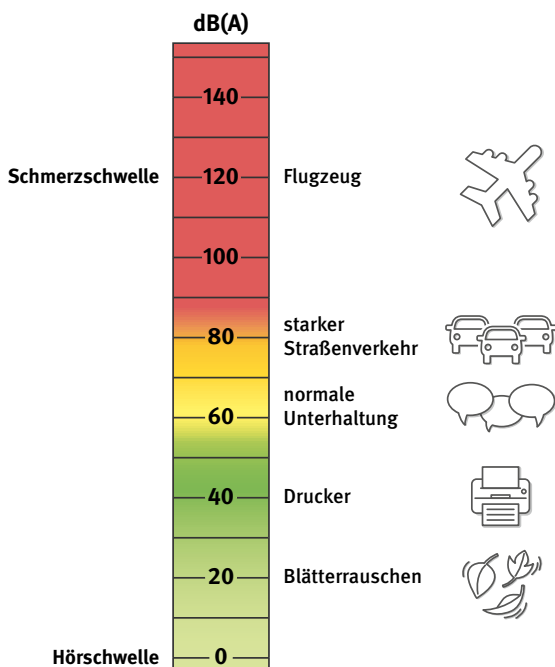


Abb. 3 Typische Schalldruckpegel für Geräuschquellen

3.3 Frequenz und Wellenlänge

Erläuterung

Die zeitliche Änderung des Schalldrucks an einem festen Ort wird durch die Frequenz mit der physikalischen Einheit Hertz (kurz: Hz) beschrieben. Für die akustische Gestaltung von Räumen ist die Frequenz bzw. Tonhöhe von großer Bedeutung. Je niedriger die Frequenz eines Tons ist, desto tiefer erscheint er; je höher die Frequenz ist, desto höher wird er wahrgenommen.

Das menschliche Ohr kann Schallsignale im Frequenzbereich von circa 16 Hz bis circa 16.000 Hz wahrnehmen. Schall in diesem Frequenzbereich wird als Hörschall bezeichnet.

Die in der Büroraumakustik betrachteten Frequenzen liegen in einem Bereich von 100 Hz bis 5.000 Hz. Für Messungen und Planungen wird dieser Bereich in 18 Terzabschnitte beziehungsweise in sechs Oktavabschnitte untergliedert. Eine Oktave umfasst immer drei Terzen und der Schritt von einer Oktave zur nächsten wird durch eine Frequenzverdopplung erreicht (Abbildung 4).

Die Frequenzen von Schallereignissen genau zu kennen ist unter anderem deshalb wichtig, weil das menschliche Ohr Töne in unterschiedlichen Frequenzbereichen unterschiedlich stark wahrnimmt. Abhängig von ihrer Frequenz erscheinen somit Töne mit gleichem Schalldruckpegel unterschiedlich laut. Besonders empfindsam ist das Gehör im Bereich menschlicher Sprache zwischen 250 Hz und 2.000 Hz. Abbildung 5 zeigt diese frequenzabhängige Wahrnehmung anhand von Kurven mit gleicher Lautstärkewahrnehmung, sogenannten Isophone.

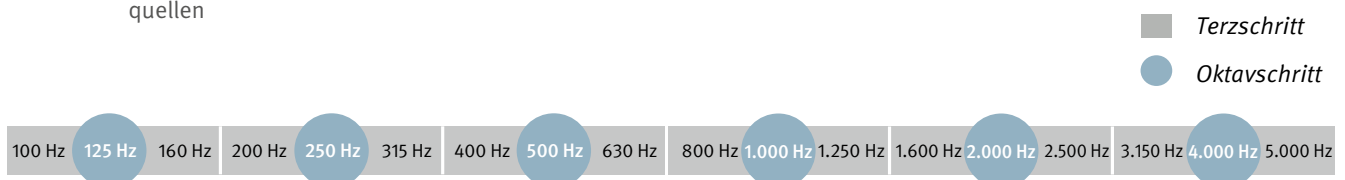


Abb. 4 TyTerz- und Oktavmittenfrequenzen

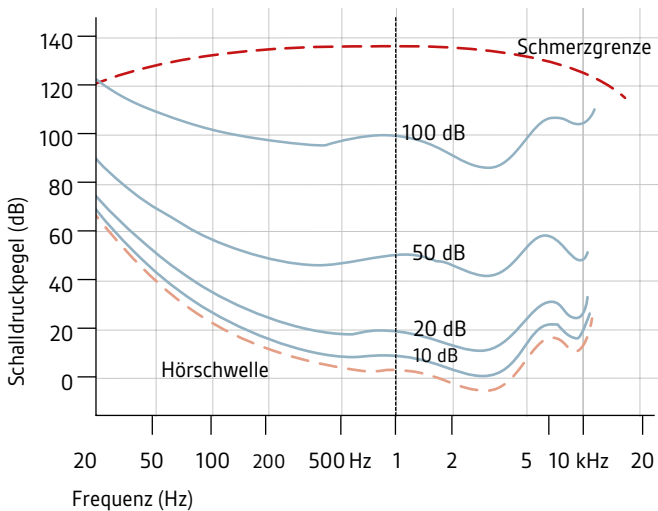


Abb. 5 Frequenzabhängigkeit der Schallwahrnehmung des menschlichen Ohrs

Die Frequenzcharakteristik des menschlichen Gehörs wird im Rahmen der raumakustischen Planung durch die sogenannte A-Bewertung zum Ausdruck gebracht. Dabei werden die mittleren Frequenzen, bei denen das menschliche Ohr besonders empfindlich ist, stärker berücksichtigt als die hohen und tiefen Frequenzen, die der Mensch bei gleichem Schalldruck als weniger laut empfindet. Schalldruckpegel werden dann mit der Einheit dB(A) angegeben.

Zu jeder Frequenz des Schalls gehört eine Schallwelle mit einer bestimmten Wellenlänge λ . Dabei gilt: Je tiefer ein Ton ist, desto größer ist seine Wellenlänge. Ein hoher Ton von 5.000 Hz hat in der Luft eine Wellenlänge von 6,8 Zentimetern. Eine 100 Hz-Schallwelle verfügt über eine Wellenlänge von 3,40 Meter.

Bedeutung für die Büroakustik

Nicht nur die Empfindung des Menschen, sondern auch die meisten raumakustischen Kenngrößen sind frequenzabhängig. Die raumakustische Planung von Büroräumen muss daher insbesondere im Hinblick auf den Einsatz schallabsorbierender Materialien stets frequenzabhängig erfolgen.

3.4 Beurteilungspegel

Zur objektiven Beschreibung der Geräuschbelastung im Büro wird der sogenannte Beurteilungspegel L_r (engl. rating level) ermittelt. Er wird als zeitlicher Mittelwert – zum Beispiel über einen achtstündigen Arbeitstag – des A-bewerteten Schalldruckpegels angegeben.

Bei der Ermittlung des Beurteilungspegels bleiben Geräusche, die an dem betrachteten Arbeitsplatz erzeugt werden (zum Beispiel durch Gespräche der Nutzerin bzw. des Nutzers), unberücksichtigt. Besonders störende Eigenschaften von Geräuschen werden durch Zuschläge auf den zeitlichen Mittelwert berücksichtigt. Zuschläge gibt es insbesondere für Impuls-, Ton- und Informationshaltigkeit.

Bedeutung für die Büroakustik

Der Beurteilungspegel an Büroarbeitsplätzen soll unter Berücksichtigung der von außen auf den Arbeitsplatz einwirkenden Geräusche möglichst niedrig sein. Gemäß ASR A3.7 darf er abhängig von der Tätigkeit höchstens 55 dB(A) beziehungsweise 70 dB(A) betragen.

3.5 Nachhallzeit

Erläuterung

Ob ein Raum als akustisch angenehm empfunden wird, hängt auch von der dort vorherrschenden Nachhallzeit ab. Sie ist eine wesentliche raumakustische Kenngröße und beschreibt die Halligkeit eines Raums.

Unter der Nachhallzeit versteht man technisch die Zeitspanne, die vergeht, bis sich der Schalldruckpegel nach einem Schallereignis, zum Beispiel nach einem Knall, um 60 dB reduziert hat. Vereinfacht gesagt ist das die Zeitdauer, bis ein Schallereignis nicht mehr zu hören ist.

Die Nachhallzeit ist frequenzabhängig. Häufig wird sie in einer Kurve oder tabellarisch anhand von Oktavwerten angegeben. Empfohlen wird die Betrachtung des Sprachfrequenzbereichs von mindestens 250 Hz bis 2.000 Hz. Diese Anforderungen finden sich in der Arbeitsstättenregel ASR A3.7 „Lärm“.

Für eine detailliertere Planung können die DIN 18041 „Hörsamkeit in Räumen“ und VDI 2569 „Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros“ herangezogen werden.

Die Nachhallzeit wird üblicherweise messtechnisch bestimmt. Unter Berücksichtigung der in einem Raum vorhandenen Flächen (Wand, Boden, Decke und Einrichtungsgegenstände) sowie deren Fähigkeit, Schall zu absorbieren (siehe Abschnitt 3.8), kann die Nachhallzeit zudem berechnet werden. Dafür stehen je nach Anspruch an die Genauigkeit und Raumtyp verschiedene Methoden zur Verfügung.

Bedeutung für die Büroakustik

Die Nachhallzeit gibt Auskunft über die akustische Qualität eines Raums. Bei langen Nachhallzeiten überlagern sich die Geräusche und die Sprachverständlichkeit verschlechtert sich. Nach ASR A3.7 „Lärm“ sollen in unbesetzten Büros üblicher Größe je nach Nutzungsart die im Folgenden genannten Nachhallzeiten nicht überschritten werden.

Callcenter $T = 0,5 \text{ s}$

Mehrpersonen- und Großraumbüro: $T = 0,6 \text{ s}$

Ein- und Zweipersonenbüro: $T = 0,8 \text{ s}$

Hingegen führt eine zu hohe Sprachverständlichkeit dazu, dass Personen in ihrer Konzentration beeinträchtigt werden und sich gestört fühlen. Deshalb sollte ein Raum auch nicht überdämpft und die Nachhallzeit nicht zu weit abgesenkt werden.

3.6 Sprachverständlichkeit

Ob sich ein Raum für eine bestimmte Nutzung eignet, wird häufig nicht allein durch die Nachhallzeit, sondern auch durch die Sprachverständlichkeit bestimmt. Insbesondere in größeren Büroeinheiten, in denen mehrere Personen arbeiten und gegebenenfalls gleichzeitig unterschiedliche Tätigkeiten verrichten, spielt die Sprachverständlichkeit eine große Rolle. Denn oftmals ist es weniger die allgemeine Geräuschkulisse, als vielmehr die Gespräche anderer Anwesenden, die als störend empfunden werden. In diesem Fall ist eine geringere Sprachverständlichkeit anzustreben. In Besprechungsbereichen und Konferenzräumen ist die Sprachverständlichkeit dagegen oft zu gering, was das Zuhören erheblich erschweren kann.

Die Sprachverständlichkeit wird bestimmt durch den Grundgeräuschpegel und die Nachhallzeit des Raums. Dabei gilt in der Regel, dass die Sprachverständlichkeit umso höher ist, je geringer die Nachhallzeit ausfällt. Ein höherer Grundgeräuschpegel führt zu einer Reduzierung der Sprachverständlichkeit. Nach ASR A3.7 „Lärm“ sollen Grundgeräuschpegel von 40–45 dB(A) in Büros nicht überschritten werden.



Lombardeffekt

Ein hoher Hintergrundgeräuschpegel führt dazu, dass Beschäftigte die Lautstärke ihrer Stimme erhöhen, um besser verstanden zu werden (Lombardeffekt). Sprechen mehrere Personen gleichzeitig, so führt dies zu einer weiteren Lautstärkenzunahme. Der Effekt funktioniert auch in umgekehrter Richtung: Werden Hintergrundgeräusche durch raumakustische Maßnahmen reduziert, sprechen die Beschäftigten leiser und die Lärmbelastung nimmt ab.

Auf der Grundlage von Befragungen wurden physikalische Messgrößen zur Beschreibung der Sprachverständlichkeit entwickelt. Eine weit verbreitete Größe ist der Sprachübertragungsindex (engl. Speech Transmission Index, kurz STI). Der STI gibt die Sprachverständlichkeit in Werten zwischen 0 (schlecht) und 1 (ausgezeichnet) an. Für konzentriertes Arbeiten soll diese gering sein. So sinkt ab einer Unterschreitung des Sprachübertragungsindex von 0,5 die Störwirkung durch Sprache. Dies bedingt die Zunahme der Konzentrationsfähigkeit. Wird der Wert von 0,2

erreicht und unterschritten, kann von akustischer Privatsphäre ausgegangen werden. Für Zuhörbedingungen soll der Sprachübertragungsindex hingegen möglichst hoch ausfallen.

Bedeutung für die Büroakustik

Insbesondere in Räumen, in denen es darauf ankommt, dass die Menschen gut miteinander sprachlich kommunizieren können, ist eine gute Sprachverständlichkeit wichtig – zum Beispiel in Büros oder Zonen mit Projektgruppenarbeit sowie in Sitzungs- und Schulungsräumen. Dagegen kann es in größeren Büros, in denen die Gespräche anderer stören – zum Beispiel in Gruppen- und Großraumbüros und in Call Centern – von Vorteil sein, wenn die Sprachverständlichkeit geringer ist. Dazu tragen Schallschirme bei, die zwischen den Arbeitsplätzen eingesetzt werden.

Hinweis zur Barrierefreiheit

Um Sprache gut verstehen zu können, muss die Sprache etwa doppelt so laut sein wie vorhandene Störgeräusche (mindestens 10 dB). Für die barrierefreie Nutzung von Räumen sollte der Sprachpegel nochmals 5–15 dB höher liegen.

Im Sinne einer barrierefreien Gestaltung sollten die Schalldruckpegel von Störgeräuschen auf 30 dB(A) begrenzt sein. (siehe auch DGUV Information 215-112 „Barrierefreie Arbeitsgestaltung – Teil 2: Grundsätzliche Anforderungen“ Kapitel 2 „Gestaltungsprinzipien“ Punkt 2.2 „Auditive Gestaltung“)

3.7 Schallabsorption und Schallabsorptionsgrad

Unter Schallabsorption wird rein physikalisch die Umwandlung von Schallenergie in Wärmeenergie verstanden. Das Absorptionsvermögen eines Materials wird mit Hilfe des Schallabsorptionsgrads α beschrieben. Dieser ist definiert als das Verhältnis der vom Material absorbierten („geschluckten“) Schallenergie zur auftreffenden Schallenergie. Der Schallabsorptionsgrad α kann theoretisch Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Das bedeutet, dass die auftreffende Schallenergie überhaupt nicht ($\alpha = 0$) beziehungsweise zu 100 Prozent ($\alpha = 1$) absorbiert wird. Bei einem Schallabsorptionsgrad von beispielsweise $\alpha = 0,68$ werden 68 Prozent der auftreffenden Schallenergie absorbiert (siehe Abbildung 6).

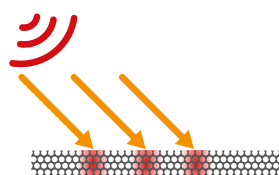
Der Schallabsorptionsgrad für Materialien wird in der Praxis durch international normierte Messverfahren bestimmt. Nach dem sogenannten Hallraumverfahren können auch Schallabsorptionsgrade bis zu Werten um 1,2 ermittelt werden. Auf Grund des Messverfahrens und der Vorgaben für die Durchführung der Messung kann es zur Ermittlung dieser überhöhten Werte (120 Prozent Absorption) kommen.

Der Schallabsorptionsgrad ist eine frequenzabhängige Materialkenngröße. Gemessen wird die Absorptionsfähigkeit von Materialien in Terzbandbreite von 100 Hz bis 5.000 Hz (sogenannte α_s -Werte). Diese werden in der Regel zu Oktavwerten von 125 Hz bis 4.000 Hz (α_p -Werte) verdichtet, auf deren Basis dann die raumakustische Planung erfolgt.

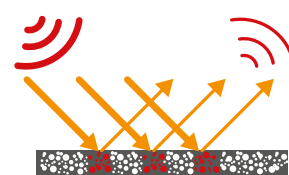
Häufig wird von Materialherstellern der sogenannte bewertete Schallabsorptionsgrad α_w angegeben. Bei diesem handelt es sich um einen vereinfachten Einzahlwert, der für Planungszwecke nicht geeignet ist.



a) Schallabsorptionsgrad $\alpha = 0$
Keine Schallabsorption
Der Schall wird vollständig reflektiert



b) Schallabsorptionsgrad $\alpha = 1$
Vollständige Schallabsorption
Der Schall wird vollständig „geschluckt“



c) Schallabsorptionsgrad $0 < \alpha < 1$
Teilweise Schallabsorption
Der Schall wird teilweise „geschluckt“ und teilweise reflektiert

Abb. 6 Schallabsorption

Bedeutung für die Büroakustik

Grundlage der akustischen Gestaltung von Büroräumen ist die Betrachtung der Nachhallzeit. Da Decke, Wände und Boden, aber auch Fensterflächen und Schrankfronten üblicherweise stark schallreflektierend sind, ist die Nachhallzeit in vielen Büros zu hoch. Um diese zu reduzieren, muss zumindest ein Teil der im Raum befindlichen Oberflächen mit schallabsorbierenden Materialien verkleidet oder gegen solche ausgetauscht werden.

Die Wirkung von Schallschirmen wird darüber hinaus durch ihre Höhe und Platzierung sowie die akustischen Eigenschaften des Raums bestimmt. Nur in gut absorbierenden Umgebungen können Schallschirme ihre Wirksamkeit entfalten.

Bedeutung für die Büroakustik

Als Schallschirme im Bürobereich können Stellwände, Besprechungskabinen, Schränke, Tischaufsätze oder spezielle Abhängungen dienen. In Mehrpersonenbüros sind sie wichtige Gestaltungsmittel, um einzelne Arbeitsplätze, unterschiedliche Arbeitsplatzgruppen sowie Kommunikations- und Arbeitsplatzbereiche voneinander abzugrenzen.

3.8 Schallschirmung

Um eine zu gute Sprachverständlichkeit oder auch zu hohe Pegel des Direktschalls zu reduzieren, können sogenannte Schallschirme eingesetzt werden. Sie unterbrechen die direkte Übertragung des Schalls zwischen zwei dicht benachbarten Arbeitsplätzen.

Um den Schall wirkungsvoll abschirmen zu können, sollten Kerne von Schallschirmen luftundurchlässig sein und ein ausreichend hohes Flächengewicht haben. Damit lässt sich eine ausreichende Schalldämmung realisieren. Zur Vermeidung von Reflexion sollten Schallschirme zusätzlich mit absorbierendem Material an der Oberfläche ausgestattet sein.

Je höher ein Schallschirm ist, umso wirkungsvoller ist er. Bei Tätigkeiten im Sitzen sollte er eine Mindesthöhe von 1,50 Metern aufweisen.

Besonders wirksam sind Schallschirme, wenn sie bündig zu angrenzenden Raumflächen (Boden, Wand) platziert werden und wenn die darüber liegende Decke absorbierend gestaltet ist.

Um den offenen Charakter eines Raumes aufrecht zu erhalten, können Stellwände aus transparenten Materialien eingesetzt werden.

