

PraxiswissenAkustik

Neue Räume für das Handwerk – Akustik für Tischler & Schreiner



Foto: © akustik plus

Wir liefern Ideen. Und das passende Holz dazu.



HOLZ TUSCHE
HOLZHANDEL • WWW.HOLZTUSCHE.DE • HOLZIMPORT



Bild: ©Trendpanel

NEUE RÄUME FÜR DAS HANDWERK – AKUSTIK FÜR TISCHLER + SCHREINER

Zunächst einmal: „Herzlichen Glückwunsch“ - Sie lesen in diesem Augenblick unser Praxiswissen „Akustik für Tischler + Schreiner“. Und sollte dies nicht aus einer zufälligen Situation heraus geschehen sein, so haben Sie schon jetzt viel über sich verraten. Sie widmen Ihre kostbare Zeit einem Themenschwerpunkt, der für viele Ihrer Kollegen schwer greifbar, weit weg oder einfach nicht alltäglich erscheint.

Unser Ziel als Ihr Fachhandel für Tischler + Schreiner ist es, Ihnen die Scheu vor neuen Herausforderungen oder ungewohnten Märkten zu nehmen und Ihnen zu zeigen, dass es über den gewohnten Arbeitsbereich des Tischlers und Schreiners Themenfelder gibt, die für Sie nicht nur inhaltlich interessant, sondern auch finanziell sehr spannend sind.

In der vorliegenden Ausgabe des Praxiswissen „Neue Räume für das Handwerk - Akustik für Tischler + Schreiner“ stecken ungeahnte Potenziale, hervorragende Ertragschancen und ein kompletter Zukunftsmarkt. Sie als Profi haben alle Voraussetzungen dazu, diese Potenziale zu nutzen oder zumindest zu erkennen. Dabei wollen wir Ihnen helfen und Ihnen über dieses Praxiswissen mit Rat und Tat aber auch den passenden Produkten unserer Lieferanten zur Verfügung zu stehen.

Ihr FACHHANDEL FÜR TISCHLER + SCHREINER



Bild: ©Trendpanel

INHALTSVERZEICHNIS

1. Akustik im Alltag – Lärm, unser ewiger Begleiter	04
2. Ziele der raumakustischen Planung	05
3. Grundlagen der Akustik	10
4. Raumtypen in der Akustik	14
5. Gestaltung von Räumen und Raumausstattung	20
6. Stichwortverzeichnis / Glossar	24
7. Normen, Richtlinien, Empfehlungen	25
8. Produktguide	26



Bild: © Knaut Design

AKUSTIK IM ALLTAG – LÄRM, UNSER EWIGER BEGLEITER

Als Tischler bzw. Schreiner gehört es zu Ihrem Tagesgeschäft, sich mit individuellen Kundenwünschen auseinanderzusetzen und täglich aufs Neue die Herausforderungen in unterschiedlichsten Projekten anzunehmen. Sie sind Einrichtungsberater, Designer, Organisator, Handwerker und Problemlöser in einer Person. Damit werden Sie zu einem Ansprechpartner für Ihren Kunden, dem er vertraut und der für ihn mehr ist als nur ein Verarbeiter. Sie sind sein Spezialist, egal ob für den Privatkunden oder im Gewerbebau.

Wir, und hoffentlich Sie auch, wollen, dass Sie auch in Sachen Akustik zum kompetenten Ansprechpartner für Ihren Kunden werden. Um diesen Ansprüchen aber gerecht zu werden, ist es unabdingbar zu erkennen, worin der Nutzen einer angemessenen und damit guten Akustik im menschlichen Alltag überhaupt liegt:

Der Mensch ist ein **Gewohnheitstier**.

...diesen Satz hat sicher jeder schon häufig gehört oder selber in persönlichen Gesprächen verwendet. Und ja – diese Aussage stimmt. Der Mensch gewöhnt sich im Laufe seines Lebens an tausende von Dingen, die ihm irgendwann selbstverständlich erscheinen. Er passt sich ihnen an. Diese Rituale und Alltäglichkeiten sind für ein

geregeltes Leben auch unumgänglich, dennoch sollte man sich die Fragen stellen, „lässt sich der Alltag nicht optimieren? Warum nehme ich das Gewohnte einfach so hin? Was kann ich dafür tun, einen gewohnten Alltag angenehmer zu gestalten“?

