



EXKURS IN DIE RAUMAKUSTISCHE BÜROPLANUNG

Ein Behaglichkeitsfaktor im Fokus

Einleitung

An Büroarbeitsplätzen ist Lärm der am häufigsten beklagte Missstand – vor allem in Grossraumbüros. Hier soll sowohl kommunikativer Austausch als auch konzentriertes Arbeiten möglich sein. Ziel der raumakustischen Planung ist es, für jeden Arbeitsplatz gute akustische Bedingungen zu schaffen. Trends in der Gebäudearchitektur erschweren dieses Ziel, etwa mit grossflächigen schallharten Fensterfronten. Auch das offen gestaltete Grossraumbüro ist nicht unproblematisch hinsichtlich einer ausreichenden akustischen Abgrenzung.

Während die thermische Behaglichkeit im heutigen Baustandard stets mitberücksichtigt wird, erhält die akustische Behaglichkeit oft zu wenig Beachtung. Dies, obwohl sie in der gesamtheitlichen Betrachtung der Raumbehaglichkeit eine wichtige Rolle spielt. Vielfach müssen dann später, im bereits unter Nutzung stehendem Zustand, nachträglich Massnahmen zur Verbesserung der Raumakustik umgesetzt werden.

Dieses Dokument zeigt auf, welche Kriterien für eine gute Raumakustik im Büro erfüllt sein müssen und welche Massnahmen dafür notwendig sind. Dabei wird auf die wichtige Rolle von schallabsorbierenden Flächen an der Decke eingegangen.

In diesem Informationsdokument behandeln wir die folgenden Fragen:

- Was ist für eine gute Raumakustik im Büro zu beachten?
- Was ist in Vortrags- oder Besprechungsräumen zu beachten?
- Wo im Raum werden Schallabsorber installiert und wie funktionieren sie?
- Welche Vorteile weisen schallabsorbierende Decken auf?
- Wie werden Schallabsorber gekennzeichnet und wie sind die Angaben zu verstehen?

Raumakustische Büroplanung

Ein Behaglichkeitsfaktor im Fokus

August 2024_V2

INHALT

Ein Behaglichkeitsfaktor im Fokus

Kriterien für eine gute Raumakustik	4
Schallausbreitung im Büro	5
Spezialfall Vortrags- und Besprechungsräume.....	6
Fest installierte Absorber an der Decke.....	7
Einflussfaktor Abstand zur Decke	8
Einflussfaktor perforierte oder gelochte Decken	9
Einflussfaktor aktivierte Deckenplatten.....	10
Einflussfaktor Abhanghöhe	10
Einflussfaktor vertikale Anordnung.....	11
Fest installierte Absorber, die sich nicht an der Decke befinden.....	12
Kennzeichnung von Schallabsorbern	13
Akustiklabor	14
Fazit.....	15

Verfasser



Bernd Rupflin

Leiter Klimalabor, Barcol-Air Group AG

Kriterien für eine gute Raumakustik

Um eine gute Raumakustik im Büro zu erreichen, sind grundsätzlich folgende Kriterien zu beachten¹:

- **Geringe Halligkeit**

Als Messgrösse für die Halligkeit eines Raumes gilt die Nachhallzeit. Geringe Halligkeit bedeutet eine kurze Nachhallzeit. Diese wird mit ausreichend schallabsorbierenden Flächen im Raum erreicht. In einem Raum mit geringerer Halligkeit ist es leiser als in einem Raum mit hoher Halligkeit bei sonst gleichen Bedingungen (gleicher Lärmbelastung von aussen bzw. durch interne Geräuschquellen). Die Halligkeit beeinflusst auch die Schallausbreitung im Raum.

- **Geringe Schallausbreitung**

Im Büro ist grundsätzlich eine geringe Schallausbreitung anzustreben. Dafür ist eine geringe Halligkeit notwendig. Hier ist insbesondere die (unerwünschte) Schallausbreitung zwischen Arbeitsplätzen zu berücksichtigen (mehr dazu auf den Folgeseiten).

- **Geringer Grundgeräuschpegel**

Um einen geringen Grundgeräuschpegel zu erreichen, ist eine ausreichende Schalldämmung nach aussen, zu Nachbarräumen sowie die Beachtung der Lärmemissionen von haustechnischen Anlagen notwendig. Dies betrifft den Bereich der Bauakustik. Des Weiteren sind rauminterne Geräuschquellen der Büroeinrichtung wie Drucker usw. zu berücksichtigen. Wie im obersten Abschnitt erwähnt, wird der Grundgeräuschpegel auch durch eine geringe Halligkeit gesenkt.