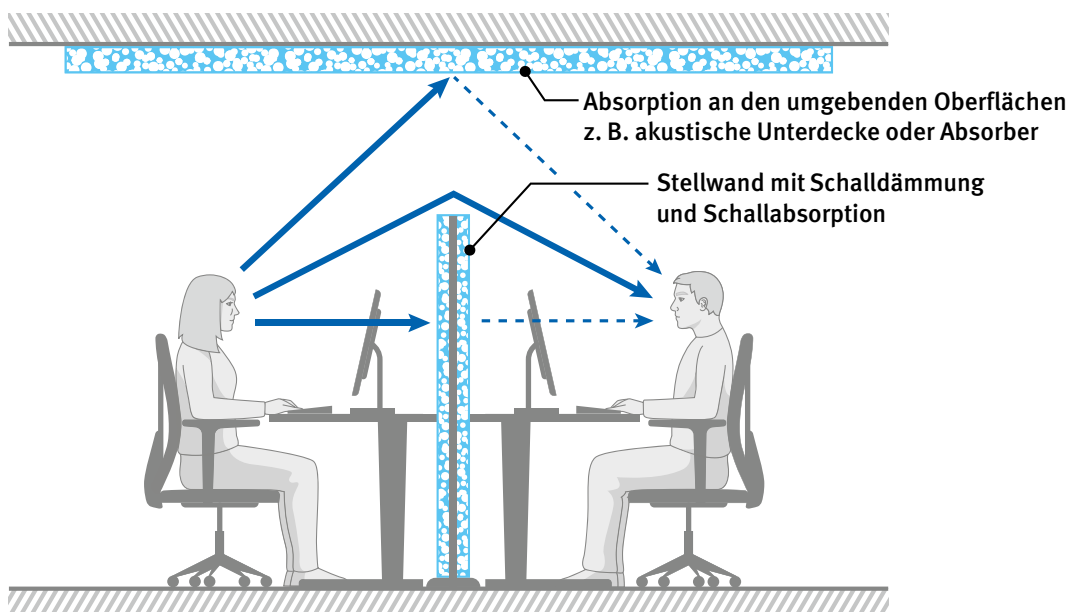


Abb.7 Wirkungweise von Schallschirmen

4 Schallwirkung auf den Menschen

Schall ist zunächst ein wertneutraler Begriff und bezeichnet im allgemeinen Sprachgebrauch ein Ereignis, welches vom Gehör wahrgenommen werden kann. Unerwünschter Schall wird als Lärm bezeichnet und oftmals als Belästigung empfunden. Dabei kann sich die Belästigung einerseits als Störung bei Tätigkeiten, andererseits auch als emotionale Reaktionen wie Ärger und Frustrationen ausdrücken. Im Gegensatz zum Begriff Schall beruht Lärm auf einer subjektiven Bewertung. In einer durch Kommunikation geprägten Arbeitsumgebung ist es vor allem die Hintergrundsprache, die sowohl auf kognitive Leistungen als auch auf Belästigung und physiologische Reaktionen einen negativen Einfluss hat.

Wirkungsweise von Schall

Aurale und extra-aurale Wirkungen

Von einer auralen Wirkung wird dann gesprochen, wenn der Schall einen direkt schädigenden Effekt auf die Sinneszellen des Innenohres hat. Derartige Effekte können erst ab Schalldruckpegeln oberhalb von 80 dB(A) auftreten.

Im Büroumfeld hingegen, kann man in der Regel von geringeren Schallpegeln ausgehen. Diese extra-auralen Schallwirkungen äußern sich unter anderem in physiologischen und psychischen Reaktionen, die einer Stressreaktion entsprechen können.

Relevanter und irrelevanter Schall

Bei der Betrachtung der Schallwirkungen sind kommunikative und konzentrierte Tätigkeiten zu unterscheiden. In Zuhörsituationen wie Besprechungen oder Schulungen ist Sprache im Allgemeinen relevanter Schall. Hier ist eine hohe Sprachverständlichkeit bedeutsam, da verhallte oder undeutliche Sprache eine erhöhte Höranstrengung nach sich ziehen kann.

In Phasen des konzentrierten Arbeitens wird Hintergrundsprache als irrelevanter Schall und somit häufig als Störung empfunden. Im Rahmen von Besprechungen oder Vorträgen wird unerwünschte Hintergrundsprache zu irrelevantem Schall und führt zur Minderung der Sprachverständlichkeit des relevanten Schalls.

Wirkung von Lärm im Büroumfeld

Lärm im Büro kann sich in vielfältiger Form auf den Menschen auswirken: durch subjektiv wahrgenommene Belästigung, durch Einschränkung der Privatsphäre, durch Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit und letztendlich auch durch eine Beeinträchtigung der Gesundheit. Im Folgenden werden Erkenntnisse aus Studien vorgestellt, die sich mit der Wirkung von Lärm auf Personen befassen, die konzentriert arbeiten.

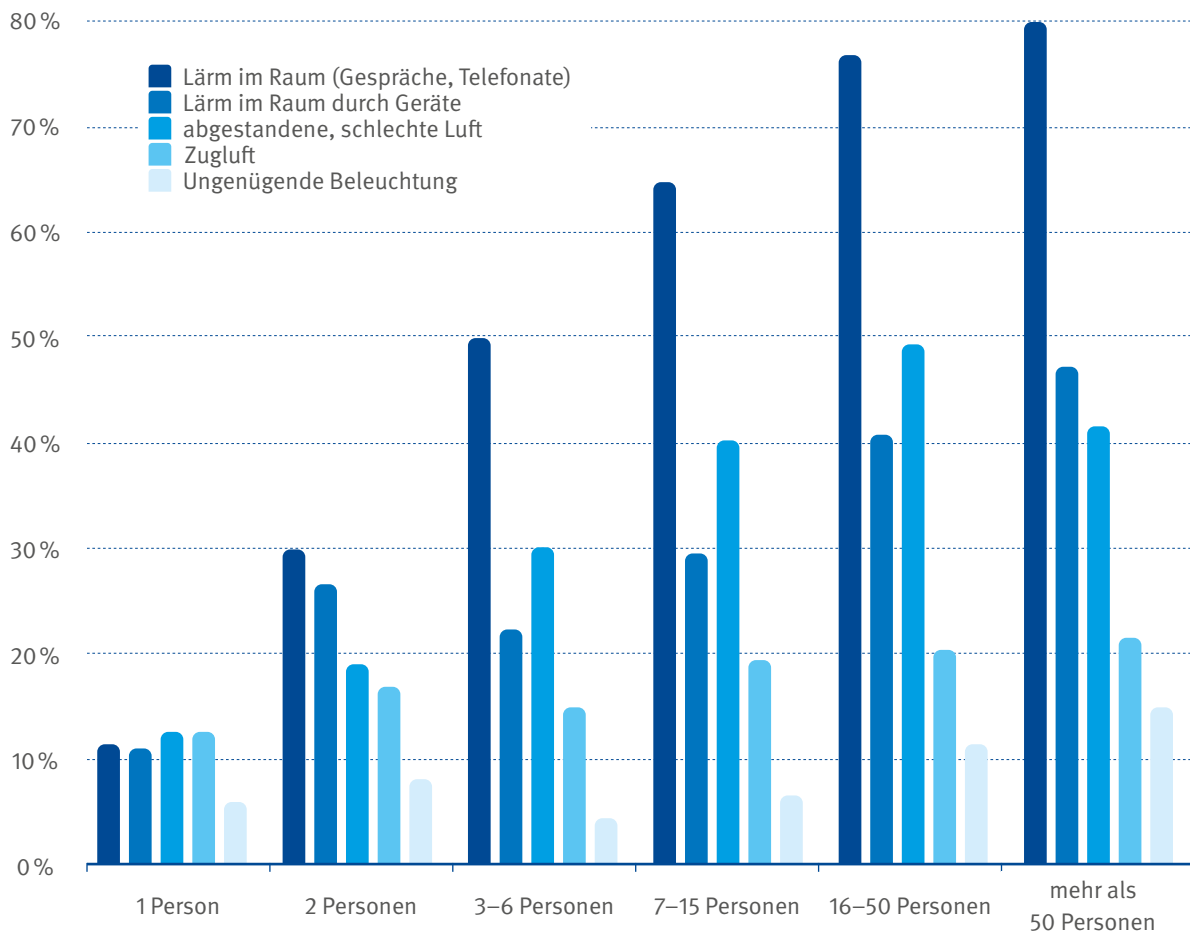
Belästigung und Störwirkungen

Besonders dann, wenn viele Menschen in unmittelbarer Nähe zueinander arbeiten, wie das vor allem in Mehrpersonen- oder Großraumbüros häufig der Fall ist, treten die negativen Wirkungen von Lärm deutlich zutage. Zahlreiche Befragungen und Untersuchungen aus verschiedenen Ländern haben sich mit dieser Problematik beschäftigt. Dabei zeigte sich, dass subjektiv als Lärm empfundener Schall im Vergleich zu Umweltfaktoren wie Temperatur, Luftqualität und Lichtverhältnissen als besonders belästigend empfunden wird. Hauptstörquellen sind Gespräche und Telefonate von anderer Personen, also sprachliche Kommunikation. Dabei wird zwischen der (Un-)Zufriedenheit mit dem Schalldruckpegel und der akustischen Privatsphäre in Bezug auf eigene und fremde Gespräche unterschieden. Mangelnde Privatsphäre gehört zu den häufigsten Ursachen für Unzufriedenheit im Büro. In den meisten Studien zeigte sich zudem, dass die Büroform bzw. die Anzahl der Personen im Büro einen signifikanten Einfluss auf die Belästigung und Störwirkung von Lärm haben. Je mehr Beschäftigte in einem Raum arbeiten, desto höher fallen in der Regel die Beeinträchtigungen aus, vgl. Abbildung 8. Erhebliche Belästigungs- und Störwirkungen sind insbesondere dann zu erwarten, wenn die Büroflächen stark verdichtet werden.

Dabei sind nur etwa 30 % bis 40 % der Belästigungswirkung von Lärm durch technisch-akustische Faktoren erklärbar.

Das Ausmaß der subjektiv empfundenen Belästigung kann durch zusätzliche Einflussfaktoren verstärkt oder vermindert werden, zum Beispiel:

- kulturelle Merkmale oder Persönlichkeitsmerkmale (z. B. Lärmempfindlichkeit)
- situations- oder organisationsbezogene Faktoren wie Art und Schwierigkeit der Arbeitsaufgabe



Prozent Ja-Antworten = Summe der Antwortkategorien «eher oft» (4) und «sehr oft/ständig» (5) auf einer Skala von 1 (nie), 2 (eher selten), 3 (gelegentlich), 4 (eher oft) bis 5 (sehr oft/ständig).

Abb. 8 Auswahl beeinträchtigende Umgebungsfaktoren in Zusammenhang mit der Bürogröße (Quelle: SBiB-Studie, 2010)

- die Möglichkeit, Einfluss auf die Rahmenbedingungen der Arbeit zu nehmen
- das Zusammenspiel der akustischen Situation mit anderen Umgebungsfaktoren, insbesondere der Beleuchtung.

Trotz des Einflusses dieser Faktoren zeigen Interventionsstudien, dass durch kombinierte raumakustische Maßnahmen (z. B. Installation von Schallabsorbern, Schallschirmen und insbesondere Kombinationen hieraus) die Belästigungswirkungen deutlich reduziert werden können. Positive Effekte können zudem durch humanzentrierte Maßnahmen erzielt werden, wie z. B. die Einbeziehung der Beschäftigten bei der Büroraumplanung.

Kognitive Leistungen/Arbeitsleistungen

Lärm im Büro kann auch negative Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Betroffenen haben. Beeinträchtigt werden sowohl elementare Eigenschaften der Kognition wie Aufmerksamkeit, Kurz- und Langzeitgedächtnis sowie das Lernen, als auch ausführende Tätigkeiten, wie das Schreiben von Berichten oder die Arbeitsplanung.

Wie stark die Beeinträchtigung der kognitiven Leistungen durch Lärm im Büro ist, hängt von der Art der ausgeführten Tätigkeit und der Art des Schalls ab. Leichte, routiniertere und vorwiegend praktische Tätigkeiten werden meist

5 Büro- und Nutzungskonzepte

Das Bürokonzept bestimmt die Arbeitsweise für die Beschäftigten und legt fest, ob sie zum Beispiel einzeln, zu zweit oder in Teams im Raum arbeiten oder ob sich mehrere Beschäftigte einen Arbeitsplatz teilen.

Bürokonzepte sind zum Beispiel:

- Einzelbüro¹
- Mehrpersonenbüro¹ (zwei bis sechs Personen)
- Gruppenbüro (bis 25 Personen)
- Kombibüro (besteht in der Regel aus Einzel- und Mehrpersonenbüro sowie Gemeinschaftszonen für Kommunikation, Kopierer, Drucker und ähnliches)
- Großraumbüro (ab 400 m²)
- Open Space Office, Offene Bürolandschaft
- Desk Sharing, Non-territoriales Büro

Um die Arbeit der Beschäftigten im Büro sicher und gesund gestalten zu können, ist eine systematische Planung der Büroräume notwendig. Diese umfasst die Berücksichtigung der Arbeitsaufgaben, der dafür erforderlichen Arbeitsmittel und die Anzahl der dort tätig werdenden Personen. Auf dieser Basis ergibt sich der benötigte Flächenbedarf. Nach ASR A1.2 ist eine Fläche von mindestens 8–10 m² pro Arbeitsplatz vorzusehen. In Großraumbüros erhöht sich dieser Wert auf 12–15 m².

Weitere in der Büroraumplanung zu berücksichtigende Faktoren sind unter anderem die Beleuchtung, das Raumklima und die Raumakustik. Mit Blick auf unterschiedliche Arbeitsaufgaben, wie z. B. Konzentrationstätigkeit oder kommunikationsbasierte Tätigkeiten, kommt der Raumakustik eine besondere Bedeutung zu.

Nachweislich verringern visuelle und akustische Störungen die Produktivität und führen zu einer zusätzlichen Belastung der Beschäftigten. Können durch Schirmungen die visuellen Störungen noch relativ gut beseitigt werden, gelingt dies bei akustischen Störungen nur bedingt. Deshalb ist bereits in der Planung zu berücksichtigen, welche Personengruppen wie zusammenarbeiten und welche Erfordernisse bestehen.



Infobox

Eine auf den Tätigkeiten der Beschäftigten basierende Büroraumplanung ist aus akustischer Sicht notwendig. Das Beachten der Flächen-Richtwerte nach ASR A1.2 ist eine Voraussetzung um eine gute raumakustische Situation schaffen zu können. Größere Abstände zwischen den Arbeitsplätzen wirken sich positiv auf die Akustik aus. Idealerweise werden bereits bei der Planung Reserveflächen für weitere Arbeitsplätze berücksichtigt.

Es ist sinnvoll, die Beschäftigten frühzeitig in die Büroraumplanung und -gestaltung einzubinden. Dies gilt vor allem für die Arbeitsplatzgestaltung. Die Beschäftigten kennen in der Regel die Probleme der konkreten Arbeitsabläufe am besten. Die frühzeitige Einbindung der Beschäftigten in die Planungsphase führt nachweislich zu einer höheren Akzeptanz der Büroräume und somit zu einer höheren Mitarbeiterzufriedenheit.

¹ In der ASR A1.2 „Raumabmessungen und Bewegungsflächen“ werden Einzelbüros und Mehrpersonenbüros auch als Zellenbüros bezeichnet.



Kriterien zur Planung von Bürokonzepten und Raumakustik

- Art der Tätigkeiten, Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel
- Anzahl der Beschäftigten
- Art der Zusammenarbeit (Kommunikationsanforderungen und Konzentrationserfordernisse)
 - Teamarbeit
 - Projektarbeit
 - Gruppenarbeit
 - Einzelarbeit
- Wie müssen die Beschäftigten miteinander kommunizieren
 - im direkten Gespräch
 - in schriftlicher Form (Mail, Chat)
 - kein Informationsaustausch notwendig
 - ...
- Wie müssen Beschäftigte extern kommunizieren
 - Besuch von Kunden oder Beschäftigten aus anderen Standorten
 - telefonische Kommunikation
 - Kommunikation in schriftlicher Form (Mail, Chat)
 - keine externe Kommunikation
 -
- Arbeitsmittel
 - störende Geräusche (Art und Lautstärke, z. B. Drucker, Tonwiedergabe am Bildschirmgerät, Telefonklingeln)
 - Nutzungshäufigkeit und -zeiten
 - ...
- Räumliche Gegebenheiten
 - Grundrisse
 - Gebäudeinfrastruktur (IT-Infrastruktur, Elektroversorgung, Installationen, raumluftechnische Anlagen, ...)
 - Lage des Gebäudes
 - ...

Bei der akustischen Bürokonzeptplanung ist die Art der Zusammenarbeit zwischen einzelnen Beschäftigten zu berücksichtigen. Es ist von Vorteil, nur Personen in einem Büro unterzubringen, deren Arbeitsaufgaben miteinander verknüpft sind. Tätigkeiten mit hohen Kommunikationsanforderungen und Tätigkeiten mit Konzentrationserfordernissen sollten voneinander getrennt werden.

In der Regel ist es bei der Blockbildung (siehe Abbildung 9) in einem Mehrpersonenbüro nicht möglich, die Sprachverständlichkeit so weit herabzusetzen, dass am Gespräch unbeteiligte Personen im Raum durch die Sprachinhalte nicht gestört werden. Zur Vermeidung akustischer Störungen ist es deshalb notwendig, Blöcke nur mit Personen zu besetzen, die miteinander zusammenarbeiten und kommunizieren müssen.



Abb. 9 Beispiele für Blockbildung im Büro (2er-Block und 4er-Block)

Die gleichen Anforderungen sind auch an eine Blockbildung in einem Gruppen- oder Großraumbüro zu stellen. Auch hier ist eine akustische Trennung innerhalb des Blocks kaum möglich. Durch Schirmungen können Zonierungen im Gruppen- oder Großraumbüro erreicht werden, die bis zu einem gewissen Grad zu einer akustischen Trennung einzelner Blöcke führen.



Infobox

Eine auf den Tätigkeiten der Beschäftigten basierende akustische Zonierung ist für die Planung von Großraum- und Mehrpersonenbüros sinnvoll, um sowohl die Privatsphäre des einzelnen Beschäftigten zu schützen, als auch konzentriertes Arbeiten zu ermöglichen.

Personen mit hohen Konzentrationserfordernissen benötigen Arbeitsplätze, an denen sie ungestört arbeiten können. Diese Anforderung kann in Einzelbüros gut erreicht werden. Sollen Beschäftigte in Gruppen- oder Großraumbüros Konzentrationsarbeit verrichten, werden hierfür häufig in die Fläche eingebaute Raum-In-Raum-Lösungen (z. B. Think Tanks) angeboten. Diese sind in der Regel als Arbeitsräume zu betrachten und müssen deshalb eine Mindestfläche von 8 m² aufweisen (Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A1.2 „Raumabmessungen und Bewegungsflächen“).

Moderne Bürokonzepte werden häufig als Open Space Office oder offene Bürolandschaften bezeichnet. Offene Bürolandschaften zeichnen sich dadurch aus, dass verschiedene Funktionsbereiche auf einer zum Teil offen gestalteten Bürofläche zueinander angeordnet sind. Hinsichtlich der Raumakustik sind die zu Gruppen- oder Großraumbüros gemachten Angaben zu berücksichtigen.

Eine weitere Organisationsform ist das Desk Sharing. Bei diesem Bürokonzept sind keine persönlich zugewiesenen Arbeitsplätze verfügbar. Die Beschäftigten können sich nach verschiedenen Konzepten entweder einen Arbeitsplatz reservieren, erhalten bei Ankunft im Büro einen Arbeitsplatz zugewiesen oder nehmen einen der vorhandenen Arbeitsplätze ein. Bei der Planung von Desk-Sharing-Arbeitsbereichen ist es zur Vermeidung von Störungen notwendig, Kommunikations- und Konzentrationsbereiche akustisch zu trennen.



Infobox

Für die erfolgreiche Umsetzung eines gewählten Bürokonzeptes ist die Mitwirkung der Beschäftigten sinnvoll. Damit ein Konzentrationsbereich auch als solcher genutzt werden kann, müssen Verhaltensregeln eingehalten werden. Diese sollten in Zusammenarbeit mit der Belegschaft erarbeitet werden und regelmäßig Bestandteil der Unterweisung sein.

6 Wirkungsweisen von Schallabsorbern

Schallabsorber dienen dazu, die Schallreflexion an Oberflächen zu mindern. Sie wandeln auftreffende Schallenergie teilweise in Wärme um. Dies reduziert die Energie des Schallfeldes im Raum und führt zu geringeren Schalldruckpegeln.