Eine dieser Alltäglichkeiten ist die Einwirkung von Geräuschen auf den Menschen, die häufig auch als negativer Umweltfaktor und damit als Lärm begleitet, der uns jeden Tag, vom ersten Augenaufschlag bis hin zum nächtlichen Schlafgeräusch Ihres Bettnachbarn. Betrachten wir einmal einen gewöhnlichen Arbeitstag eines Durchschnittsbürgers, so wird schnell ersichtlich, wie viele Potenziale in der Optimierung der Akustik stecken.

Der Durchschnittsbürger schläft in der Regel ca. 7 Stunden, wenn es das o. g. Schlafgeräusch eines möglichen Bettnachbarn denn zulässt, und startet nach einem viel zu schnell verspeisten Frühstück auf den Weg zur Arbeit. Dort verbringt er etwa 40 % seiner täglichen Lebenszeit begleitet von der Geräuschkulisse, die seine Kollegen im Büro verursachen, dem ständigen Brummen des Kopierers auf dem Gang, dem Rattern von Maschinen oder auch nur dem „ganz normalen Lärmpegel“, den Gespräche zwischen Verkäufer und Kunden, Chef und Mitarbeiter oder ein einfaches Telefonat verursachen. Aber das

macht ja nichts, der Durchschnittsbürger ist den Lärm ja mittlerweile gewohnt. Abends kommt er, in der Regel noch mit Arbeitsthemen im Hinterkopf und einer leichten innerlichen Restanspannung nach Hause und lässt den Tag erst einmal sacken. Er bzw. sie erledigt dann den Haushalt, bereitet das Abendessen vor und irgendwann, passend zu den Nachrichten im Fernsehen, beginnt die Phase der Erholung und vermeintlichen Ruhe.

Natürlich begleitet durch die Nebengeräusche aus der Nachbarwohnung, die Schleudergeräusche der Waschmaschine und das Klackern der Trittgeräusche von Frau Müller aus der Wohnung über sich. Erst gegen 23 Uhr findet der Körper endgültig zur Ruhe und damit den Weg zu seinen 7 Stunden Schlaf...

Ja, der Mensch ist ein Gewohnheitstier und das wird er auch immer bleiben. Aber Gewohnheiten lassen sich ändern und Rahmenbedingungen optimieren. Und Sie werden hierbei zu einem entscheidenden Faktor. Helfen Sie Ihrem Kunden dabei, diese Probleme zu verstehen, zu beseitigen und damit seine Lebensqualität zu verbessern.

Gemeinsam mit Ihnen wollen wir in diesem Praxiswissen die Grundlagen der Akustik erläutern und Ihnen aufzeigen, wie Sie zum Problemlöser für Ihren Kunden werden können. Egal ob Lösungen für private Lebenssituationen oder eine Verbesserung der Akustik im gewerblichen Bereich, wir geben Ihnen das Grundverständnis, Lösungsansätze und die passenden Produkte an die Hand, damit Sie auch im Bereich Akustik der Spezialist für Ihren Kunden werden.

Ziele der raumakustischen Planung

Ziel einer raumakustischen Planung ist immer, den Nutzern eines Raums eine optimale oder zumindest angemessene akustische Situation zu schaffen.

Fast überall, wo Menschen sich begegnen, sprechen diese miteinander. In vielen Räumen ist es deshalb entscheidend, dass Sprache gut verstanden wird, entweder von allen im gesamten Raum (z. B. in einem Klassenraum oder Vortragssaal) oder auch nur über geringe Distanzen (z. B. in einer Schalterhalle).

Weiterhin kann ein Ziel einer raumakustischen Planung die Verminderung von Lärm aus anderen Schallquellen sein, z. B. eine Verminderung von Maschinenlärm in einer Werkstatt oder in einer Großküche.

In einigen Räumen ist es zusätzlich nötig, dass Sprache gleichzeitig über große Distanzen schlecht verstanden wird (z. B. in einem Mehrpersonenbüro, um Störungen zu vermindern, oder in einer Bankfiliale, um Vertraulichkeit zu erreichen).

Neben einer akustisch optimalen Gestaltung eines Raumes ist natürlich auch das Nutzerverhalten entscheidend für den Schall im Raum. Wenn viele, laute Schallquellen im Raum sind, ist auch zu erwarten, dass es in dem Raum laut ist. Ein akustisch optimal gestalteter Raum ist eine Grundlage, aber keine Garantie für niedrige Schallpegel im Raum.

Eine raumakustische Planung orientiert sich an objektiv messbaren, physikalischen Parametern wie z. B. der Nachhallzeit oder dem Schalldruckpegel. Ziel einer akustischen Planung ist immer, dass die Nutzer des Raumes mit der akustischen Situation möglichst zufrieden sind. Die Nutzerzufriedenheit ist jedoch immer höchst subjektiv und kann durch einen akustisch guten Raum begünstigt, aber nicht erzwungen werden.