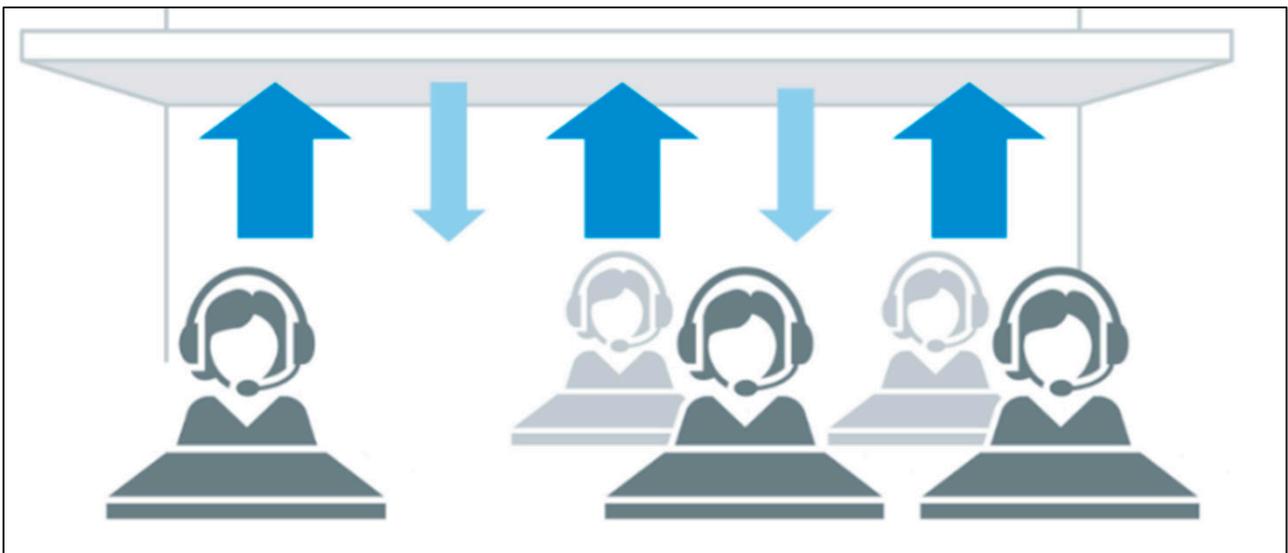


Abb. 0: Beeinflussung Schallreflexion innerhalb eines Raumes

¹ Für die genaue Betrachtung: In der Richtlinie VDI 2569, die speziell auf die akustische Gestaltung von Büros eingeht, erfolgt eine Unterteilung in Einzelbüros sowie in kleine und grosse Mehrpersonnbüros. Zudem sind Grenzwerte von Kenngrössen für die oben genannten Kriterien angegeben, um drei verschiedene Raumakustik-Klassen zu erfüllen.

Schallausbreitung im Büro

Ohne Schallschirme

Abbildung 1 stellt die Schallausbreitung zwischen benachbarten Arbeitsplätzen im Mehrpersonenbüro dar. Ausser Direktschall tritt vor allem Schallreflexion und Streuung an der Decke auf.

Schallreflexion und Streuung können ebenfalls an naheliegenden Wänden, der Fassade oder am Boden erfolgen. Die Schallausbreitung via Boden oder Wänden ist im Allgemeinen durch die Büroeinrichtung stärker eingeschränkt als bei der Decke.

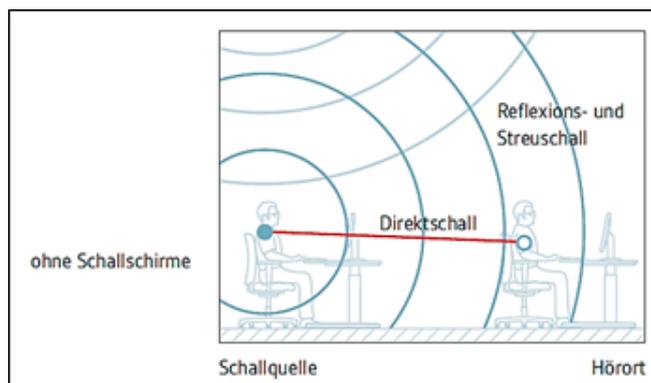


Abb. 1: Schallausbreitung im Mehrpersonenbüro ohne Schallschirm (IBA)

Mit Schallschirmen

In Abbildung 2 ist die Schallausbreitung bei gleicher Konstellation dargestellt, jedoch mit Schallschirm.

Ausser speziellen Stellwänden können z.B. auch Schränke oder Schreibtisch-Aufsätze als Schallschirme verwendet werden.

Der Schallschirm unterbindet den Direktschall. Am oberen Ende des Schallschirms entsteht nun ein Beugungsschall, dessen Schalldruck aber deutlich geringer ist als beim Direktschall.

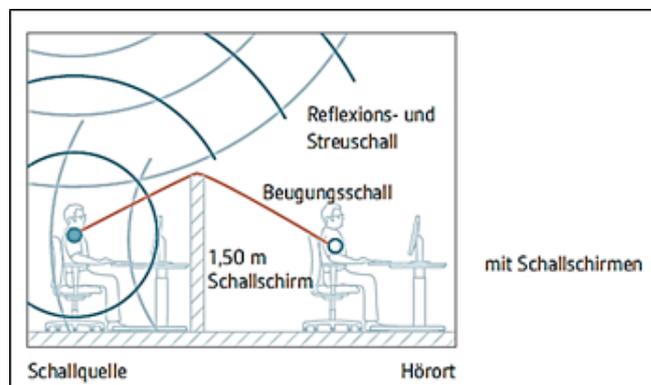


Abb. 2: Schallausbreitung im Mehrpersonenbüro mit Schallschirm (IBA)

Spezialfall Vortrags- und Besprechungsräume

Vortrags- und Besprechungsräume sind anders zu planen als Büroräume. Im Unterschied zum Büroraum wird hier eine gute Hörsamkeit über grössere Distanzen angestrebt. Die Halligkeit ist deshalb deutlich höher zu wählen als im Büro.

Beim **Vortragsraum** muss die vortragende Person überall im Raum gut verstanden werden. Über ihr und den Zuhörenden sollten deshalb schallreflektierende Flächen sein. Eine mögliche Positionierung der reflektierenden Fläche an der Decke ist in der Abbildung 3 farblich angedeutet. Schallabsorbierende Elemente sind eher weiter hinten im Raum und an der hinteren Wand anzubringen.

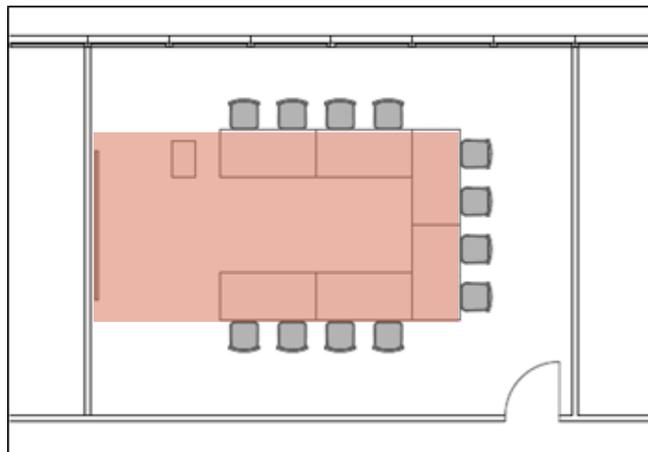


Abb. 3: Beispiel eines Vortragsraums mit definierter Position der vortragenden Person und den Zuhörenden und mit Andeutung der reflektierenden Fläche (ergänzte Abbildung von IBA).