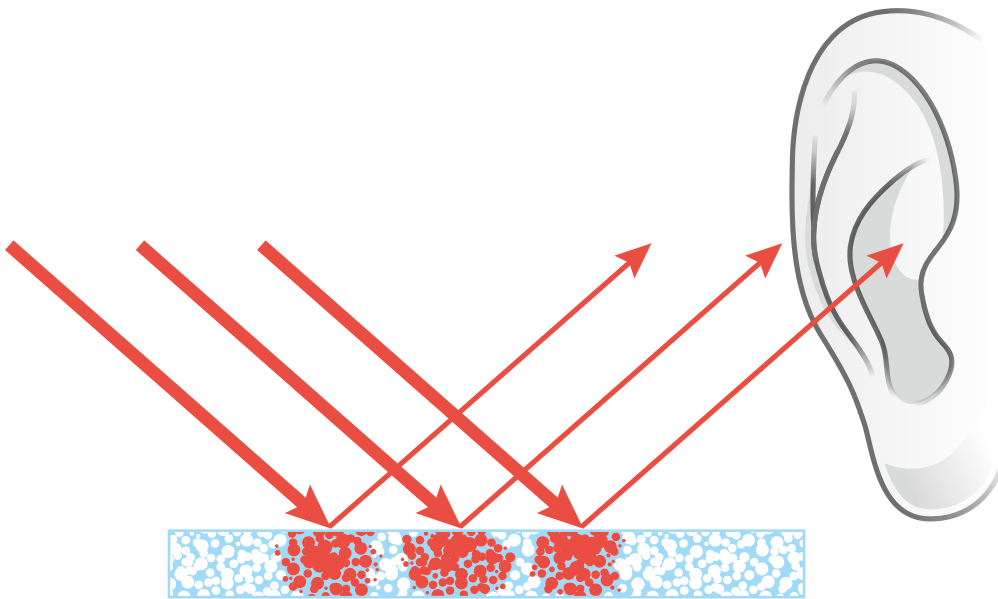


Abb. 10 Umwandlung von Schallenergie

6.1 Poröse Schallabsorber

Trifft Schallenergie auf poröse Stoffe, wird sie in Wärmeenergie umgewandelt. Dabei reiben sich die bewegten Luftteilchen in den Poren des Absorbermaterials. Damit der Schall eindringen und der Reibungsvorgang effektiv ablaufen kann, müssen die Poren offen gegenüber der umgebenden Luft sein.

Dämmstoffe mit geschlossenen Poren sind als Schallabsorber ungeeignet. Das Verschließen der Poren zerstört die Wirkweise poröser Absorber. Werden diese beispielsweise mit Farbe angestrichen, so verringert dies die Absorptionswirkung.

Das Absorptionsverhalten dieser porösen Absorber ist dadurch geprägt, dass der Schallabsorptionsgrad zu den hohen Frequenzen hin zunimmt und das Absorptionsvermögen insbesondere im tief- bis mittelfrequenten Bereich sehr stark von der Dicke des Materials abhängt.

Gängige Materialien sind künstliche Mineralfasern oder offenporige Schaumstoffe.

6.2 Resonanzabsorber

Bei Resonanzabsorbern wird z. B. eine Platte oder Folie in Schwingung versetzt. Die dahinter eingeschlossene Luft dämpft die Schwingung und wirkt damit absorbierend.

Dieses System hat eine sogenannte Eigen- beziehungsweise Resonanzfrequenz. Schall mit einer Frequenz in der Nähe der Eigenfrequenz wird besonders gut absorbiert. Durch den Aufbau des Resonanzabsorbers (z. B. Material, Dicke, Plattengröße, Konstruktionsweise, Abstand zur Wand) kann die Eigenfrequenz abgestimmt werden. Sie wirken schon bei geringer Bautiefe im tief- bis mittelfrequenten Bereich.

Man unterscheidet im Wesentlichen zwischen Loch- oder Schlitzabsorbern, mikroperforierten Absorbern sowie Platten- und Folienabsorbern.

7 Schallabsorptionsmaterialien

7.1 Faserplatten

Unter dem Begriff Faserplatten sind Akustikplatten zusammengefasst, die entweder aus Glas-, Stein- oder aus Holzwolle hergestellt sind. Faserplatten gehören zu den porösen Absorbieren und weisen daher ein breitbandiges Schallabsorptionsvermögen auf. Für die Büroakustik werden Faserplatten häufig als abgehängte Deckenkonstruktion eingesetzt.

Durch die Abhängung von circa 100 mm bis 400 mm und das dadurch eingeschlossene Luftvolumen wird trotz der relativ geringen Dicke (typischerweise 15 mm bis 20 mm) des eigentlichen Absorptionsmaterials eine gute bis sehr gute Schallabsorption über den gesamten Frequenzbereich erreicht.

Faserplatten werden zur Schallabsorption auch als frei im Raum hängende Elemente (horizontal als „Akustiksegel“, vertikal als Baffel) sowie in Schallschirmen und hinter akustisch durchlässigen Verkleidungen eingesetzt.

7.2 Akustikschäume

Akustikschäume sind poröse Absorber und zeichnen sich durch vergleichbare Absorptionseigenschaften wie Faserplatten aus.

Die Einsatzmöglichkeiten von Akustikschäumplatten entsprechen denen von Faserplatten, wobei Akustikschäumplatten deutlich leichter sind. Die Belange des Brandschutzes sind bei Schaumstoffen von besonderer Bedeutung und verhindern gelegentlich den Einsatz.

7.3 Gelochte Gipskartonplatten

Gelochte Gipskartonplatten werden zur schallabsorbierenden Deckengestaltung als abgehängte Unterdecke und auch in Wandmontage eingesetzt. Diese Platten wirken als Resonanzabsorber (siehe Abschnitt 6.2 „Resonanzabsorber“) und absorbieren eher schmalbandig im tief- bis mittelfrequenten Bereich. Durch den Einsatz von porösem Schallabsorptionsmaterial zwischen Paneel und reflektierender Fläche kann die Absorption breitbandig verbessert werden. Das Absorptionsverhalten wird durch das Lochmuster, den Lochanteil, die Auflage bzw. Hinterfüllung der Platte und den Abstand zur reflektierenden Fläche bestimmt.

7.4 Geschlitzte oder perforierte Paneele

Als weitere Form von Resonanzabsorbieren können geschlitzte oder perforierte Paneele aus Holz oder Metall eingesetzt werden. Die akustischen Eigenschaften sind mit denen der gelochten Gipskartonplatten in Abschnitt 7.3 vergleichbar.

7.5 Akustikputz

Akustikputze sind den porösen Absorbieren zu zurechnen. Akustikputze absorbieren bei direkter Montage gut im höheren Frequenzbereich. Die erreichten Schallabsorptionsgrade hängen von der Dicke des Materials ab. Üblicherweise wird Akustikputz bis zu einer maximalen Dicke von 20 mm bis 50 mm aufgetragen.

7.6 Mikroperforierte Schallabsorber

Mikroperforierte Schallabsorber können aus verschiedenen Materialien hergestellt werden. Für die Büroakustik sind besonders optisch transparente mikroperforierte Folien oder auch Platten interessant, da diese vor Fensterflächen oder transparenten Raumteilungen montiert werden können. Damit können Flächen schallabsorbierend gestaltet werden, deren Transparenz und Lichtdurchlässigkeit erhalten bleiben soll.

Mikroperforierte Folien oder Platten können aber auch zur schallabsorbierenden Deckengestaltung – zum Beispiel in Verbindung mit Beleuchtung als Lichtsegel – oder aber zur Herstellung von transparenten Schallschirmen eingesetzt werden.

7.7 Textile Absorber

Textile Absorber in Form von Vorhängen, Teppichen oder auch sonstigen Oberflächen von Einrichtungsgegenständen sind den porösen Absorbern zuzuordnen. Diese absorbieren in der Regel im mittel- und hochfrequenten Bereich. Bei den Vorhängen beeinflussen neben der Materialstruktur auch Abstand und Faltung die Absorptionseigenschaften.

Teppiche wirken im Wesentlichen hochfrequent. Durch spezielle Schichtungen unter der eigentlich sichtbaren Oberfläche kann auch mittelfrequent eine Erhöhung der Absorption erreicht werden. Hier hat sich am Markt der Begriff „Akustikteppiche“ verbreitet.

7.8 Akustik-Vliese

Vliesstoffe aus Polyester oder auch anderen, teilweise recycelten Materialien werden zunehmend als Ersatz für klassische, mineralische Faserplatten oder Akustikschäume verwendet. Diese sind in ihren Schallabsorptionseigenschaften mit klassischen Materialien vergleichbar.

Durch Schichtungen mit verschiedener Dichte im Material können schon bei geringer Aufbaustärke (ca. 50 mm) recht hohe Absorptionswerte im mittel- und hochfrequenten Bereich erreicht werden.

8 Produkte für die akustische Bürogestaltung

Verschiedene Produkte für die akustische Raumgestaltung können an unterschiedlichen Stellen im Büro zum Einsatz kommen – zum Beispiel an der Decke, an den Wänden, als Möbel und andere Einrichtungsgegenstände im Raum. Prinzipiell zu unterscheiden ist die schallabsorbierende und die schallschirmende Wirkung, wobei eine Vielzahl von Produkten sowohl Absorption als auch Abschirmung in den Raum bringt.

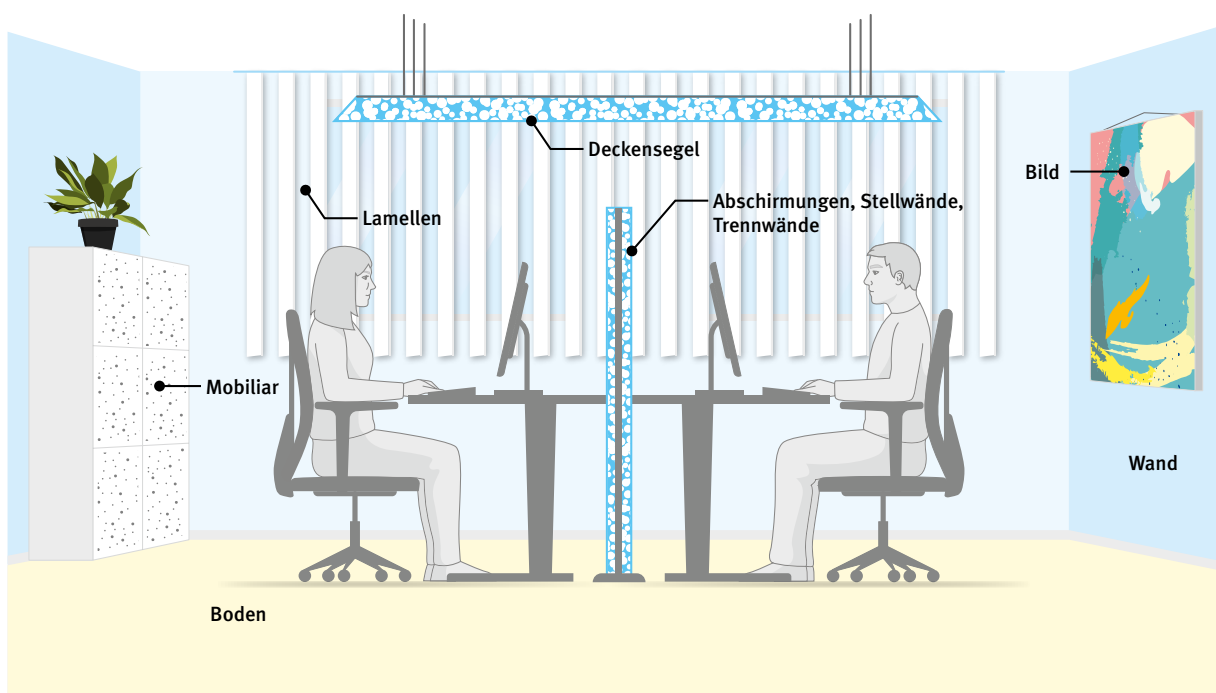


Abb. 11 Beispiele für Schallabsorber und Abschirmungen

Nachfolgend werden unterschiedliche Produkte beschrieben, die so oder in anderer Form im Bürobereich einsetzbar sind. Es werden dazu Produktfotos einiger Hersteller gezeigt. Die Aufzählungen, Darstellungen und Beschreibungen sind Beispiele und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es gibt eine Vielzahl weiterer Produkte verschiedener Hersteller, die als Schallabsorber und als Schallschirme im Büro eingesetzt werden können.

8.1 Decke

8.1.1 Akustikdecken

Zur akustischen Gestaltung von Büroräumen bieten sich aufgrund ihrer großen Fläche und ihrer Schallabsorptionseigenschaften besonders Akustikdecken an. Hier ist eine Vielzahl von Produkten am Markt erhältlich. Sehr weit verbreitet sind Rasterdecken, deren Einlegeplatten in standardisierter Größe aus Mineralwolle, Glaswolle, Steinwolle oder auch gelochtem Gipskarton erhältlich sind.



Abb. 12 Schallabsorbierende Akustikdecke mit Fugen



Abb. 13 Schallabsorbierende Akustikdecke ohne Fugen

Auch Decken ohne sichtbare Fugen (geschlossene Decken) werden als Akustikdecken eingesetzt. Diese sind als abgehängte Decken mit Lochungen oder Schlitzungen am Markt erhältlich oder ohne Abhängung mit akustisch transparent verputzen oder besprühten Akustikplatten gebräuchlich.

8.1.2 Baffeldecken

Nicht immer ist es möglich, die Decke vollständig zu verkleiden. Dann können sogenannte Baffeldecken zum Einsatz kommen. Sie bestehen aus akustisch wirksamen Elementen, die vertikal von der Decke abgehängt sind. Aufgrund ihrer offenen Bauweise sind sie besonders für Büroräume mit thermoaktiven Decken geeignet. Die abgehängten Elemente – Baffeln oder Lamellen genannt – können aus unterschiedlichen Materialien bestehen, zum Beispiel Mineralfaser, Akustikschaum, auch in Kombination mit perforierten Blechen oder Kunststoffoberflächen. Sie werden in unterschiedlichen Höhen, Dicken, Oberflächen und Farben angeboten.



Abb. 14 Schallabsorbierende Baffeldecke



Abb. 15 Detailansicht Baffeldecke

8.1.3 Deckensegel

Deckensegel sind frei im Raum – zum Beispiel über Arbeitsplätzen – in der Regel horizontal abgehängte schallabsorbierende Elemente. Deckensegel werden ebenfalls aus verschiedenen Materialien hergestellt, zum Beispiel aus Gipskartonplatten, textilen Materialien oder mikroperforierten Folien. Sie werden auch mit integrierter Beleuchtung angeboten.



Abb. 16 Schallabsorbierende Deckensegel

8.2 Wand

8.2.1 Schallabsorbierende Wandverkleidungen

Schallabsorbierende Wandverkleidungen bestehen meist aus geschlitzten oder perforierten Paneelen aus Holz, Metall oder anderen Materialien. Neben dieser Loch- bzw. Schlitzplatte ist das eingeschlossene Luftvolumen ausschlaggebend für die schallabsorbierende Wirkung.



Abb. 18 Schallabsorbierende Wandverkleidung



Abb. 17 Schallabsorbierende Deckensegel



Abb. 19 Schallabsorbierende Wandverkleidung

8.2.2 Schalldämmende und -absorbierende Trennwände

Um große Büroeinheiten flexibel gestalten und strukturieren zu können, bietet es sich an, zwischen den jeweiligen Bereichen Trennwände anzuordnen, um so eine Schalldämmung zwischen den so entstehenden Räumen zu erzielen. Viele dieser Systemtrennwände können relativ leicht versetzt werden, wodurch die Räume in Größe und Funktion veränderbar sind. Um für Transparenz zu sorgen und Tageslicht auch in fensterfernen Raumzonen nutzen zu können, können diese Wände teilweise transparent ausgeführt werden. Flächenanteile der Wände können schallabsorbierend ausgeführt sein.



Abb. 20 Schalldämmende und -absorbierende Trennwände



Abb. 21 Schalldämmende und -absorbierende Trennwände

8.3 Einrichtung

8.3.1 Schallabsorbierende Möbeloberflächen

Möbeloberflächen wie zum Beispiel Schranktüren, Seiten- und Rückwände können schallabsorbierend gestaltet sein. Schallabsorbierende Möbeltüren und Rollläden bestehen meist aus gelochten oder geschlitzten Materialien, die mit schallabsorbierenden Schichten und/oder Vliesen hinterlegt sind. Seiten- und Rückwände werden in der Regel mit schallabsorbierenden Materialien belegt.



Abb. 22 Schallabsorbierende Möbeloberflächen

8.3.2 Stellwände

Stellwände können sowohl eine schallschirmende als auch eine schallabsorbierende Wirkung haben.

Damit Stellwände eine schallschirmende Wirkung haben, sollte sich eine schalldämmende Lage mit einer flächenbezogenen Mindestmasse von 10 kg/m^2 im Inneren der Stellwand befinden. Außerdem müssen sie in Höhe und Breite ausreichend dimensioniert sein (siehe Abschnitt 3.8).

Um zusätzlich eine schallabsorbierende Wirkung zu erzielen, können Stellwände ein- oder beidseitig mit einer geeigneten Auflage belegt sein. Stellwände können auch transparent oder transluzent sein und beispielsweise aus mikroperforierten Folien, Kunstglas oder Wabenstrukturen bestehen.



Abb. 23 Schallabsorbierende und schallschirmende Stellwände



Abb. 24 Schallabsorbierende und schallschirmende Stellwände

8.3.3 Sitzmöbel

Auch Sitzmöbel wie zum Beispiel Loungemöbel und andere größere Ensembles können zur Schallabsorption und bei entsprechender Gestaltung zur Schallabschirmung beitragen.



Abb. 25 Schallabsorbierendes Sitzmöbel



Abb. 26 Schallabsorbierendes Sitzmöbel mit schallschirmender Wirkung

8.4 Boden

8.4.1 Bodenbeläge

Bodenbeläge wie zum Beispiel Teppichboden und Linoleum reduzieren insbesondere den Schall, der beim Gehen entsteht. Außerdem können sie zur Trittschalldämmung zwischen den Räumen innerhalb eines Gebäudes beitragen.

Zur akustischen Gestaltung innerhalb des Raumes tragen besonders textile Bodenbeläge bei, da sie porös sind. Inzwischen werden Teppiche mit speziellen Akustikrücken ausgestattet, um die schallabsorbierende Wirkung zu erhöhen. Bei der Auswahl solcher Bodenbeläge sollte auch auf die Eignung für Rollstühle, Rollatoren und andere Gehhilfen geachtet werden.



Abb. 27 und 28 Schallabsorbierender Bodenbelag, gleichzeitig Geh- und Trittschallminderung

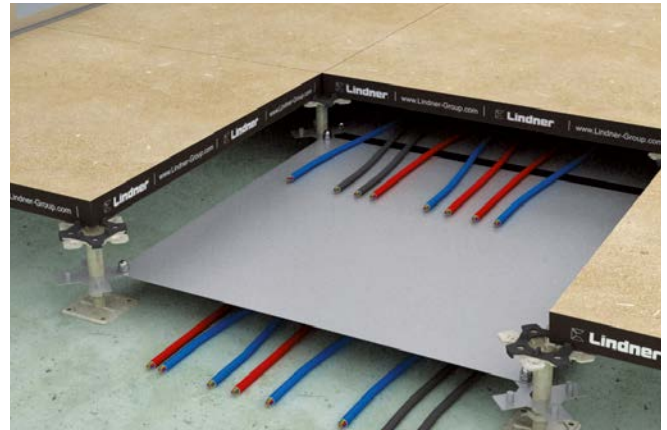


Abb. 29 und 30 Schallabsorbierende, geh- und trittschallmindernde Bodenaufbauten



Abb. 31 Schallabsorbierende transparente Akustikfolien vor Glas

8.4.2 Bodenaufbauten

Aufgeständerte Bodensysteme können tieffrequenten Schall absorbieren. Um die schallabsorbierende Wirkung eines Hohlraum- oder Doppelbodens zu erhöhen, werden die Oberflächen der Bodensysteme gelocht. In Kombination mit akustisch abgestimmten Bodenbelägen wie Teppichen wird der Boden zum breitbandig wirksamen Schallabsorber.

8.5 Weitere Elemente und Materialien in Büros

Große Fensterfronten und andere Glasflächen reflektieren als schallharte Flächen den größten Teil des Schalls. Durch Anbringung mikroperforierter Akustikfolie in geeignetem Abstand zur Glasfläche kann Schall absorbiert werden. Sie wird transparent oder transluzent und bedruckbar angeboten. Transluzente Akustikfolien finden zudem als Lichtdecken oder -segel Einsatz. Akustikfolien eignen sich auch zur nachträglichen akustischen Optimierung von Räumen.