Was ist Schall

Schall ist eine Schwingung in einem elastischen Medium. Für den Menschen von besonderer Bedeutung sind die für ihn hörbaren Schallwellen in der ihn umgebenden Luft. Dieses sind kleine Schwankungen im Luftdruck, die sich im Raum fortpflanzen, ohne dass sich hierbei die Luftteilchen selber fortbewegen. Von dieser Art von Schall handelt diese Broschüre.

Schall kann sich auch in allen anderen elastischen Medien ausbreiten. Für die Raum- und Bauakustik ist dieses in den Fällen von Belang, in denen Bauteile zu Schwingungen angeregt werden, sich der Schall in diesen Bauteilen ausbreitet und die Schwingungen der Bauteile wieder die Luft im Raum anregen, was als Luftschall hörbar ist.

SCHALLPEGEL

Die (Laut-) Stärke eines Schalls kann gemessen werden. Schall ist eine Schwankung des Luftdrucks, könnte also wie jeder Druck als Kraft pro Fläche (Einheit Pascal, Newton pro Quadratmeter) gemessen werden. Das menschliche Ohr ist jedoch so empfindlich, dass sehr kleine Druckschwankungen (0,00002 Pascal) ebenso wahrgenommen werden können wie sehr große (100 Pascal). Da das Rechnen in einem so großen Zahlenbereich viele praktische Probleme mit sich bringt, wurde als Hilfseinheit der Schalldruckpegel definiert.

$L_p = 20 \cdot \log_{10} P/P_0$ mit der Einheit Dezibel (dB)
und dem Referenzwert

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pascal

Der menschliche Hörbereich erstreckt sich in der Darstellung als Schalldruckpegel in einem Bereich zwischen ca. 0 dB (Hörschwelle) und ca. 100 dB (Schmerzschwelle). Subjektiv wird eine relative Pegeländerung ungeachtet der absoluten Lautstärke als annähernd gleich laut wahrgenommen. Eine Pegeländerung von 1 dB ist unter guten Bedingungen im direkten Vergleich wahrnehmbar, eine Pegeländerung von 3 dB ist deutlich hörbar, und eine Änderung um 10 dB wird als Verdoppelung bzw. Halbierung der Lautstärke wahrgenommen.

Durch die in der Definition des Schallpegels steckende Mathematik wurde ein übersichtlicher Wertebereich für die im täglichen Leben auftretenden Schalle geschaffen,

jedoch kann die Addition bzw. Multiplikation von Schallpegeln nicht mehr intuitiv erfolgen.

Aus der logarithmischen Definition der Dezibelskala ergeben sich besondere Regeln beim Rechnen mit Schallpegeln. Die Addition von Schallpegeln basiert auf der Addition der zugehörigen Schalldrücke, d. h. zunächst wird aus dem Schallpegel der Schalldruck nachberechnet. Anschließend werden die Schalldrücke addiert und der damit bestimmte Gesamt-Schalldruck wieder in einen Gesamt-Schallpegel L_{ges} umgerechnet. Für die Addition gilt:

$$L_{\text{ges}} = 10 \log \sum_{j=1}^a 10^{L_j/10} \text{ dB}$$

Die Addition von zwei Schallpegeln von je 40 dB ergibt nicht 80 dB, sondern $10 \cdot \log_{10}(10^{40/10} + 10^{40/10})$ dB = 43 dB.

Die folgende Merkregel erlaubt es ebenfalls, dass überschlägig mehr als zwei Pegel addiert werden, indem schrittweise immer zwei Pegel addiert werden und zu dem Ergebnis dann wiederum der nächste Wert addiert wird. Die Reihenfolge der Addition ist dabei egal.

In der raumakustischen Planung spielt das Rechnen mit Schallpegeln nur eine untergeordnete Rolle, so dass auf eine weitere Vertiefung des Themas verzichtet wird.



Flugzeugtriebwerk	140 dB (A)	schmerzhaft
Rockkonzert	120 dB (A)	unerträglich
starker Verkehr	100 dB (A)	sehr laut
laute Sprache	80 dB (A)	laut
ruhiges Büro	40 dB (A)	leise
Armbanduhr	20 dB (A)	sehr leise
Atem	10 dB (A)	kaum hörbar
absolute Stille	0 dB (A)	unhörbar

Die Stärke des Schalldrucks ist messbar und wird in Dezibel (dB) angegeben. Das Diagramm zeigt unterschiedliche Schallquellen und deren Wahrnehmung für den Menschen. Atem verursacht Schalldruck, ist jedoch kaum hörbar. Ein Rockkonzert kann trotz guter Musik schnell unerträglich werden.