Ein **Besprechungsraum** mit einem grossen, rundum bestuhlten Tisch sollte über dem Tisch eine schallreflektierende Decke haben, damit die sprechende Person von allen anderen am Tisch gut verstanden werden kann. Eine mögliche Positionierung der reflektierenden Fläche an der Decke ist in der Abbildung 4 farblich angedeutet. Schallabsorbierende Elemente sollten an der Decke weiter aussen in alle Richtungen installiert werden.

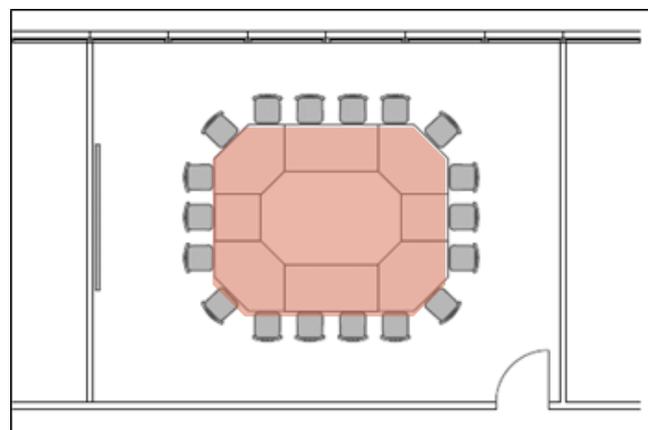


Abb. 4: Beispiel eines Besprechungsraums mit grossem, rundum bestuhlten Tisch und mit Andeutung der reflektierenden Fläche (ergänzte Abbildung von IBA).

Fest installierte Absorber an der Decke

Schallschirme, Stellwände, Schreibtischaufsätze oder Ähnliches können als Teil der Büroeinrichtung je nach Nutzungssituation flexibel integriert werden. Anders verhält es sich bei fest installierten Schallabsorbern. Für sie empfiehlt sich eine sorgfältige Planung.

An der Decke sollten aufgrund der Schallausbreitung im Büro (Abb. 1 und 2) unbedingt Schallabsorber in Betracht gezogen werden, vor allem über den Arbeitsplätzen oder über anderen Lärmquellen.

Meist steht im Deckenbereich genügend freie Fläche für Schallabsorber zur Verfügung. Ausserdem ist es hier möglich, dickere Dämmschichten anzubringen,

im Idealfall mit optimalem Abstand zur Decke (mehr dazu auf den Folgeseiten). Ein Klimadeckensystem, wie in Abbildung 5 mit Obenansicht gezeigt, sorgt dann nicht nur für die thermische und die lufttechnische Behaglichkeit, sondern spielt auch im raumakustischen Konzept eine wichtige Rolle.