Abb. 32 Schallabsorbierende und schalldämmende Textilien



Abb. 34 Schallabsorbierende Deckenleuchte



Abb. 33 Schallabsorbierende und schalldämmende Textilien



Abb. 35 Schallabsorbierende Licht-Klima-Akustik-Decke

Akustisch wirksame Textilien vor schallharten Flächen können zur Verbesserung der Raumakustik beitragen. Diese müssen in einem geeigneten Abstand zur Oberfläche (zum Beispiel der Fensterfront) angebracht werden. Vorhänge können auch zur flexiblen Zonierung von Räumen eingesetzt werden. Um eine schallschirmende Wirkung zu erzielen, müssen schwere oder mehrlagige Systeme eingesetzt werden.

Beleuchtungselemente und thermisch aktivierte Decken können in Kombination mit schallabsorbierenden Materialien einen Beitrag zur akustischen Gestaltung von Büros leisten.

9 Beispiele

Im folgenden Kapitel werden beispielhaft unterschiedliche Bürokonzepte dargestellt. Schwerpunkt sind die Akustikplanung und die Prognose der Schallausbreitung in diesen Räumen. Je nach Bürotyp ist die Berücksichtigung der einen oder anderen Messgröße von höherer Bedeutung und wird im jeweiligen Beispiel deutlich gemacht. Die vorgestellten Maßnahmen sind als Beispiele zu betrachten und können bei der Planung eigener Räumlichkeiten erste Anhaltspunkte liefern, ersetzen jedoch keine individuelle Planung unter Berücksichtigung aller Innenraumfaktoren.

In den folgenden Beispielen wird die Schallausbreitung in den verschiedenen Büroräumen in unterschiedlichen Varianten dargestellt. Die Varianten werden für jedes Bürokonzept genau beschrieben. Der angesetzte Sprecherpegel ist in allen Simulationen identisch und entspricht der „angehobenen männlichen Sprache“ nach Pearsons et al. (1977):

Tabelle 1 Oktavbandspektrum und A-bewerteter Schalldruckpegel in 1m Entfernung für „angehobene männliche Sprache“ nach Pearsons et al. (1977).

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	$L_{pA,1m}$
L_f [dB]	53,1	59,2	63,5	58,5	53,5	48,7	42,8	63,6

Auf Basis von real ermittelten Fremdgeräuschpegeln wird für die Büroräume ein mittlerer Fremdgeräuschpegel von 38,3 dB(A) zugrunde gelegt (Spektrum siehe Tabelle 2). Der Fremdgeräuschpegel für die Simulation des Konferenzraums wird aufgrund der höheren Anforderungen für die Sprachverständlichkeit im gesamten Raum auf 35,2 dB(A) herabgesetzt.

Tabelle 2 Fremdgeräuschpegel für die Simulation der Büroräume und des Konferenzraums.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	L_{pA}
Büro [dB]	41,6	36,6	31,8	30,8	30,1	30,4	31,5	38,3
Konferenz [dB]	40,1	35,7	29,6	28,0	25,8	26,1	28,0	35,2

Die Schallabsorptionsgrade für die Berechnung einer eingebrachten Akustikdecke sowie für Stellwände werden dem Anhang G der DIN 18041 entnommen und zusammen mit einigen typischen Absorptionswerten in Tabelle 3 angegeben:

Tabelle 3 Schallabsorptionswerte α für verschiedene Materialien, die in den anschließenden Simulationen Verwendung finden. Absorptionswerte nach Anhang G der DIN 18041

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Akustikdecke	0,50	0,65	0,70	0,65	0,60	0,70
Akustik-Deckensegel	0,15	0,40	0,56	0,66	0,68	0,63
Stellwand/Aufsatzschirm	0,11	0,36	0,69	0,95	0,81	0,70
Holzwole auf Wand	0,08	0,17	0,70	0,71	0,64	0,64
Melaminharz-Schaumstoff	0,12	0,31	0,66	0,86	0,87	0,92
Tür	0,10	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
Fenster	0,28	0,20	0,11	0,06	0,03	0,02
Teppichboden	0,02	0,04	0,07	0,19	0,29	0,35
Beton	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05

Nachfolgend werden die berechneten Werte für den Schalldruckpegel am Arbeitsplatz, die daraus resultierenden Beurteilungspegel nach ASR A3.7, die Nachhallzeit in den Oktavbändern von 125 Hz bis 4.000 Hz sowie der STI (male) angegeben. Der STI (male) hält zumeist höhere Werte vor und stellt für die Bürosituationen somit die höchste anzunehmende Störung dar.









35 <	
40 <	
45 <	
50 <	
55 <	
60 <	
65 <	
70 <	

Abb. 36
Farblegende für die Schallausbreitungsberechnung (Werte in dB(A))

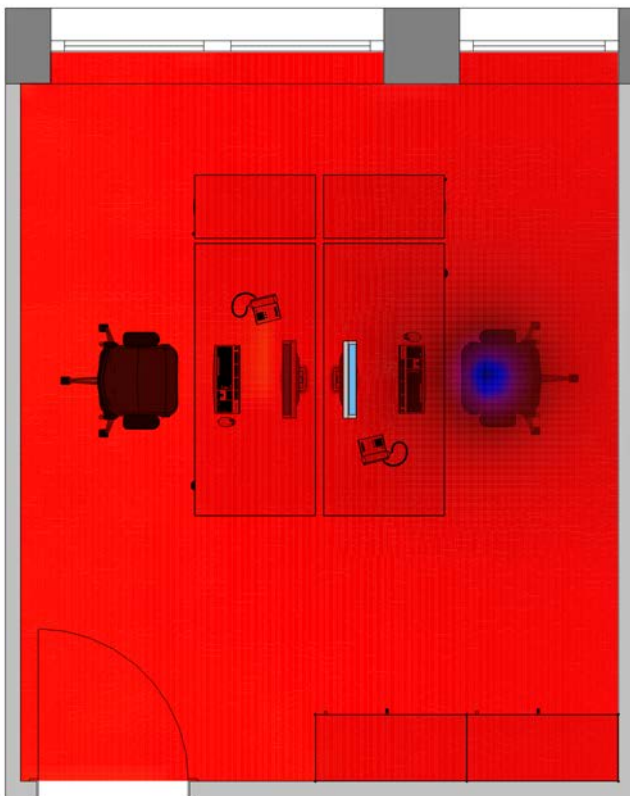
9.1 Zweipersonenbüro



In diesem Büro sind zwei Beschäftigte untergebracht. Die Anforderungen nach ASR A3.7 sehen vor, dass eine Nachhallzeit von 0,8 s in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2.000 Hz nicht überschritten werden soll. Es wird angenommen, dass einer der Beschäftigten konzentriert arbeitet und diese Arbeit Tätigkeitsmerkmale aufweist, bei denen der Beurteilungspegel von höchstens 55 dB(A) einzuhalten ist. Die andere Person führt Telefonate, die für die Tätigkeit des konzentriert Arbeitenden irrelevant sind.

Variante 1

In der Ausgangssituation verfügt der Raum über einen Teppich. Alle übrigen Begrenzungsflächen sind schallhart.



35 <	Green
40 <	Dark Green
45 <	Yellow
50 <	Grey
55 <	Orange
60 <	Red
65 <	Dark Red
70 <	Blue

Abb. 38

Rechts: Telefonat, links: konzentriertes Arbeiten. Schallausbreitung im Büro nach Variante 1

Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des konzentriert arbeitenden Beschäftigten durch das Telefonat: **60 dB(A)**

Beurteilungspegel L_r am Arbeitsplatz (Zuschlag 6 dB nach ASR A3.7): **66 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,59**

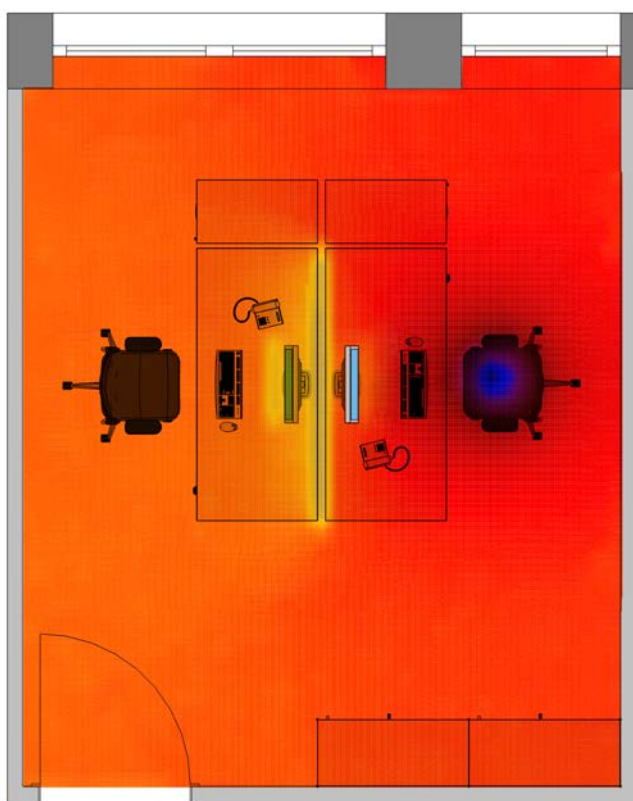
Tabelle 4 Berechnete Nachhallzeit für das Zweipersonenbüro Variante 1.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	1,3	1,2	1,2	0,9	0,7	0,6

Die Nachhallzeit und der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz überschreiten die Vorgaben nach ASR A3.7. Dies ist eine akustisch unzureichende Situation für beide Beschäftigte.

Variante 2

In das Büro wird zusätzlich zum Teppichboden eine 1,6 m hohe und der Tischbreite (1,6 m) entsprechende Stellwand zwischen den Beschäftigten aufgestellt.



35 <	Grün
40 <	Dunkelgrün
45 <	Gelb
50 <	Grau
55 <	Orange
60 <	Rot
65 <	Dunkelrot
70 <	Blau

Abb. 39
Schallausbreitung im Büro
nach Variante 2

Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des konzentriert arbeitenden Beschäftigten durch das Telefonat: **57 dB(A)**

Beurteilungspegel L_r am Arbeitsplatz
(Zuschlag 6 dB nach ASR A3.7): **63 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,63**

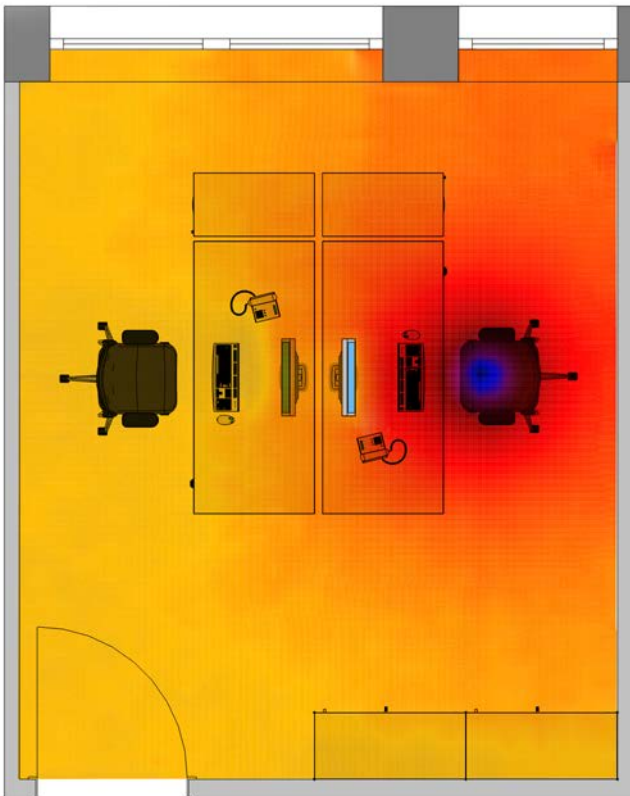
Tabelle 5 Berechnete Nachhallzeit für das
Zweipersonenbüro Variante 2.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5

Die Nachhallzeit im Oktavband von 250 Hz und der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz überschreiten die Vorgaben nach ASR A3.7. Die Stellwand ist aufgrund der unzureichenden sonstigen raumakustischen Ausstattung nicht ausreichend wirksam.

Variante 3

Zusätzlich zum Teppichboden wird die Decke vollflächig mit einem akustisch wirksamen Material belegt.



35 <	Grün
40 <	Dunkelgrün
45 <	Gelb
50 <	Grau
55 <	Orange
60 <	Rot
65 <	Dunkelrot
70 <	Blau

Abb. 40
Schallausbreitung im Büro nach Variante 3

Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des konzentriert arbeitenden Beschäftigten durch das Telefonat: **55 dB(A)**

Beurteilungspegel L_r am Arbeitsplatz (Zuschlag 6 dB nach ASR A3.7): **61 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,68**

Tabelle 6 Berechnete Nachhallzeit für das Zweipersonenbüro Variante 3.

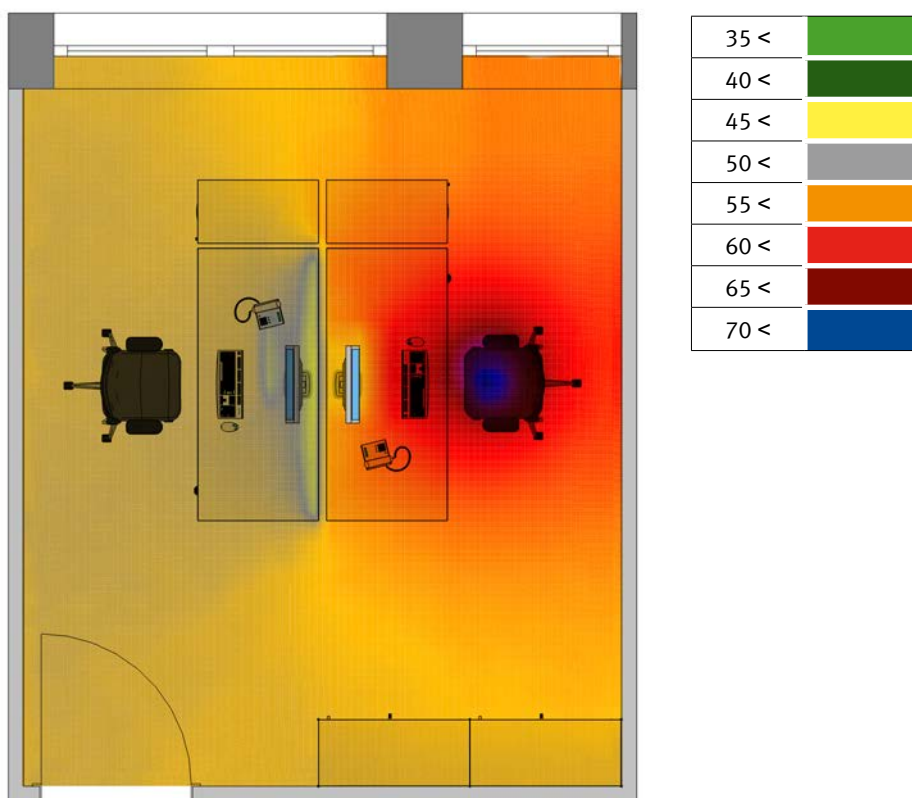
f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3

Die Nachhallzeit stimmt mit den Vorgaben der ASR A3.7 überein. Der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz überschreitet die Vorgaben nach ASR A3.7.

Wenn beide Personen im Büro konzentriert arbeiten, ist das Büro akustisch ausreichend. Durch das Telefonat der zweiten Person wird der Beurteilungspegel für konzentrierte Tätigkeiten überschritten.

Variante 4

Eine Kombination der Varianten 2 und 3: Die Stellwand wird in den Raum mit Akustikdecke eingebracht.



Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des konzentriert arbeitenden Beschäftigten durch das Telefonat: **53 dB(A)**

Beurteilungspegel L_r am Arbeitsplatz
(Zuschlag 6 dB nach ASR A3.7): **59 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,68**

Tabelle 7 Berechnete Nachhallzeit für das Zweipersonenbüro Variante 4.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3

Die Nachhallzeit stimmt mit den Vorgaben der ASR A3.7 überein. Der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz überschreitet die Vorgaben nach ASR A3.7. Zwar konnte der Wert um 2 dB(A) gesenkt werden, jedoch bleibt der Sprachübertragungsindex unverändert. Die Sprachverständlichkeit ist für konzentriertes Arbeiten zu hoch. Wie bereits in Kapitel 5 erwähnt ist es von Vorteil, nur Personen in einem Büro unterzubringen, deren Arbeitsaufgaben miteinander verknüpft sind. Idealerweise sollten deshalb beide Personen in diesem Büro konzentriert arbeiten und Telefonate miteinander abgestimmt durchführen.

9.2 Mehrpersonenbüro mit fünf Arbeitsplätzen



Abb. 42 3D-Ansicht des Mehrpersonenbüros mit fünf Arbeitsplätzen

In diesem Büro sind fünf Beschäftigte untergebracht. Die Anforderungen nach ASR A3.7 sehen vor, dass eine Nachhallzeit von 0,6 s in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2.000 Hz nicht überschritten werden soll. Im Büro befinden sich zwei Teams. Während Team 1 aus drei Beschäftigten besteht und kommunikativ arbeitet und die Inhalte der Gespräche des jeweils anderen Beschäftigten des eigenen Teams für die eigene Arbeit relevant sind, sollen die beiden Beschäftigten aus Team 2 ihrer konzentrierten Arbeit nachgehen. Die Kommunikationsinhalte von Team 1 sind für Team 2 irrelevant.

Eine einzelne sprechende Person verursacht hinsichtlich Sprachverständlichkeit die höchste Störwirkung. Sprechen mehrere Personen gleichzeitig aus einer Richtung, kann durch Überlagerung von verschiedenen Telefonate oder Gespräche die Störwirkung sogar sinken.

Es wird deshalb angenommen, dass nur die zu Team 2 nächstliegende Person spricht.

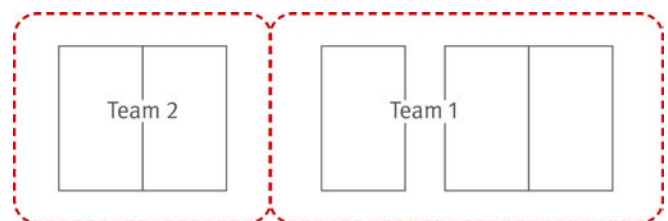


Abb. 43 Teamaufteilung im Fünfer-Büro; schematische Draufsicht, nur Tische dargestellt, Fensterfront oben

Variante 1

In dieser Darstellung befindet sich in dem Raum das Mobiliar und ein aufgesetzter Schallschirm auf dem Sideboard zwischen beiden Teams. Alle übrigen Flächen sind schallhart. Das Sideboard hat mit Schallschirm eine Gesamthöhe von 1,8 m.

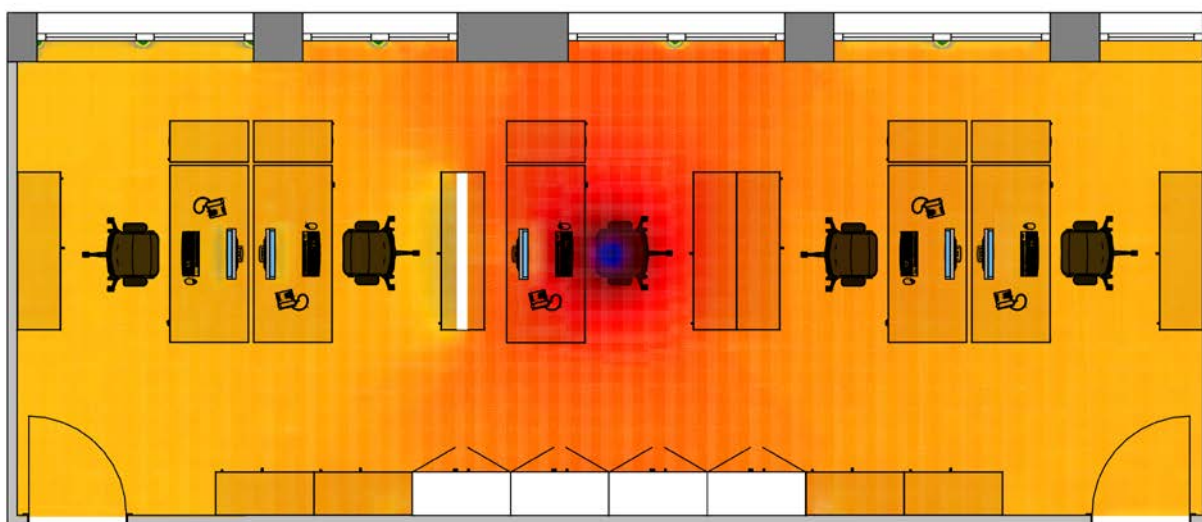


Abb. 44 Schallausbreitung im Büro nach Variante 1



Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des nächstliegenden konzentriert arbeitenden Beschäftigten: **55 dB(A)**

Beurteilungspegel L_r am Arbeitsplatz
(Zuschlag 6 dB nach ASR A3.7): **61 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,51**

Tabelle 8 Berechnete Nachhallzeit für das Mehrpersonenbüro Variante 1.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	0,9

Die Nachhallzeit und der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz überschreiten die Vorgaben nach ASR A3.7.