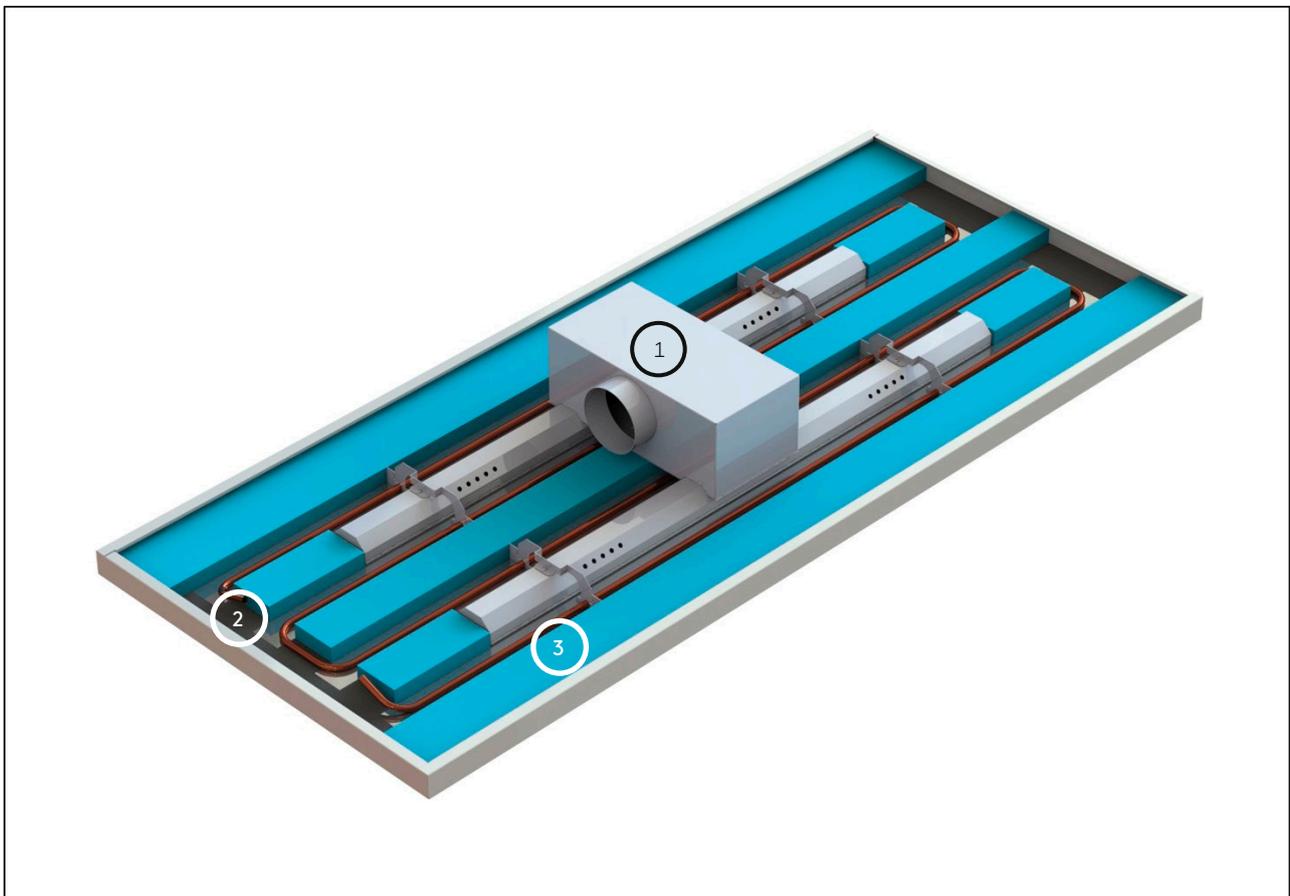


Abb. 5: Klimadeckensystem mit Zuluftelement (1), aufgeklebtem Vlies (2) auf der Deckenplatte und Mineralwoll-Streifen in schwarzer PE-Folie (3) (zur besseren Erkennbarkeit in der Abbildung blau statt schwarz)

Einflussfaktor Abstand zur Decke

Durch einen günstig gewählten Abstand des Absorbers zur Decke (Abhanghöhe) lässt sich die Schallabsorption deutlich verbessern. So absorbiert ein poröser Absorber, wie etwa Mineralwolle, welcher direkt auf einer schallharten Oberfläche (z.B. Betondecke) angebracht ist, bei üblichen Dämmstärken vor allem im Bereich hoher und allenfalls noch mittlerer Frequenzen.

Abbildung 6 zeigt den Verlauf des Schallabsorptionsgrades von Mineralfaserplatten mit Dämmstärken von 15 bzw. 40 mm ohne Abstand, sowie mit 300 mm Abstand zu einer schallharten Oberfläche.

In Abbildung 6 ist weiter zu erkennen, dass von 0 auf 300 mm Abstand bei beiden Dämmstärken eine deutliche Verbesserung im tieffrequenten Bereich eintritt. Der Grund dafür ist, dass reflektierte Schallwellen im Abstand von einem Viertel der Wellenlänge einen «Druckstau» erzeugen (in der Akustik spricht man von einem Gebiet maximaler Schallschnelle). Durch Anbringung einer Dämmung in diesem Bereich wird eine hohe Absorption erreicht (Abb. 7).

Bei einem Abstand von 300 mm entspricht ein Viertel der Wellenlänge einer Frequenz von etwa 280 Hz und somit einer Verbesserung der Absorption im tieffrequenten Bereich.

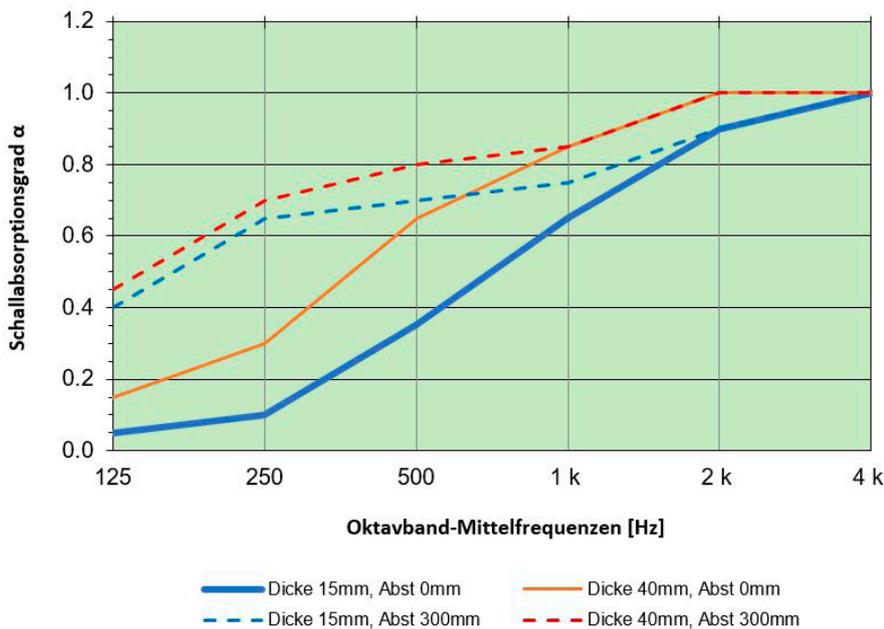


Abb. 6: Werte aus Fasold/Veres, Tabelle 4.3

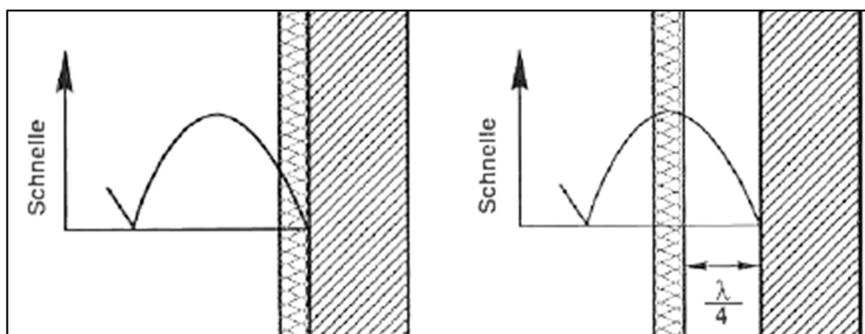


Abb. 7: Erhöhung der Wirksamkeit eines porösen Absorbers durch Anordnung im Schnelle-Maximum (Fasold/Veres).

Einflussfaktor perforierte oder gelochte Decken

Ein weiterer Effekt kann bei perforierten bzw. gelochten Decken genutzt werden. Diese können als sogenannte Lochplattenschwinger hohe Absorptionsgrade erreichen. Dabei wirken die Löcher in der Platte als Masse (die sogenannte Lochmasse, die vom freien Querschnitt, der Lochform und Lochgrösse abhängt) und die Luft im Hohlraum zur Betondecke als Feder.

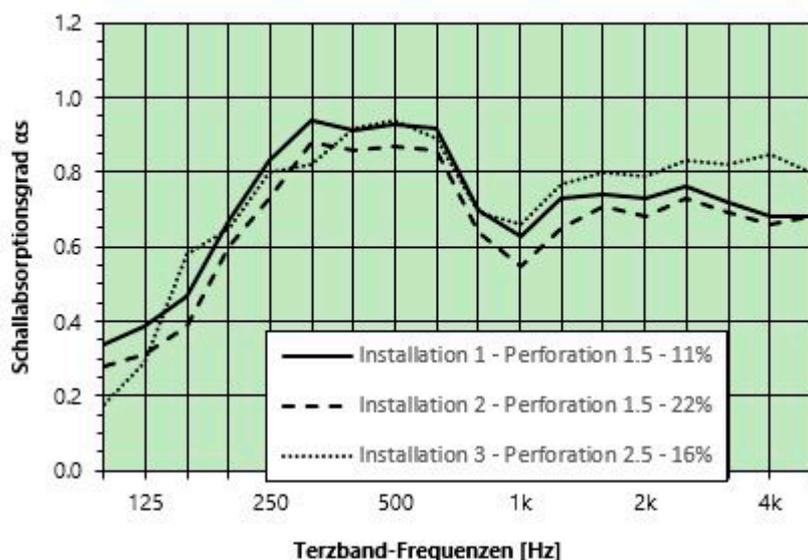
Eine geschlossene, perforierte Metalldecke mit Akustikvlies kann schon beachtliche Schallabsorptionswerte erreichen. Abbildung 8 zeigt Messwerte für Installationen mit unterschiedlichen Perforationen und α_w -Werten im Bereich von 0,70 bis 0,80.

Schallabsorptionsgrad von drei Metalldecken-Installationen ohne Aktivierung

Installation 1: Geschlossene Metalldecke aus Stahl, mit Akustikvlies, Perforation mit Rundlochung (RG) 1,5 mit Lochanteil 11 %, Abhanghöhe 200 mm, ohne Aktivierung

Installation 2: analog Installation 1, jedoch mit Perforation mit Rundlochung (RG) 1,5 mit Lochanteil 22 %

Installation 3: analog Installation 1, jedoch mit Perforation mit Rundlochung (RG) 2,5 mit Lochanteil 16 %



Installation 1 - Perforation 1.5 - 11%					
Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : 0.75 (L)					
α_p : 250 Hz:	0.80	500 Hz:	0.90	1000 Hz:	0.70
2000 Hz:	0.75	4000 Hz:	0.70		

Installation 2 - Perforation 1.5 - 22%					
Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : 0.70 (L)					
α_p : 250 Hz:	0.75	500 Hz:	0.85	1000 Hz:	0.60
2000 Hz:	0.70	4000 Hz:	0.70		

Installation 3 - Perforation 2.5 - 16%					
Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : 0.80					
α_p : 250 Hz:	0.75	500 Hz:	0.90	1000 Hz:	0.75
2000 Hz:	0.80	4000 Hz:	0.80		

Abb. 8: Geschlossene Metalldecke mit Vlies und mit unterschiedlichen Perforationen (Angaben aus Produktunterlagen von Fural).

Einflussfaktor aktivierte Deckenplatten

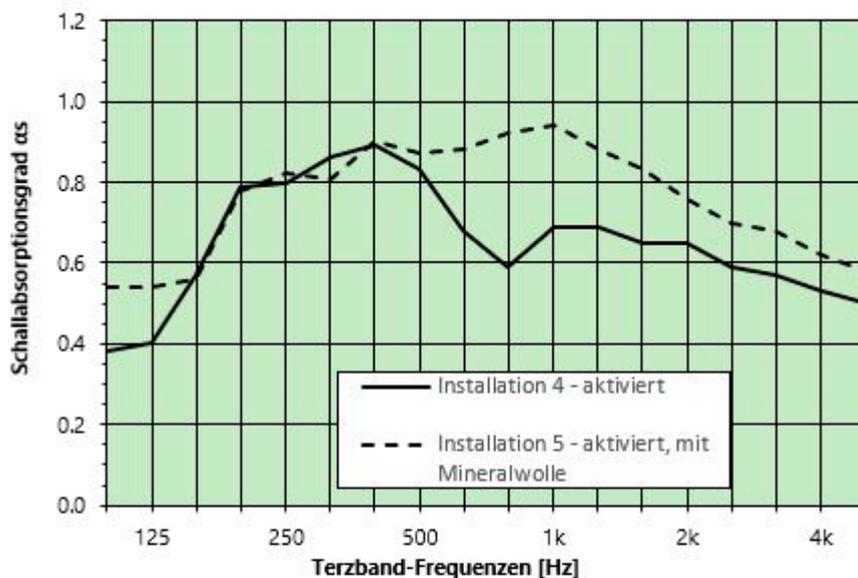
Werden die Metallplatten mit Kühlregistern aktiviert, so bringt dies eine leichte Reduktion der Absorptionswerte mit sich, weil dadurch ein Teil der Plattenflächen abgedeckt wird.

Durch eine zusätzliche Dämmung, z.B. mit Mineralwolle, kann wiederum eine deutliche Steigerung der Absorption erreicht werden (Abbildung 9).