Auch wenn durch die Stellwand eine visuelle Trennung gegeben ist, entsteht keine akustische Trennung der beiden Teams voneinander. Die relativ niedrige Sprachverständlichkeit lässt sich auf die lange und unzureichende Nachhallzeit zurückführen. Dies führt zum Lombardeffekt im Büro und lässt den Schalldruckpegel bei mehreren sprechenden Personen weiter ansteigen.

Variante 2

Der Büroraum aus Variante 1 verfügt in diesem Beispiel über einen Teppichboden und eine thermisch aktivierte Betondecke mit Akustiksegeln.

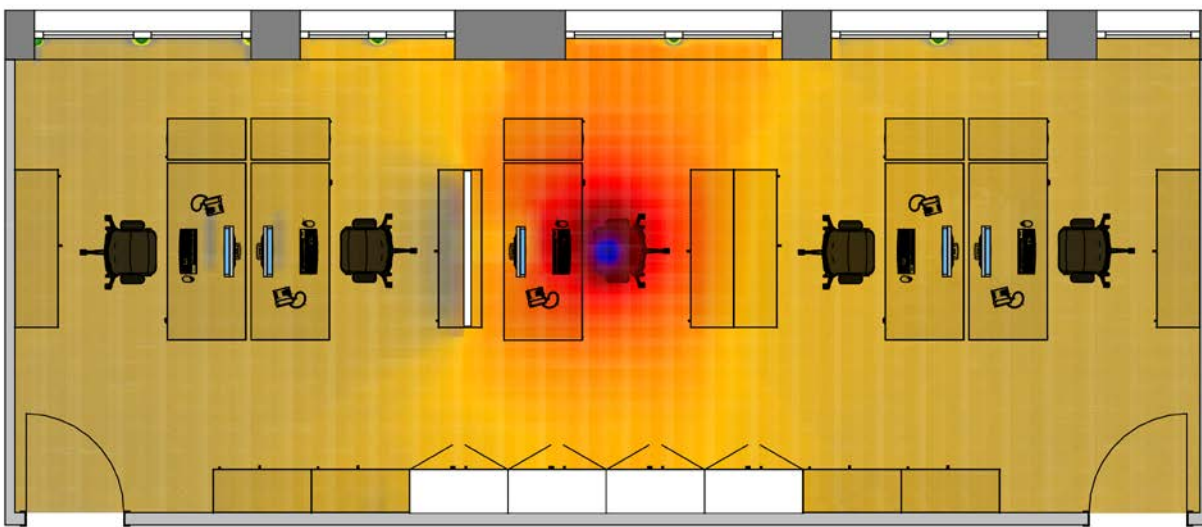
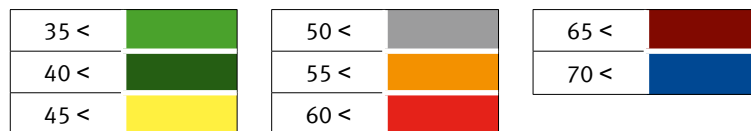


Abb. 45 Schallausbreitung im Büro nach Variante 2



Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des nächstliegenden konzentriert arbeitenden Beschäftigten: **53 dB(A)**

Beurteilungspegel L_r am Arbeitsplatz (Zuschlag 6 dB nach ASR A3.7): **59 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,58**

Tabelle 9 Berechnete Nachhallzeit für das Mehrpersonenbüro Variante 2.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	1,3	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5

Die Nachhallzeit überschreitet die Vorgaben nach ASR A3.7 in allen Oktavbändern bis auf das 2.000 Hz Oktavband. Der Beurteilungspegel überschreitet die Vorgaben nach ASR A3.7. Weiterhin ist davon auszugehen, dass bei mehreren sprechenden Personen der Schalldruckpegel weiter ansteigt.

Bei thermisch aktivierten Decken kann durch die Nutzung von weiteren Absorbern beispielsweise an Wänden oder akustisch wirksame Möbeloberflächen eine akzeptable Nachhallzeit erreicht werden. Insbesondere bei solchen Konstellationen müssen die Faktoren Klima, Beleuchtung und Akustik Hand in Hand geplant und durch Spezialisten von Beginn an begleitet werden.

Variante 3

Der Büroraum aus Variante 1 wird mit einer vollflächigen Akustikdecke und einem Teppich ausgestattet.

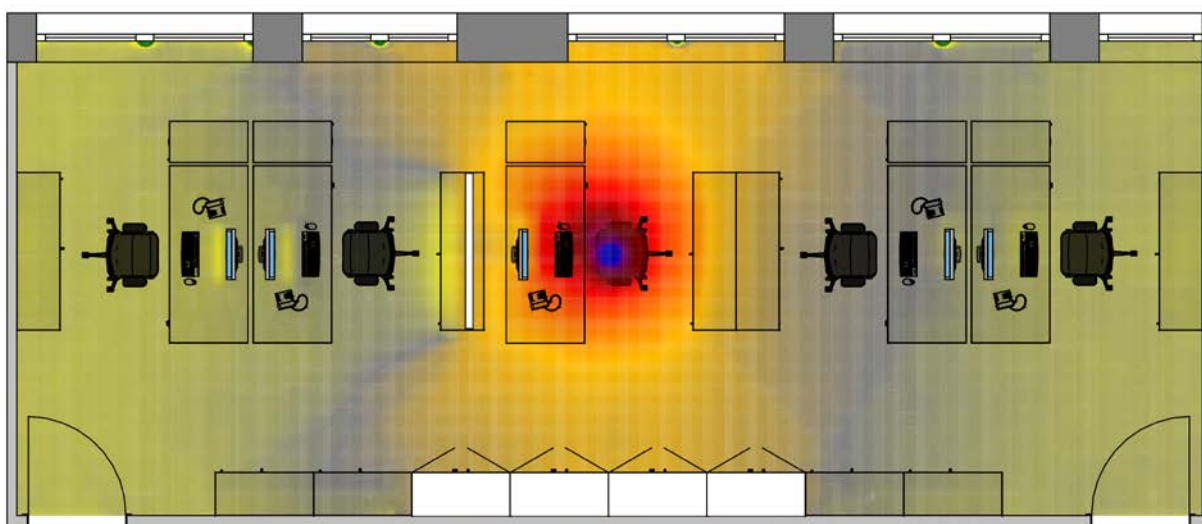
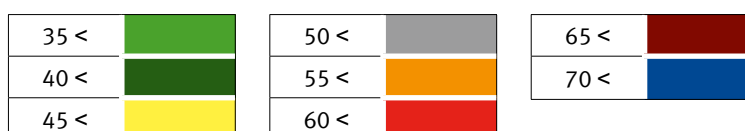


Abb. 46 Schallausbreitung im Büro nach Variante 3



Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des nächstliegenden konzentriert arbeitenden Beschäftigten: **49 dB(A)**

Beurteilungspegel L_r am Arbeitsplatz
(Zuschlag 6 dB nach ASR A3.7): **55 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,61**

Die Nachhallzeit entspricht den Vorgaben der ASR A3.7. Der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz hält die Vorgaben nach ASR A3.7 ein. Dennoch ist davon auszugehen, dass die Beschäftigten im Zweierteam auf Grund der hohen Sprachverständlichkeit bei ihrer konzentrierten Tätigkeit gestört werden. Um diese Situation zu verbessern, sind weitere raumakustische Maßnahmen erforderlich.

Tabelle 10 Berechnete Nachhallzeit für das Mehrpersonenbüro Variante 3.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4

Variante 4

Um die Teams wirksam voneinander zu trennen, wird eine massive, deckenhohe, mit Absorptionsmaterial belegte Wand eingebaut. Die Grundausstattung des Raums entspricht Variante 3 (Akustikdecke und Teppich). Der Aufsatzschirm wird vom Sideboard entfernt.

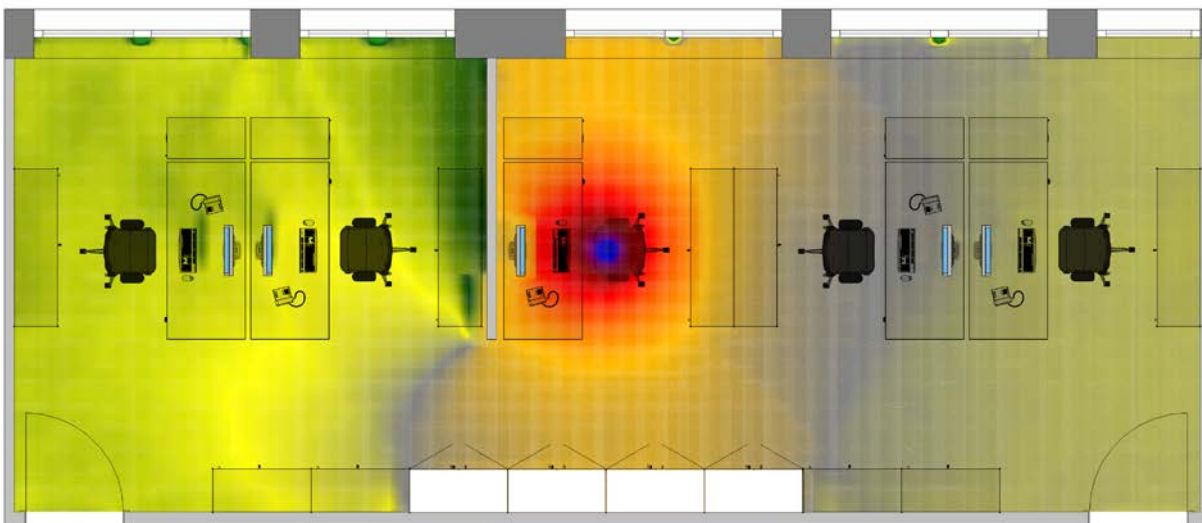


Abb. 47 Schallausbreitung im Büro nach Variante 4



Schalldruckpegel am Arbeitsplatz des nächstliegenden konzentriert arbeitenden Beschäftigten: **45 dB(A)**

Beurteilungspegel L_r am Arbeitsplatz (Zuschlag 6 dB nach ASR A3.7): **51 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,50**

Tabelle 11 Berechnete Nachhallzeit für das Mehrpersonenbüro Variante 4.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3

Die Nachhallzeit und der Schalldruckpegel entsprechen den Vorgaben nach ASR A3.7. Der Sprachübertragungsindex von 0,5 beschreibt eine vergleichsweise geringe Störung durch Sprache.

Durch bauliche Trennung und gute raumakustische Ausstattung können zwei nahe beieinander befindliche Teams verschiedenen Tätigkeiten nachgehen.

9.3 Open Space Office



Abb. 48 3D-Ansicht Open Space Office mit 28 Arbeitsplätzen

In diesem Büro sind 28 Arbeitsplätze auf ca. 344 m² mit mehreren Kommunikationsbereichen in der Mitte eingerichtet. Hinzu kommt eine ausreichende Anzahl von Schränken und Regalen. An jedem Arbeitsplatz befindet sich ein Rollcontainer mit einer Höhe von 1,2 m. Die Anforderungen nach ASR A3.7 sehen vor, dass eine Nachhallzeit von 0,6 s in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2.000 Hz nicht überschritten werden soll. Diese Anforderungen werden in der Akustik-Simulation nach Einbau einer vollflächigen Akustikdecke, einem Teppich sowie akustisch wirksamer Kommunikations- und Rückzugsbereiche (entsprechend einer Absorption von Melaminharz-Schaumplatten) in allen folgend dargestellten Varianten erreicht.

Eine der Tätigkeit angepasste Zonierung der Arbeitsbereiche und entsprechende akustische Gestaltung sollte vorgesehen werden. So arbeiten in diesem Büro sechs Funktionseinheiten, die in Abbildung 49 dargestellt werden. Dabei sollen sich die Teams jeweils gegenseitig nicht stören, untereinander aber eine gute Hörsamkeit erreichen.

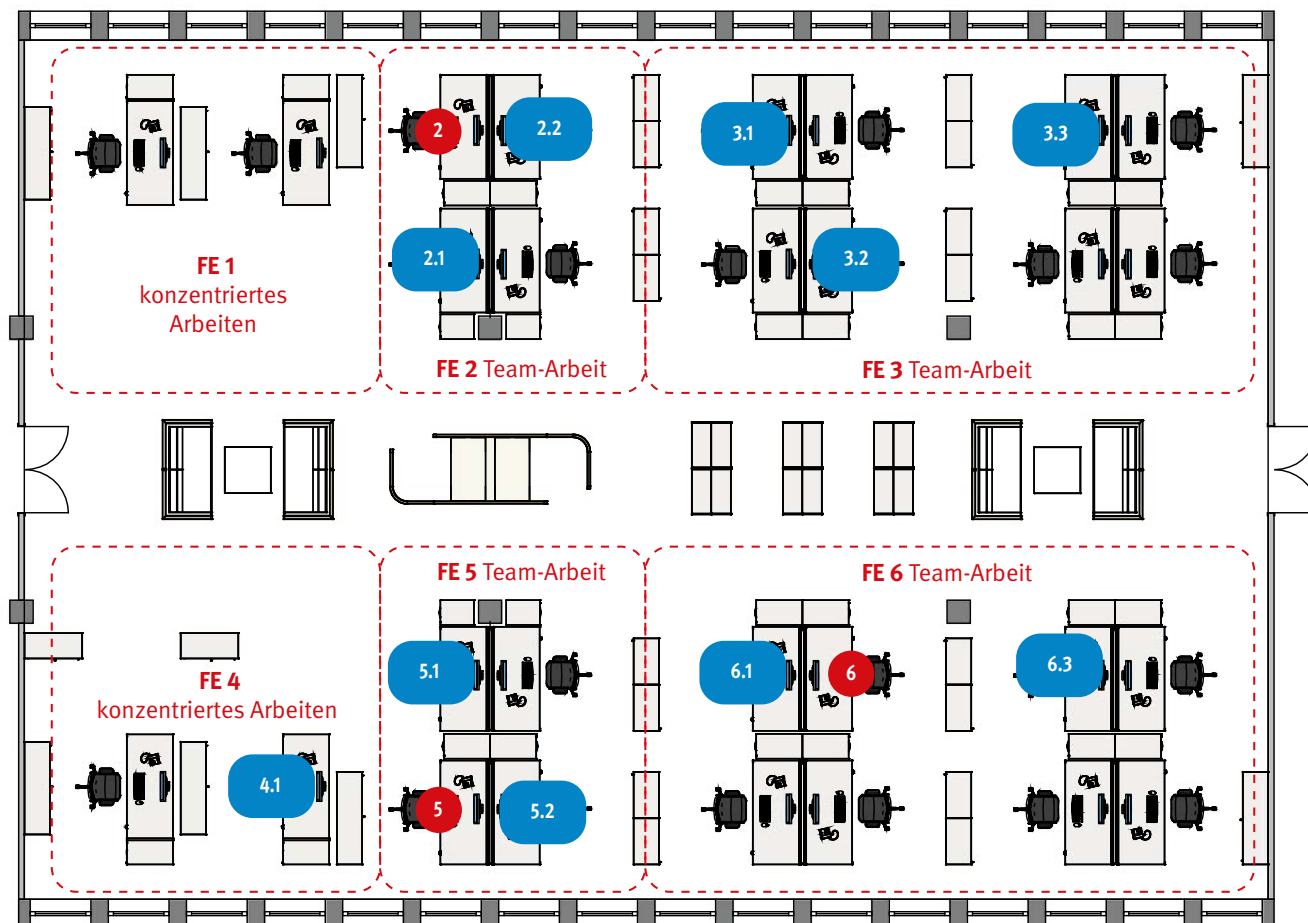


Abb. 49 Grundriss des Open Space Büros mit Einteilung in Funktionseinheiten (FE) sowie der zugehörigen Art der Tätigkeit. Zahl in Rot gibt die Sprecherposition für die Berechnung an. Zahlen in blauen Kästen geben die Empfängerpositionen für die Berechnungen an.

Nachfolgend werden in den einzelnen Varianten Tabellen für die Nachhallzeit, den Schalldruckpegel und den STI angegeben. Diese Tabellen gehen von den sprechenden Personen in den einzelnen Funktionseinheiten (FE 2, FE 5 und FE 6) aus. Die angegebenen Schalldruckpegel können, wie in den Beispielen zuvor, mit einem Zuschlag von 6 dB zu einem Beurteilungspegel berechnet werden. So ist der Beurteilungspegel aber nur dann von Interesse, wenn es sich um Sprache aus einer anderen Funktionseinheit als der der jeweiligen sprechenden Person handelt und somit *kein* Eigengeräusch darstellt. Daher sind in

den Tabellen die Schalldruckpegel für die eigenen Funktionseinheiten nicht angegeben. Die Einhaltung des Beurteilungspegels für die Tätigkeitskategorie I ($L_p \leq 55$ dB(A)) und somit ein Schalldruckpegel von weniger als 49 dB(A)) wird in der jeweiligen Schalldruckpegel-Tabelle als grüne Zahl gekennzeichnet. Ebenfalls ist innerhalb der eigenen Funktionseinheit eine hohe Sprachverständlichkeit ($STI \geq 0,75$) gewünscht, während zwischen den Funktionseinheiten die Sprachverständlichkeit gering sein sollte (STI möglichst $< 0,5$, grün gekennzeichnet).

Variante 1

In dieser Ausführung ist der Raum grundlegend akustisch gut ausgestattet. Es gibt eine Akustikdecke und einen Teppich. Die Funktionseinheiten werden zwar bereits organisatorisch voneinander getrennt, allerdings fehlt es an einer akustisch sinnvollen Raumteilung und Zonierung. Es sind keine Wände für die einzelnen Arbeitsplätze zum konzentrierten Arbeiten (Funktionseinheit 1

und 4) und keine Tischaufsatzschirme vorhanden. Trotz der Einhaltung der Nachhallzeit nach ASR A3.7 und des Beurteilungspegels an einigen Arbeitsplätzen (gekennzeichnet durch grüne Zahl in Tabelle 13 und bedingt durch einen Flächenanteil von 12 m² pro Arbeitsplatz), ist an den meisten Arbeitsplätzen durch die hohe Sprachverständlichkeit von einer erhöhten Störwirkung auszugehen (vgl. Tabelle 14).

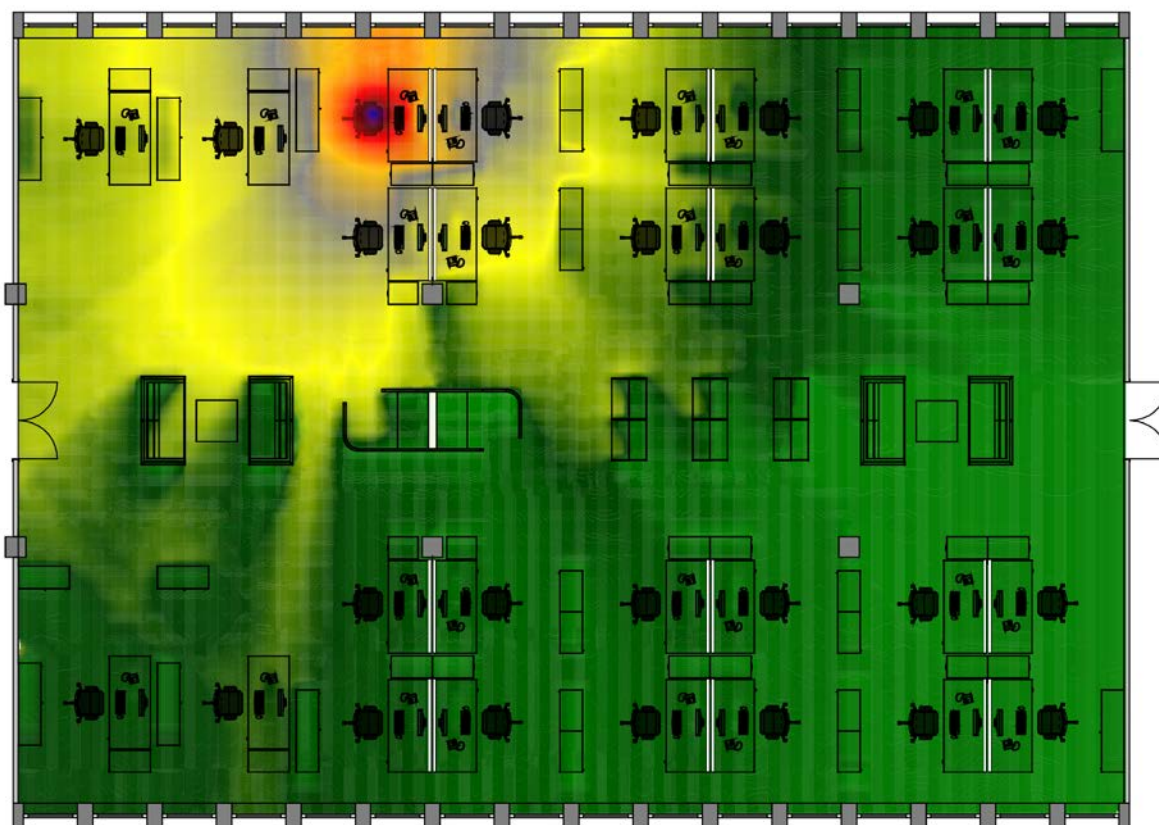










Abb. 50 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 1, *sprechende Person in FE 2*

Tabelle 12 Berechnete Nachhallzeit für das Open Space Office Variante 1

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4

35 <	
40 <	
45 <	
50 <	
55 <	
60 <	
65 <	
70 <	

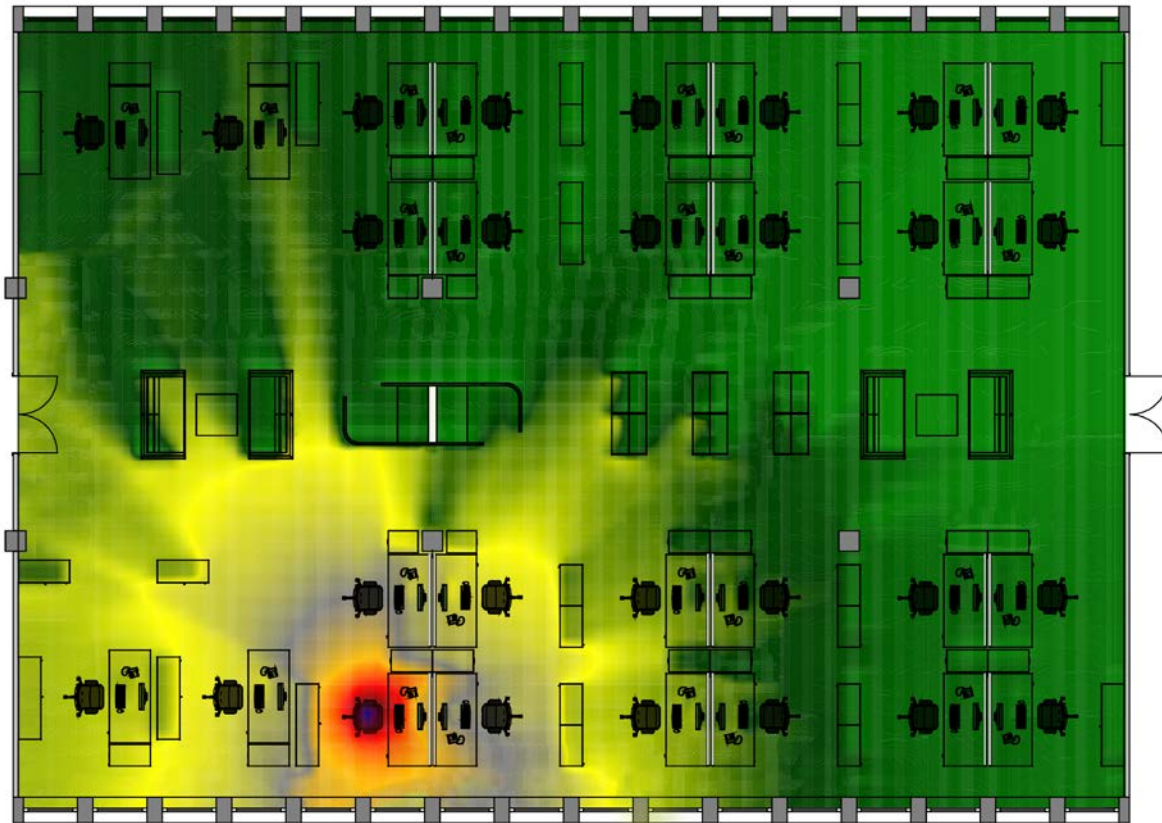
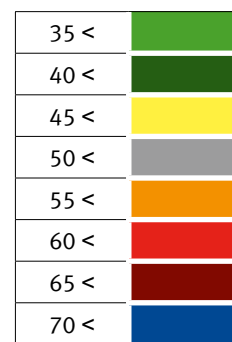


Abb. 51 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 1, *sprechende Person in FE 5*

Tabelle 13 Schalldruckpegel in dB(A) am Arbeitsplatz ausgehend von der jeweiligen sprechenden Person

sprechende Person Arbeitsplatz	FE 2	FE 5	FE 6
FE2.1	-	50	47
FE2.2	-	49	49
FE3.1	54	49	50
FE3.2	52	48	51
FE3.3	48	47	50
FE4.2	52	58	49
FE5.1	50	-	51
FE5.3	49	-	54
FE6.1	49	53	-
FE6.3	46	48	-



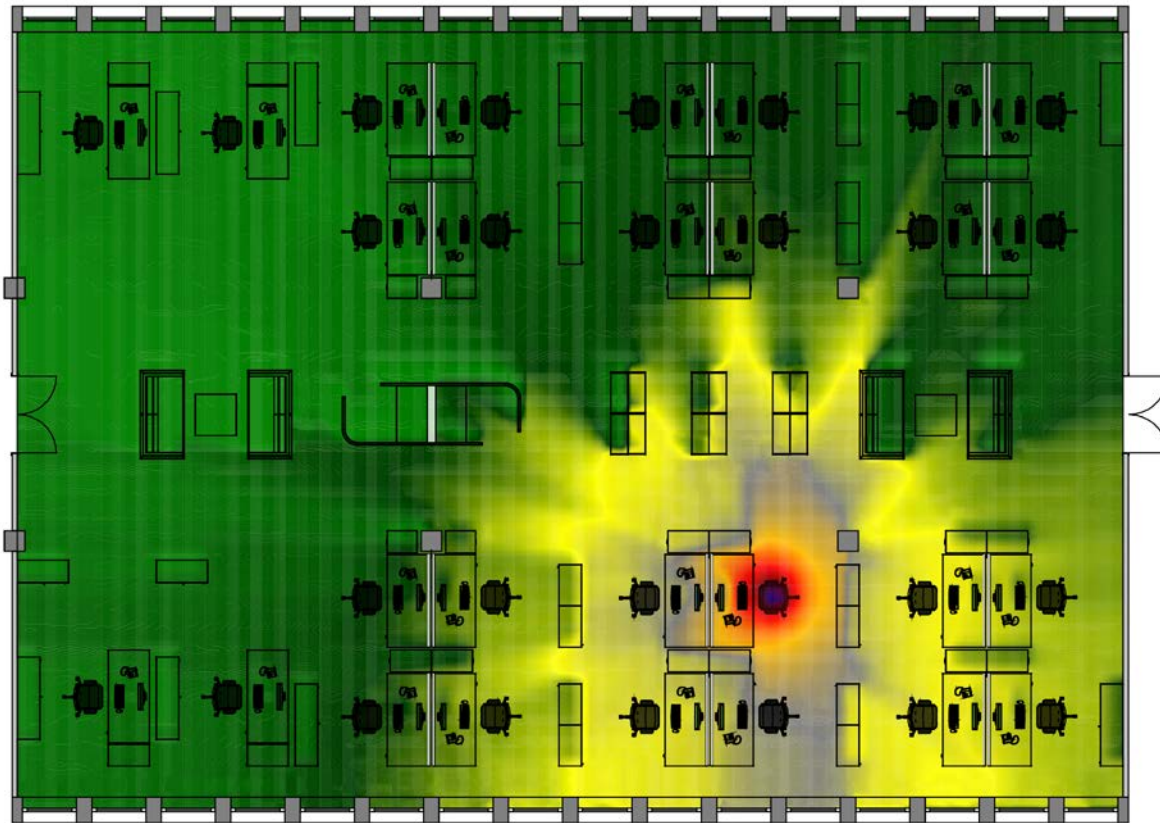
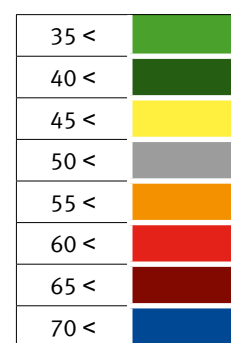


Abb. 52 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 1, *sprechende Person in FE 6*

Tabelle 14 STI am Arbeitsplatz ausgehend von der jeweiligen sprechenden Person

sprechende Person Arbeitsplatz	FE 2	FE 5	FE 6
FE2.1	0,84	0,58	0,50
FE2.2	0,83	0,55	0,54
FE3.1	0,68	0,56	0,58
FE3.2	0,63	0,51	0,60
FE3.3	0,53	0,51	0,59
FE4.2	0,64	0,76	0,55
FE5.1	0,57	0,84	0,60
FE5.3	0,55	0,83	0,69
FE6.1	0,56	0,67	0,81
FE6.3	0,49	0,54	0,75



Variante 2

Zum Zwecke der besseren Unterteilung wird in der oberen Raumhälfte für konzentriertes Arbeiten (Funktionseinheit 1 nach Abbildung 49) jeweils ein Einzelbüro mit baulichen Trennungen durch Wände geschaffen. Dadurch kann die Funktionseinheit 1 ungestört ihrer Tätigkeit nachgehen, ohne durch die Sprache der übrigen Teams im Raum gestört zu werden. Alle weiteren Arbeitsplätze erhalten zur besseren akustischen Trennung einen Tischaufsatz-Schallschirm mit einer Höhe von 55 cm über der Tischplatte. Dennoch können hier Störungen

durch Sprache zwischen den Teams entstehen, da eine entsprechende Zonierung fehlt. Auch ist im direkten Vergleich zwischen der Funktionseinheit 1 und 4 (konzentriertes Arbeiten) mit den nebenliegenden Funktionseinheiten 2 und 5 (kommunikatives Arbeiten im Team) sichtbar, dass das konzentrierte Arbeiten in Anwesenheit von Sprache nicht durch einen Tischaufsatzschirm verringert werden kann (siehe z. B. Tabelle 16 und Tabelle 17 FE5 zu FE4.2: $L_r = 63 \text{ dB(A)}$ und STI von 0,76).



Abb. 53 3D-Ansicht Open Space Office mit 28 Arbeitsplätzen Variante 2

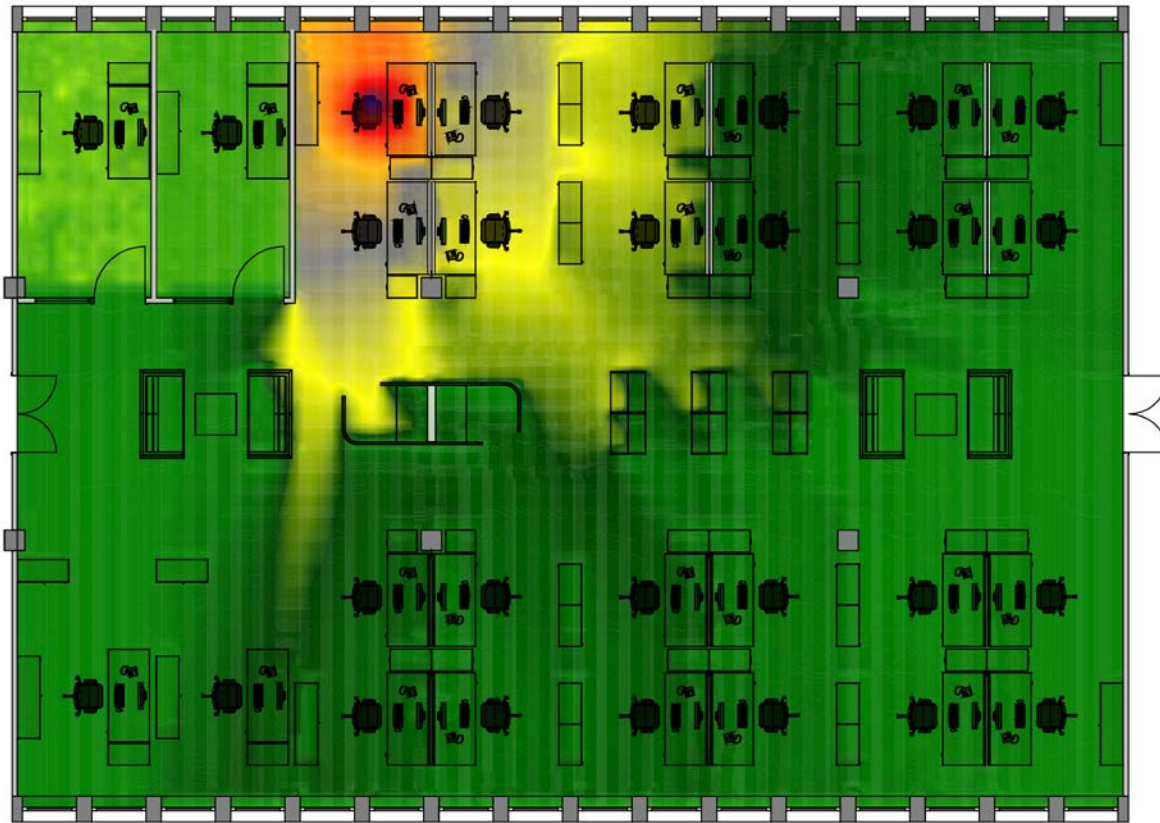
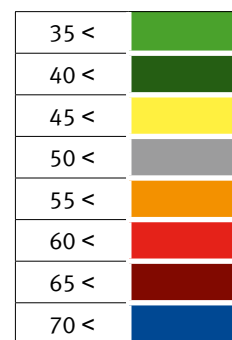


Abb. 54 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 2, sprechende Person in FE 2

Tabelle 15 Berechnete Nachhallzeit für das Open Space Office Variante 2

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4



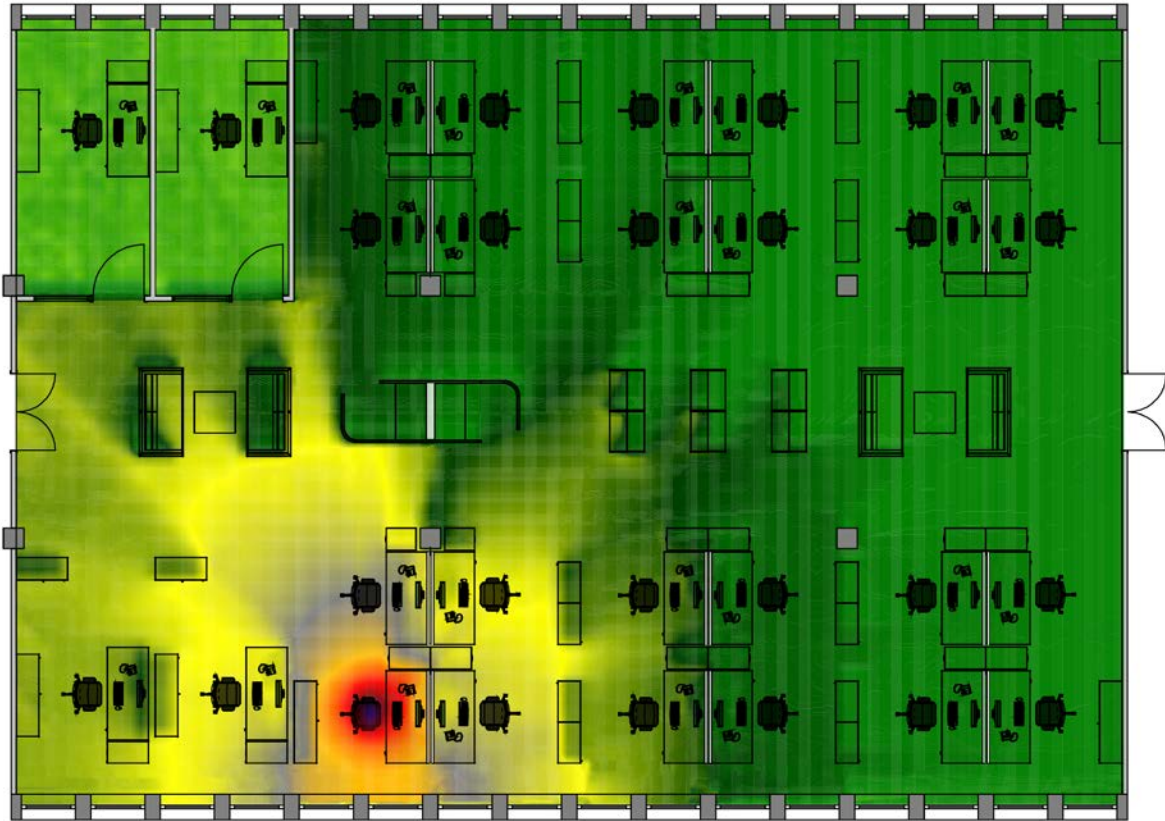
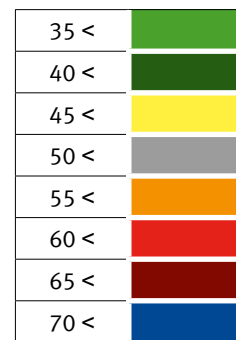


Abb. 55 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 2, sprechende Person in FE 5

Tabelle 16 Schalldruckpegel in dB(A) am Arbeitsplatz ausgehend vom jeweiligen Sprecher

sprechende Person Arbeitsplatz	FE 2	FE 5	FE 6
FE2.1	-	49	47
FE2.2	-	47	48
FE3.1	54	47	49
FE3.2	50	46	51
FE3.3	48	45	50
FE4.2	50	57	46
FE5.1	49	-	48
FE5.3	48	-	52
FE6.1	50	52	-
FE6.3	45	47	-