Schallabsorptionsgrad von zwei Heiz-/Kühldecken-Installationen (mit Aktivierung)

Installation 4: analog Installation 1, jedoch aktiviert mit Kühlregister

Installation 5: analog Installation 1, jedoch aktiviert mit Kühlregister, zusätzlich mit Mineralwolle 20 mm



Installation 4 - aktiviert	
Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : 0.65 (L)	
α_p : 250 Hz: 0.80	500 Hz: 0.80
1000 Hz: 0.65	2000 Hz: 0.65
4000 Hz: 0.55	

Installation 5 - aktiviert, mit Mineralwolle	
Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : 0.80	
α_p : 250 Hz: 0.80	500 Hz: 0.90
1000 Hz: 0.90	2000 Hz: 0.75
4000 Hz: 0.65	

Abb. 9: Geschlossene Metall-Heiz-/Kühldecke mit Vlies (Installation 4) und mit zusätzlicher Mineralwolle (Installation 5)

Einflussfaktor Abhanghöhe

Wenn auch der Hohlraum zur Betondecke für den Lochplattenschwinger-Effekt notwendig ist, so ist die Abhanghöhe (und somit die Höhe des Hohlraumes) in einem bestimmten Bereich nicht von primärer Bedeutung. Bei Metalldecken mit den in Abbildung 8 aufgeführten Perforationen werden im Bereich von 100

bis 400 mm Abhanghöhe sehr ähnliche α_w -Werte erreicht, wobei die α_w -Werte meist bei ca. 200 mm Abhanghöhe am höchsten sind. Bei 100 mm Abhanghöhe ist die Absorption im tieffrequenten Bereich geringer, bei 400 mm Abhanghöhe im Bereich mittlerer Frequenzen.

Einflussfaktor vertikale Anordnung

Vertikal angeordnete Absorber an der Decke (sogenannte Baffeln) können die beschriebenen Effekte des Lochplattenschwingers und des Schnelle-Maximums

kaum nutzen und erreichen deshalb weniger hohe Absorptionsgrade. Durch eine grössere Anzahl installierter Baffeln kann dies jedoch kompensiert werden.



Abb. 10: Baffeln stellen eine geeignete Form von Deckenabsorbern dar. Im Bild handelt es sich um Heiz-/Kühl-Baffeln mit zusätzlicher Einlage von Schallabsorptionsmaterial (Akustikvlies und Mineralwollmatten).

Fest installierte Absorber, die sich nicht an der Decke befinden

An der **Wand** positionierte Absorber werden im Büro eher als Ergänzung zu Deckenabsorbern verwendet. Wichtig können Wandabsorber zur Vermeidung von Echo sein, wenn sich zwei schallharte Raumflächen gegenüberstehen, beispielsweise die Fassade und eine «kahle» Raumwand.

Bei vorhandenen Deckenabsorbern sind spezielle Wandabsorber meist nicht mehr notwendig, da die übliche Büroeinrichtung mit Regalen und Schränken vielfach ausreicht.

Am **Boden** können textile Beläge zur Optimierung der Raumakustik beitragen. Aufgrund der geringen Dicke von Bodenbelägen sind diese insbesondere im hochfrequenten, allenfalls noch geringfügig im mittelfrequenten Bereich wirksam.

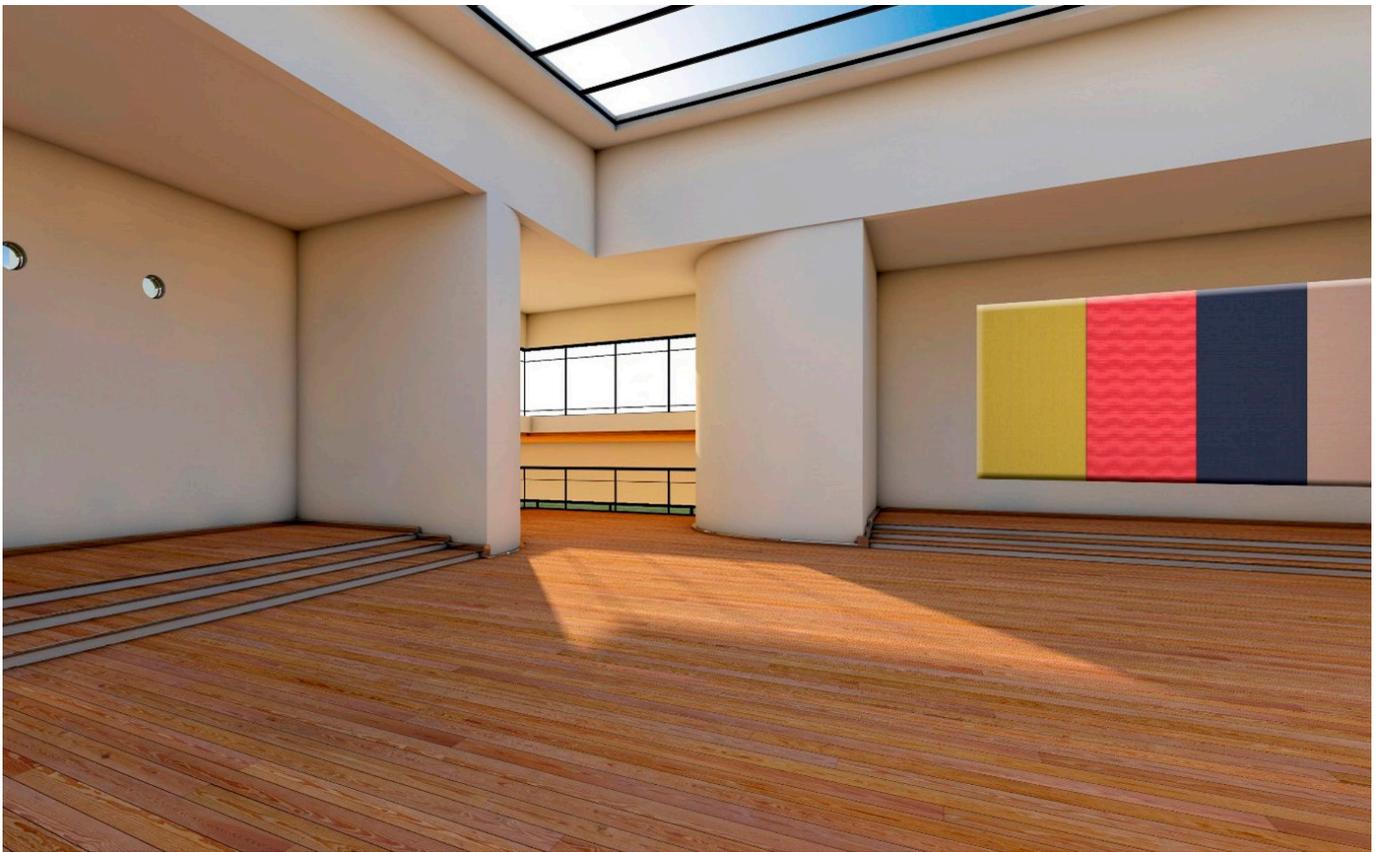


Abb. 11: Akustikpaneelen für die Wand sind in zahlreichen Ausführungen erhältlich.