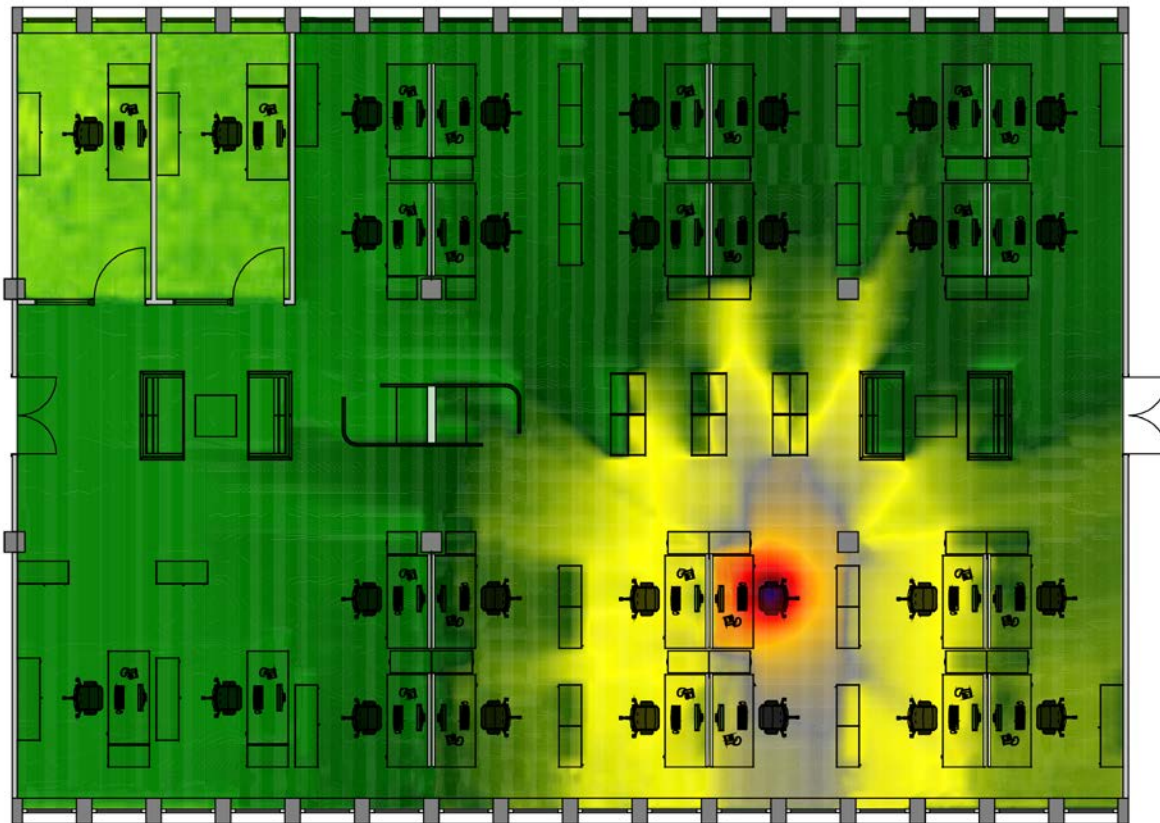
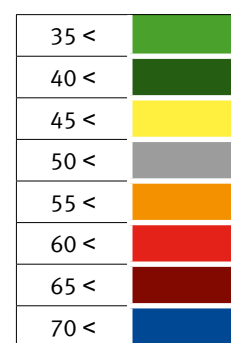


Abb. 56 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 2 *sprechende Person in FE 6*

Tabelle 17 STI am Arbeitsplatz ausgehend von der jeweiligen sprechenden Person

sprechende Person Arbeitsplatz	FE 2	FE 5	FE 6
FE2.1	0,86	0,60	0,52
FE2.2	0,82	0,53	0,56
FE3.1	0,71	0,55	0,59
FE3.2	0,62	0,50	0,61
FE3.3	0,56	0,49	0,60
FE4.2	0,61	0,76	0,50
FE5.1	0,60	0,86	0,56
FE5.3	0,55	0,81	0,67
FE6.1	0,59	0,68	0,76
FE6.3	0,49	0,52	0,76



Variante 3

Zusätzlich zu den in Variante 2 hinzugefügten Tischaufsatzschirmen und der baulichen Trennung der Funktionseinheit 1 erfolgt eine Trennung zwischen den Teams 2 und 3 sowie 5 und 6 durch 1,6 m hohe Stellwände. Weiterhin werden die Regale in der Raummitte mit einer Höhe von ca. 1,6 m um 90° gedreht, sodass eine weitere Ab-

schirmung zwischen den Teams erfolgen kann. Dadurch wird die Störung zwischen den Teams weiter verringert, kann jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden. So kann beispielsweise der Beurteilungspegel zwischen Funktionseinheit 6 und 3 in einen nach ASR A3.7 zulässigen Pegelbereich gebracht werden.



Abb. 57 3D-Ansicht Open Space Office mit 28 Arbeitsplätzen Variante 3

Tabelle 18 Berechnete Nachhallzeit für das Open Space Office Variante 3

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4

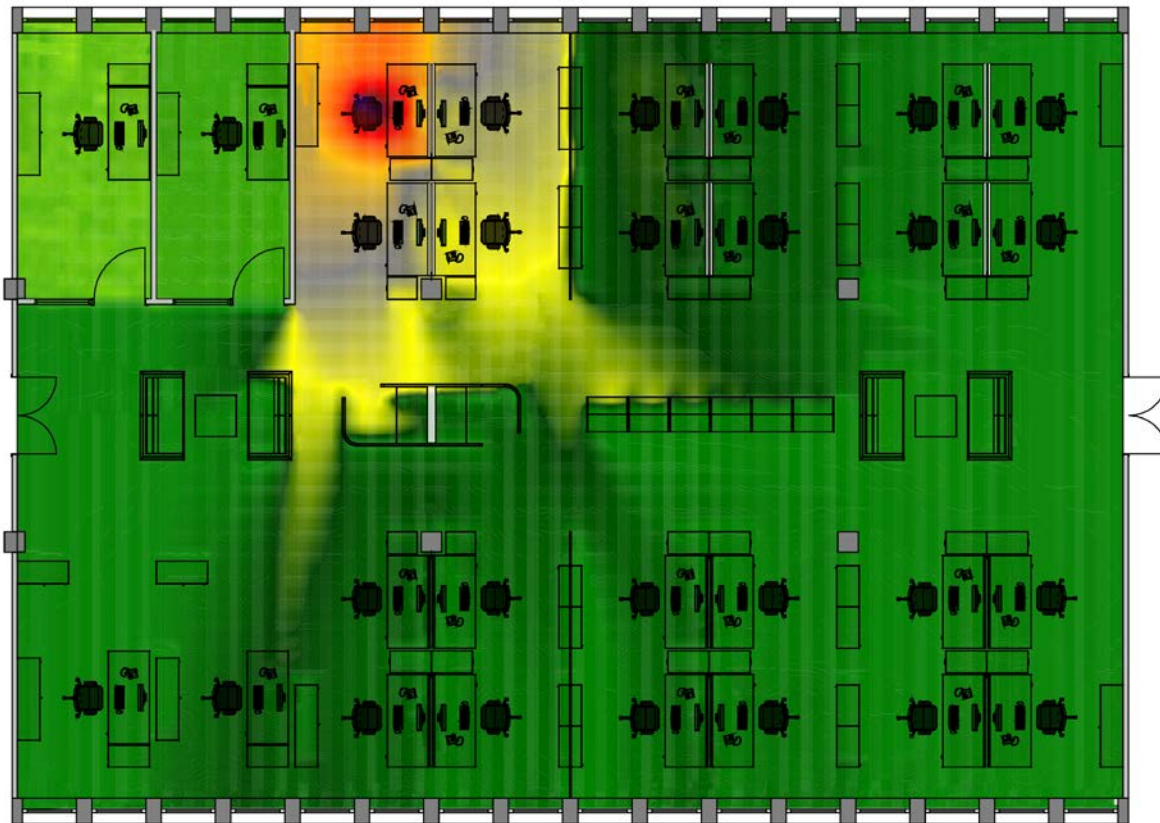
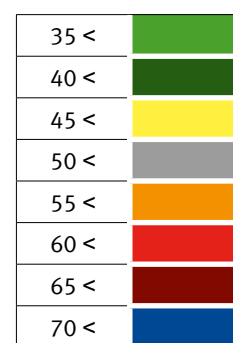


Abb. 58 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 3, *sprechende Person in FE 2*

Tabelle 19 Schalldruckpegel in dB(A) am Arbeitsplatz ausgehend von der jeweiligen sprechenden Person

sprechende Person Arbeitsplatz	FE 2	FE 5	FE 6
FE2.1	-	49	46
FE2.2	-	46	47
FE3.1	52	46	48
FE3.2	49	45	50
FE3.3	47	45	48
FE4.2	49	57	45
FE5.1	49	-	47
FE5.3	47	-	50
FE6.1	49	50	-
FE6.3	45	45	-



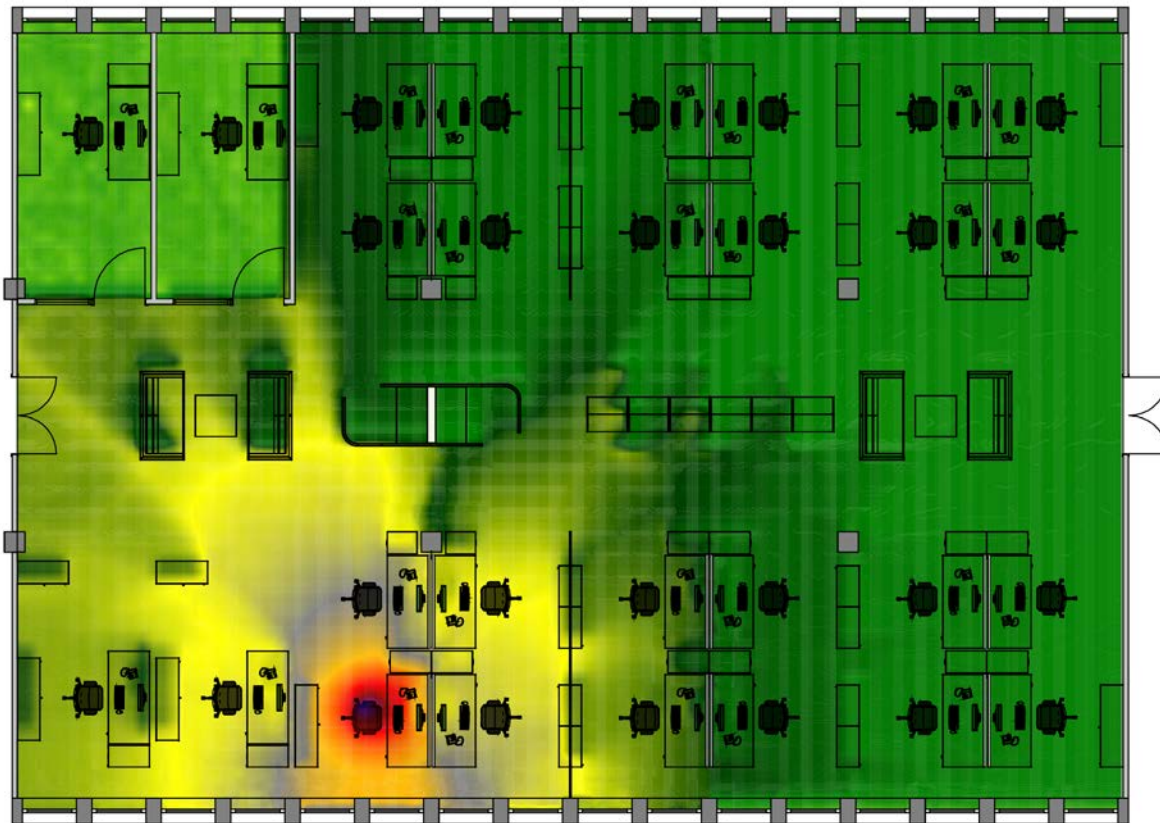
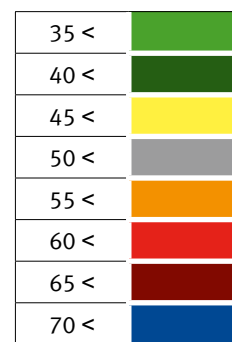


Abb. 59 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 3, sprechende Person in FE 5

Tabelle 20 STI am Arbeitsplatz ausgehend von der jeweiligen sprechenden Person

sprechende Person Arbeitsplatz	FE 2	FE 5	FE 6
FE2.1	0,86	0,60	0,52
FE2.2	0,83	0,54	0,53
FE3.1	0,66	0,53	0,57
FE3.2	0,60	0,49	0,58
FE3.3	0,54	0,49	0,56
FE4.2	0,61	0,77	0,49
FE5.1	0,60	0,86	0,55
FE5.3	0,56	0,82	0,63
FE6.1	0,59	0,63	0,77
FE6.3	0,49	0,49	0,77



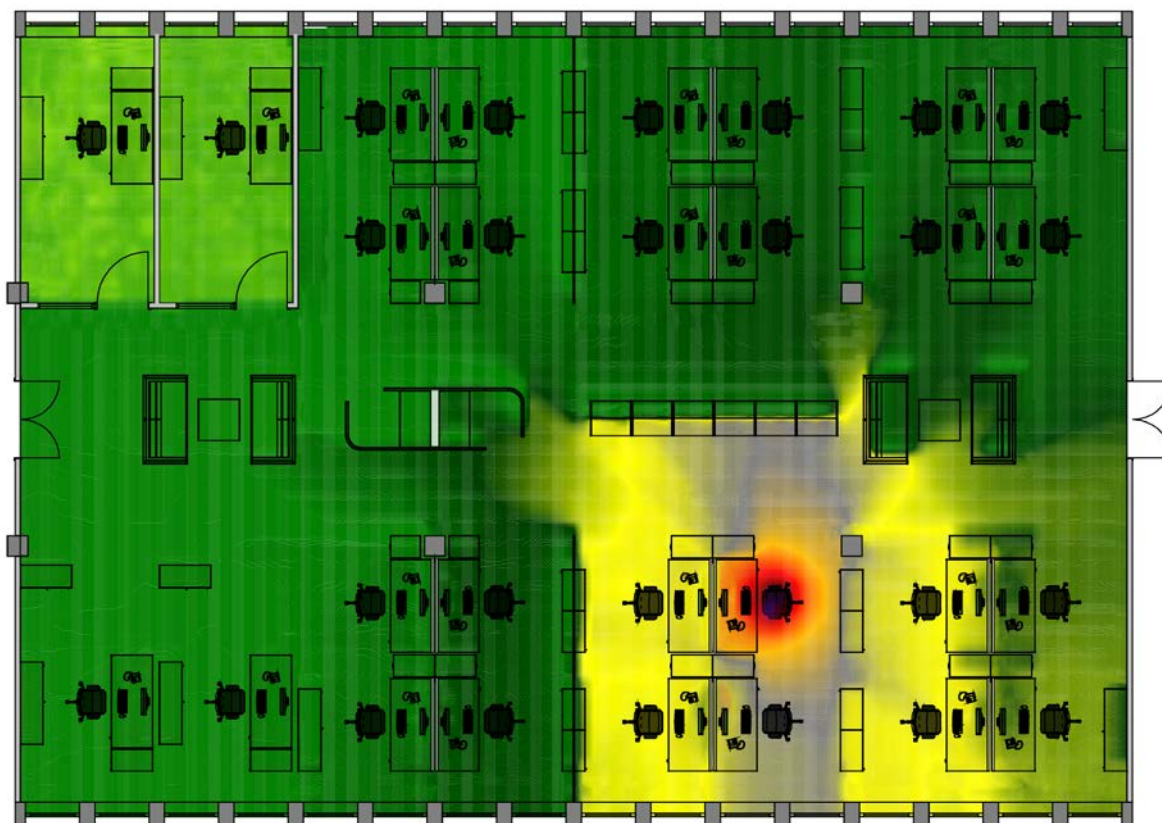
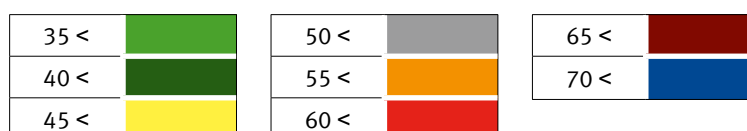


Abb. 60 Schallausbreitung im Open Space Office nach Variante 3, *sprechende Person in FE 6*



Fazit

Die Funktionseinheit 4 kann zusätzlich durch eine bauliche Maßnahme von den übrigen Bereichen getrennt werden. Weiterhin könnten gar die einzelnen Teams in einzelnen Räumen untergebracht werden, sodass eine Störung zwischen den Teams ausgeschlossen werden kann. Durch die offene Bürogestaltung und Nutzung des Raums für unterschiedliche Anforderungen mit unterschiedlichen Funktionseinheiten ist eine störungsfreie Arbeit nicht ohne weiteres möglich.

Hinzu kommt, dass nach der aktuellen Planung in der Raummitte Durchgangsverkehr herrscht. Dieser hat sowohl visuelle als auch akustische Störaspekte und sollte in solchen Bürokonstellationen vermieden werden. Ist baulich keine andere Möglichkeit einzuplanen, so wäre in dem Fall jeweils eine Trennung zur Raummitte in einzelne, stärker unterteilte Raumbereiche oder gar eigene Räume zu empfehlen. Dabei muss jedoch wiederum jeder Raum auf seine akustische Tauglichkeit sowie alle weiteren Innenraumfaktoren als Arbeitsstätte untersucht werden.

9.4 Call Center



Abb. 61 3D-Ansicht Call Center mit 18 Arbeitsplätzen mit Schirmwänden zwischen den Arbeitsplätzen

In einem Call Center gehen die Arbeitskräfte der gleichen Tätigkeit nach: der Kommunikation mit dritten nicht im Raum befindlichen Personen, häufig über ein Headset. Aus akustischer Sicht sind neben der Auswahl des passenden Headsets, die Anforderungen der ASR A3.7 zu erfüllen. Diese sieht vor, dass eine Nachhallzeit von 0,5s in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2.000 Hz nicht überschritten werden soll. Weiterführende Informationen zum Call Center-Arbeitsplatz finden sich in der DGUV Regel 115-402 „Branche Call Center“.

In der Berechnung wird in einem Call Center mit 18 Arbeitsplätzen auf einer Grundfläche von 145 m² eine einzelne sprechende Person angenommen. Eine einzelne sprechende Person in einem solchen Raum weist die höchste Störwirkung auf. Bei mehreren sprechenden Personen steigt zwar der Pegel im Raum, jedoch sinkt die

Sprachverständlichkeit weiter herab. Dabei ist je nach Auswahl des Headsets der Pegel am Ohr der Beschäftigten bereits geringer als der im Raum vorherrschende Schalldruckpegel. Auch bedingt durch die Schirmwirkung der Headsets, kann von einer geringeren Sprachverständlichkeit am Ohr der Call Center Agents ausgegangen werden. Jedoch sind Headsets, auch wenn sie über eine hohe Isolation gegenüber Störgeräuschen verfügen, in erster Linie als Arbeitsmittel zum Telefonieren und nicht als Maßnahme gegen Lärm anzusehen. Technische Maßnahmen, wie raumakustische Gestaltung und Schirmung sowie organisatorische Maßnahmen, haben stets Vorrang.

Variante 1

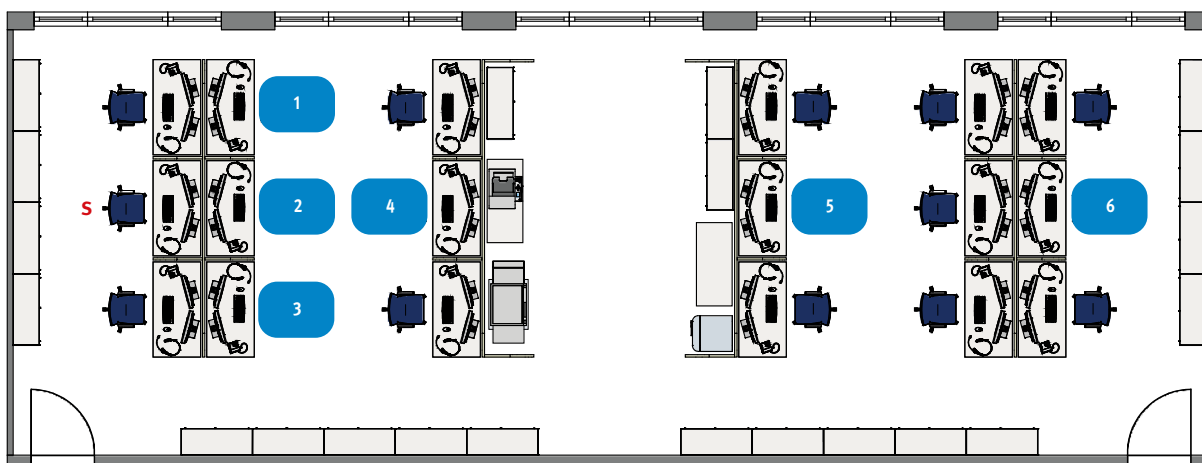


Abb. 62 Grundriss des Call Centers mit rotem „S“ für die Sprechersimulation bei einer sprechenden Person und den durchnummeriert Arbeitsplätzen in blauen Kästen, an den sich Personen befinden, die durch die Sprache gestört werden.