Kennzeichnung von Schallabsorbern

Der Schallabsorptionsgrad α ist die entscheidende Kennzahl des flächigen Absorbers. Sie beschreibt, wie stark einfallender Schall absorbiert wird. Bei einer ideal absorbierenden Fläche, die 100 % des einfallenden Schalls schluckt, ist $\alpha = 1$, bei einer vollständig reflektierenden Fläche ist $\alpha = 0$. Reale Absorber haben Werte zwischen 0 und 1.

Der Schallabsorptionsgrad ist frequenzabhängig und wird gemäss EN ISO 354 für 18 Terzbänder mit den Mittelfrequenzen von 100 bis 5000 Hz gemessen. Die Schallabsorptionsgrade für die Terzbänder werden α_s -Werte genannt.

α_w -Wert (Einzahlwert)

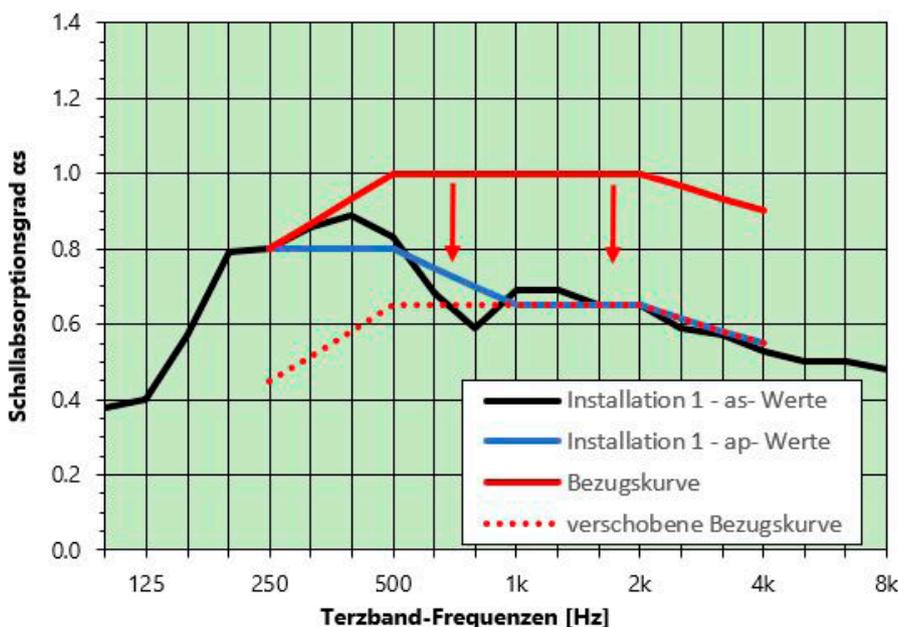
Der α_w -Wert eignet sich zum groben Vergleich verschiedener Absorber. Zur Ermittlung des α_w -Wertes werden die 15 α_s -Werte mit den Mittelfrequenzen von 200 bis 5000 Hz zu einem Wert zusammengefasst. Dazu werden die α_s -Werte zunächst zu Oktavband-Werten α_p gemittelt, d.h. jeweils drei α_s -Werte ergeben einen α_p -Wert. Die α_p -Werte werden in Schritten von 0,05 angegeben und haben einen Maximalwert von 1. Die α_p -Werte werden dann mit der Bezugskurve verglichen. Der α_w -Wert ist der Wert von der nach bestimmten Kriterien verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz. Der α_w -Wert wird ebenfalls in Schritten von 0,05 angegeben.

Ist der Absorber in bestimmten Bereichen deutlich besser als die Bezugskurve, so werden Formindikatoren vergeben. Tritt diese Abweichung bei tiefen Frequenzen auf, so wird der Indikator L vergeben.

Dies ist für den Absorber in Abbildung 12 der Fall. Für Abweichungen im mittleren bzw. hohen Frequenzbereich werden die Indikatoren M bzw. H vergeben. (Für eine genaue Berechnung des α_w -Wertes wird auf die Norm EN ISO 11654 verwiesen.)

NRC-Wert (Einzahlwert)

Im angelsächsischen Raum ist als Einzahlwert vor allem der NRC-Wert (Noise Reduction Coefficient) nach ASTM (American Society for Testing and Materials) C423 üblich. Die Ermittlung des NRC-Wertes erfolgt vergleichsweise einfach: Die α_s -Werte der Terzbänder mit den Mittelfrequenzen 250, 500, 1000 und 2000 Hz werden arithmetisch gemittelt und auf 0,05 gerundet.



Installation 1				
Auswertung nach EN ISO 11'654 (1997): α_w : 0.65 (L)				
α_p : 250 Hz: 0.80	500 Hz: 0.80	1000 Hz: 0.65	2000 Hz: 0.65	4000 Hz: 0.55

Abb. 12: Installation 4 von Abbildung 9 mit Bezugskurve zur Ermittlung des α_w -Wertes

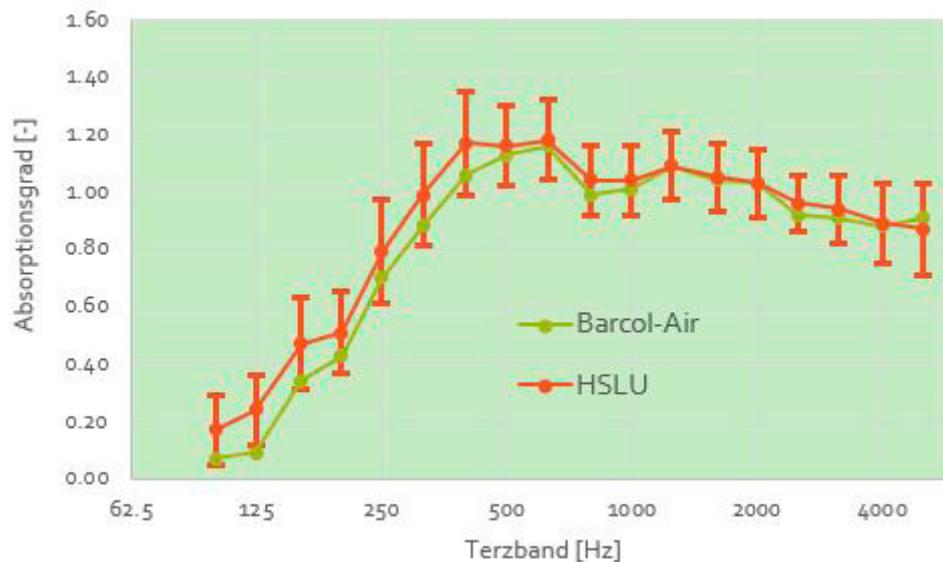
Akustiklabor

Neben den Labors zur Messung der Kühl- und Heizleistung von Klimadecken sowie zur Ermittlung der Raumluftgeschwindigkeit und anderer Komfortkriterien ihrer Zuluftdurchlässe hat Barcol-Air am Standort Schwerzenbach ein weiteres Labor zur Messung der Schallabsorption von Metallkühldecken eingerichtet.



Dank dem eigenen Hallraum können kundenspezifische Messungen sehr flexibel und schnell durchgeführt werden. Aufgrund umfangreicher Modellierung konnte die geringe Abweichung der Messungen im Vergleich zur Hochschule Luzern und der Eidgenössischen Materialprüfanstalt (EMPA) erst minimiert und dann exakt bestimmt werden.

Vergleich Hallraum Barcol-Air mit HSLU
Deckensegel, Aufbauhöhe 200 mm



Neben flexiblen Messungen sind im Hallraum insbesondere auch sehr viele Messungen – also ein hoher Detaillierungsgrad – möglich. Dies versetzt die Barcol-Air in die Lage, Auslegungs-Tools für präzise Aussagen zu entwickeln.

Fazit

Innerhalb der Betrachtungen zur Raumbehaglichkeit stellt die Raumakustik ein wichtiger Bestandteil dar. Um die optimale akustische Behaglichkeit zu erreichen, stehen verschiedene Lösungen zur Verfügung. Diese sind jedoch nur hilfreich und wirksam, wenn sie unter Berücksichtigung von vorherrschenden Begebenheiten, vorgesehenen Nutzungen und wissenschaftlichen Grundlagen eingesetzt werden. Insbesondere lohnt es sich, die Decke in das raumakustische Konzept miteinzubeziehen. Sie ist schallabsorptionstechnisch ideal gelegen, bietet viel Platz und vermag einen wesentlichen Beitrag für eine gute Raumakustik zu leisten.

Als Anbieter von Klimadeckensystemen und Spezialist für Raumbehaglichkeit erachtet Barcol-Air die Raumakustik als einen bedeutenden Behaglichkeitsfaktor. Deshalb stehen zu den verschiedenen Klimadeckensystemen entsprechende Kennwerte von zertifizierten Prüfstellen für die raumakustische Planung zur Verfügung.

Weitere wissenswerte Dokumente

Klimadecken Grundlagen

Technik/Einsatzgebiete/Vorteile



Energieeffizient kühlen

Erhöhung der Wasser-Vorlauftemperatur



Leistungssteigernde Faktoren

Differenz zwischen EN 14240 und Realität



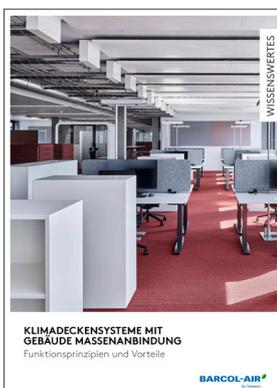
Klimadecken und Taupunkt

Kühle Köpfe auch bei hoher Luftfeuchtigkeit



Klimadeckensystem mit Gebäude Massenbindung

Funktionsprinzipien und Vorteile



Flexibilität moderner Klimadeckensysteme

Maximale Anpassungsfähigkeit



Kontakte

International

Barcol-Air Group AG

Wiesenstrasse 5
8603 Schwerzenbach
T +41 58 219 40 00
F +41 58 218 40 01
info@barcolair.com
barcolair.com

Schweiz



Barcol-Air AG

Wiesenstrasse 5
8603 Schwerzenbach
T +41 58 219 40 00
F +41 58 218 40 01
info@barcolair.com

Barcol-Air AG

Via Bagutti 14
6900 Lugano
T +41 58 219 45 00
F +41 58 219 45 01
ticino@barcolair.com

Deutschland

Swegon Klimadecken GmbH

Schwarzwaldstrasse 2
64646 Heppenheim
T: +49 6252 7907-0
F: +49 6252 7907-31
klimadecken@swegon.de
swegon.de/klimadecken

Frankreich

Barcol-Air France SAS

Parc Saint Christophe
10, avenue de l'Entreprise
95861 Cergy-Pontoise Cedex
T +33 134 24 35 26
F +33 134 24 35 21
france@barcolair.com
barcolair.com

Italien

Barcol-Air Italia S.r.l.

Via Leone XIII n. 14
20145 Milano
T +41 58 219 45 40
F +41 58 219 45 01
italia@barcolair.com
barcolair.com

Feel good **inside**