In der ersten Variante ist eine Ausstattung mit einer vollflächigen Akustikdecke und einem Teppich vorhanden. Es befinden sich jedoch keine Schirmwände zwischen den einzelnen Arbeitsplätzen im Raum. Die Nachhallzeit überschreitet die Vorgaben der ASR A3.7 in den beiden unteren Oktavbändern. Selbst der Beurteilungspegel an den weit entfernten Arbeitsplätzen stimmt nicht mit den Vorgaben der ASR A3.7 überein. Zusätzlich ist ein gutes Sprachverstehen über weite Entfernungen möglich.

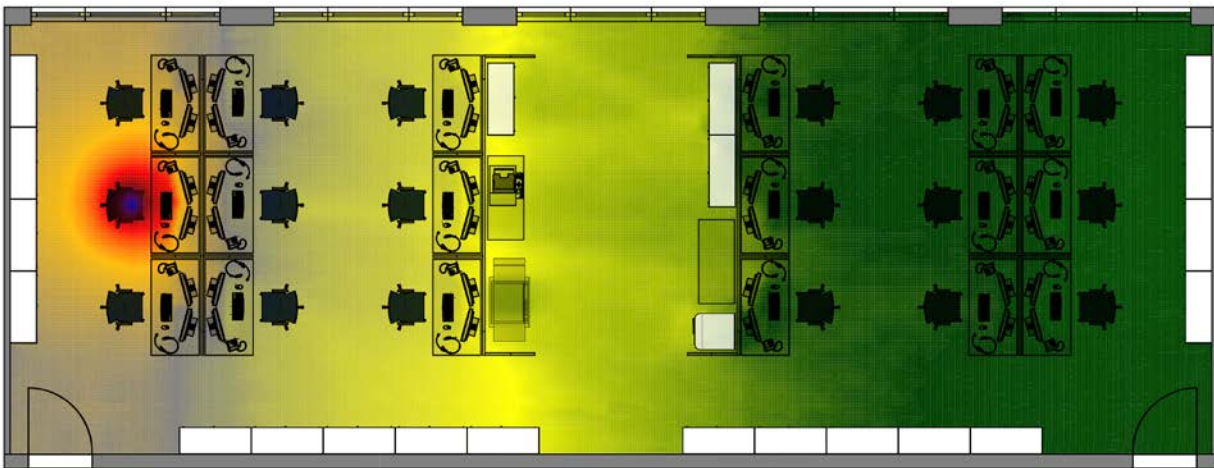
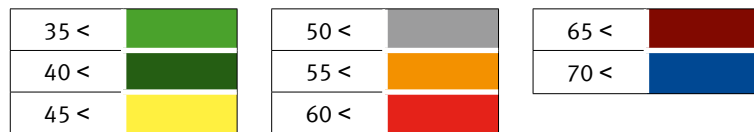


Abb. 63 Schallausbreitung im Call Center nach Variante 1



Unter der Annahme, dass bei dieser Variante alle 18 Personen im Raum gleichzeitig sprechen, ergibt sich in den Arbeitsbereichen ein berechneter Schalldruckpegel von ca. 72 dB(A).

Tabelle 21 Berechnete Nachhallzeit für das Call Center Variante 1.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4

Tabelle 22

Berechnete Schalldruckpegel L_p am Arbeitsplatz in dB(A), Beurteilungspegel L_r in dB(A) mit 6 dB Zuschlag zum Schalldruckpegel nach ASR A3.7, STI (male) und Entfernung r in Metern zur sprechenden Person an den in Abbildung 27 genannten Arbeitsplätzen für das Call Center Variante 1.

Arbeitsplatz	1	2	3	4	5	6
L_p [dB(A)]	60	60	60	58	51	50
L_r [dB(A)]	66	66	66	64	57	56
STI (male)	0,75	0,74	0,74	0,71	0,56	0,56
r [m]	2,8	2,3	2,9	4,7	11,2	15,9

Variante 2

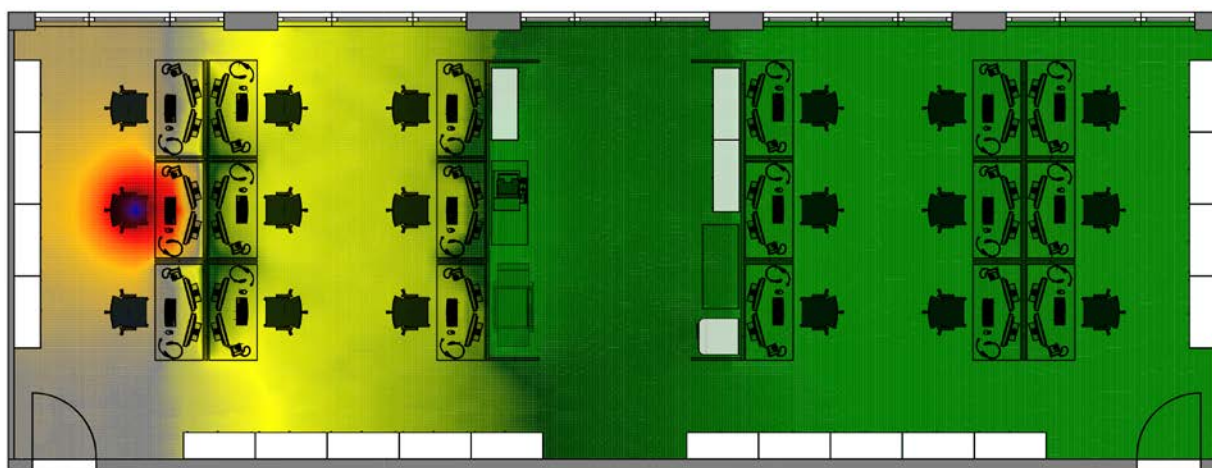


Abb. 64 Schallausbreitung im Call Center nach Variante 2

35 <		50 <		65 <	
40 <		55 <		70 <	
45 <		60 <			

Durch weiteres Absorptionsmaterial in Form von Stellwänden mit einer Höhe von 1,6 m sowohl seitlich als auch frontal zwischen den Arbeitsplätzen kann die Nachhallzeit herabgesenkt werden und somit den Vorgaben der ASR A3.7 entsprechen. Um die Sprache und deren Verständlichkeit zwischen den Arbeitsplätzen zu verringern, ist diese Schirmung erforderlich.

Bei einer einzelnen sprechenden Person kann durch eine solche Schirmanordnung der Schalldruckpegel am gegenüberliegenden Arbeitsplatz bereits um 4 dB(A) gesenkt werden, da die sonstige akustische Ausstattung bereits wirksam ist. Die weiteren Arbeitsplätze im hinteren Call Center-Bereich (5 und 6 in Abbildung 62) halten entsprechend die Vorgaben nach ASR A3.7 ein und erreichen sogar STI-Werte unterhalb von 0,5. Somit sinkt die Störwirkung durch Sprache in diesem Bereich enorm, gegenüber der Störwirkung bei Variante 1.

Unter der Annahme, dass bei dieser Variante alle 18 Personen im Raum gleichzeitig sprechen, ergibt sich in den Arbeitsbereichen ein berechneter Schalldruckpegel von ca. 70 dB(A).

Tabelle 23 Berechnete Nachhallzeit für das Call Center Variante 2.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3

Tabelle 24

Berechnete Schalldruckpegel L_p am Arbeitsplatz in dB(A), Beurteilungspegel L_r in dB(A) mit 6 dB Zuschlag zum Schalldruckpegel nach ASR A3.7, STI (male) und Entfernung r in Metern zur sprechenden Person an den in Abbildung 27 genannten Arbeitsplätzen für das Call Center Variante 2.

Arbeitsplatz	1	2	3	4	5	6
L_p [dB(A)]	56	55	55	54	42	42
L_r [dB(A)]	62	61	61	60	48	48
STI (male)	0,74	0,73	0,73	0,70	0,41	0,42
r [m]	2,8	2,3	2,9	4,7	11,2	15,9

9.5 Konferenzraum

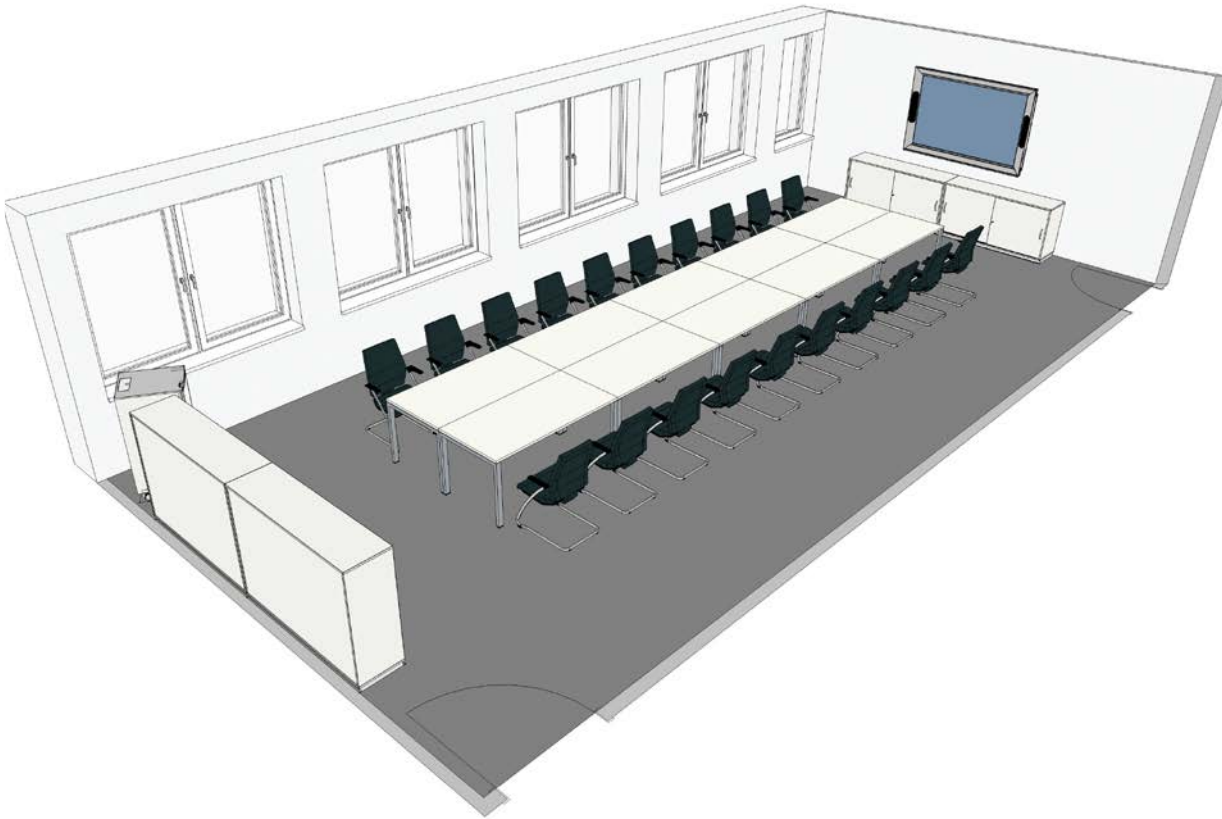


Abb. 65 3D-Darstellung des Konferenzraums

In dem Konferenzraum sollen Besprechungen durchgeführt werden. Dabei ist entgegen den Situationen im Büro eine gute Hörsamkeit über weitere Entfernung erforderlich. Nach ASR A3.7 oder DIN 18041 lässt sich dieser Raum mit einer Bildungsstätte vergleichen. Die erforderlichen Nachhallzeiten sind volumenabhängig und liegen für den Oktavbandbereich von 250 Hz bis 2.000 Hz bei 0,57 s für diesen Raum. Eine Toleranz von $\pm 20\%$, also von 0,46 s bis 0,68 s, wird akzeptiert.

Es wird eine Besprechungssituation angenommen, in der eine Person spricht. Alle übrigen Personen schweigen. Die Werte werden für die Person angegeben, die sich in weitester Entfernung zum Sprecher befindet.

Variante 1

Ein Teppichboden ist vorhanden. Alle übrigen Begrenzungsflächen sind schallhart.

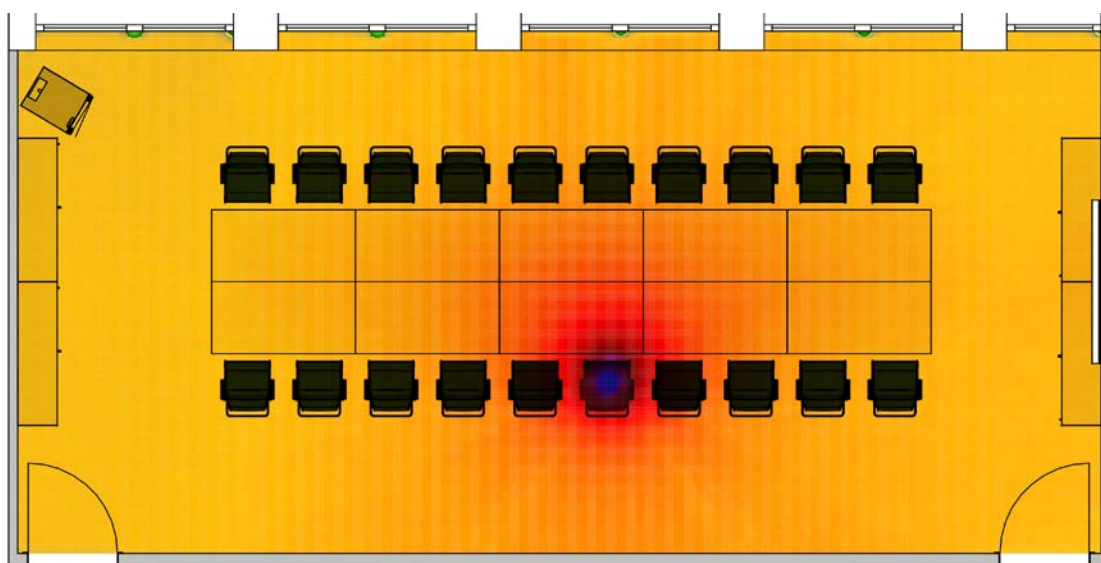










Abb. 66 Schallausbreitung im Raum nach Variante 1

35 <		50 <		65 <	
40 <		55 <		70 <	
45 <		60 <			

Schalldruckpegel an der vom Sprecher am weitesten entfernten Position: **55 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,56**

Tabelle 25 Berechnete Nachhallzeit für den Konferenzraum Variante 1.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	1,7	1,6	1,6	1,1	0,9	0,7

Die Nachhallzeit entspricht nicht den Vorgaben der ASR A3.7. Die Sprachverständlichkeit ist im angemessenen Bereich. Durch die langen Nachhallzeiten kann es zu einer höheren Höranstrengung in einem solchen Raum kommen.

Variante 2

Zusätzlich zum Teppichboden wird eine vollflächige Akustikdecke in den Raum eingebracht.

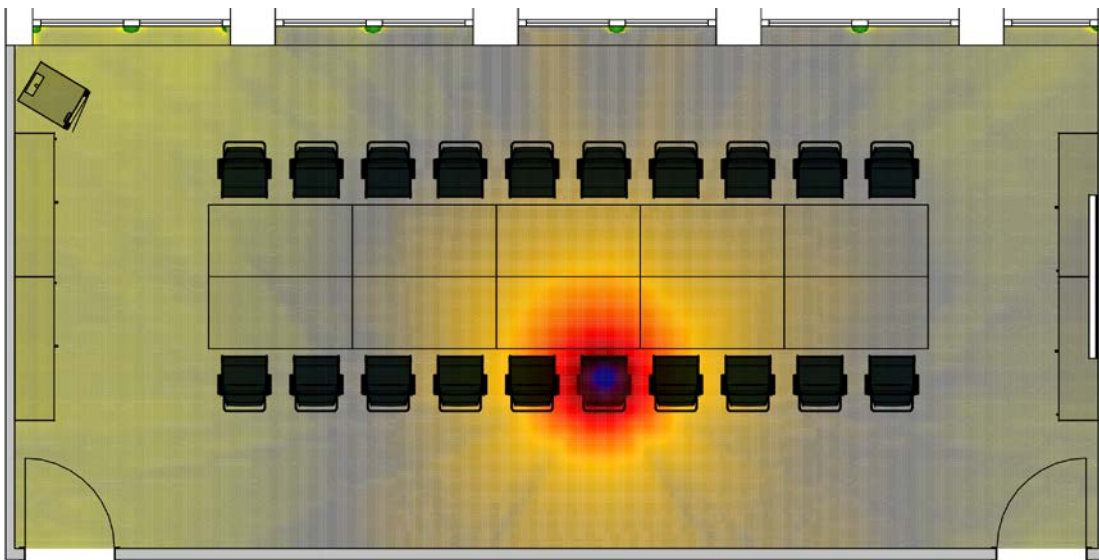
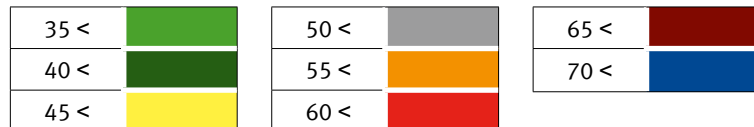


Abb. 67 Schallausbreitung im Raum nach Variante 2



Schalldruckpegel an der vom Sprecher am weitesten entfernten Position: **49 dB(A)**

Sprachübertragungsindex STI (male) am Arbeitsplatz: **0,68**

Tabelle 26 Berechnete Nachhallzeit für den Konferenzraum Variante 2.

f [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
T [s]	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4

Die Nachhallzeit entspricht den Vorgaben der ASR A3.7. Die Sprachverständlichkeit zeigt in dieser Situation einen guten Wert von fast 0,7. Somit kann auch der weitest entfernte Zuhörer an der Besprechung mit einer nicht erhöhten Höranstrengung teilnehmen und der Konversation folgen. In diesem Beispiel zeigt sich deutlich, dass die Sprachverständlichkeit nicht von dem Schalldruckpegel abhängig ist. Soll dieser Raum auch für Videokonferenzen genutzt werden, kann für die einwandfreie Übertragung von Sprache eine niedrigere Nachhallzeit günstig sein.

Anhang

Literaturverzeichnis

Anhang 1: Literatur- und Adressliste

Vorschriften, Richtlinien, Normen und Informationen

- Verordnung über Arbeitsstätten – Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR) A3.7 „Lärm“
- DGUV Regel 115-401 „Branche Bürobetriebe“
- DGUV Information 215-410 „Bildschirm- und Büroarbeitsplätze – Leitfaden für die Gestaltung“
- VBG (Hrsg.): Gesundheit im Büro (= VBG-Fachwissen; Version 6.0/2018-10), Hamburg
- IFA-Handbuch 230228 „Akustische Raumgestaltung von Callcentern“ (02/2010)
- Fachschrift Nr. 8 „Raumakustik – Akustische Bedingungen am Arbeitsplatz effektiv gestalten“; IBA-Publikationen; Industrieverband Büro und Arbeitswelt e. V. (IBA); 3. Auflage 2016
- Fachschrift Nr. 11 „Schall- und Lärmwirkung – Grundlagen des Hörens, Schallwirkungen und Maßnahmen im Büroumfeld“; IBA-Publikationen; Industrieverband Büro und Arbeitswelt e. V. (IBA); 2. Auflage 2016
- DIN 18041 „Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“; Beuth Verlag GmbH, 2016-03
- VDI 2058-3 „Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten“; Beuth Verlag GmbH, 2014-08
- VDI 2569 „Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros“; Beuth Verlag GmbH, Oktober 2019
- VDI 3760 „Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen“; Beuth Verlag GmbH, Februar 1996
- DIN EN ISO 3382-3 „Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros“; Beuth Verlag GmbH, 2012-05
- ISO/TS 15666:2003. Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys
- Evans, G.W. & Johnson, D. (2000). Stress and open-office noise. *Journal of Applied Psychology* 85(5), S. 779–783.
- Amstutz, S., Kündig, S, Dr. Monn, C. (2010): SBiB-Studie Schweizerische Befragung in Büros; Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP)

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de