Ein gelungenes Beispiel zur Optimierung der Raumakustik

Differenz zwischen den Pegeln	Pegelzunahme (zum höheren Pegel addieren)
0 dB bis 1 dB	+ 3 dB
2 dB bis 3 dB	+ 2 dB
4 dB bis 9 dB	+ 1 dB
10 dB und mehr	+ 0 dB

FREQUENZEN

Eine weitere Eigenschaft der Schallwelle ist ihre Tonhöhe bzw. Frequenz. Die Frequenz wird in Hertz (Hz) angegeben und bezeichnet die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde. Schallwellen mit niedriger Frequenz werden als tiefe Töne wahrgenommen und Schallwellen mit hoher Frequenz als hohe Töne.

Nur für reine (Sinus-) Töne lässt sich eine einzelne, eindeutige Frequenz festlegen. Die meisten in der Realität vorkommenden Töne bestehen aus einer Überlagerung einer Vielzahl von Frequenzen. In der Raum- und Bauakustik werden aus diesem Grund üblicherweise nicht einzelne Frequenzen betrachtet. Der gesamte für den

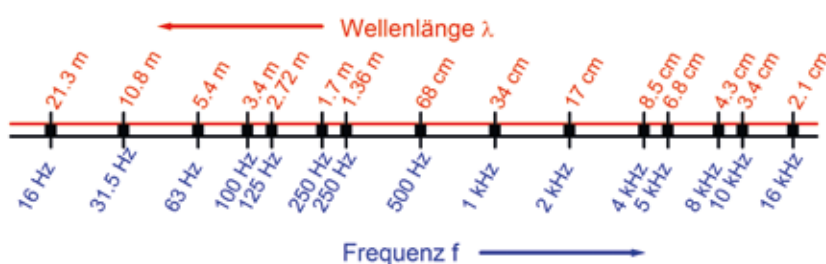
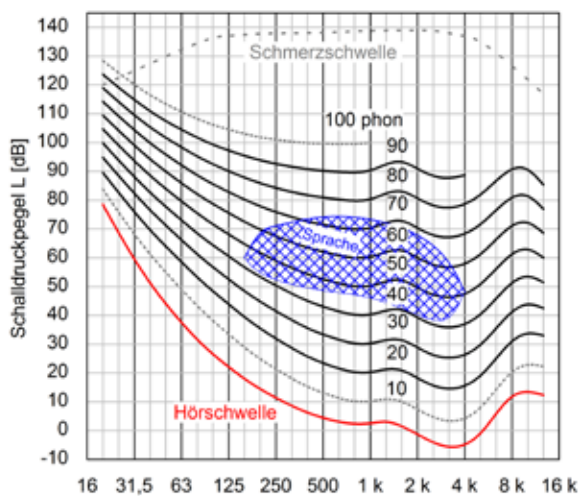
Menschen hörbare Frequenzbereich wird unterteilt in Oktavbänder, deren Mittenfrequenz sich von einem Oktavband zum anderen jeweils verdoppelt.

Jedes Oktavband kann noch finer in drei Terzbänder unterteilt werden. Die Mittenfrequenzen der Oktav- bzw. Terzbänder sind normativ festgelegt und orientieren sich an Bruchteilen bzw. Vielfachen der Frequenz von 1.000 Hz. Der menschliche Hörbereich liegt bei jungen, hörgesunden Menschen ungefähr zwischen 20 Hz und 20 kHz, bei älteren Menschen liegt die Obergrenze üblicherweise schon etwas niedriger.

Bei der raumakustischen Planung von Alltagsräumen werden die Oktavbänder zwischen 125 Hz und 4.000 Hz (manchmal auch 8.000 Hz) betrachtet. Nur bei Räumen für Musikaufführungen, Tonaufnahmen oder -wiedergabe werden höhere und tiefere Frequenzbereiche genau betrachtet.

Die Frequenzen oberhalb des menschlichen Hörbereichs werden Ultraschall genannt. Diese haben eine Bedeutung in technischen Anwendungen und können von einigen Tierarten (z. B. Hunde oder Fledermäuse) gehört werden.

Die Frequenzen unterhalb des menschlichen Hörbereichs werden Infraschall genannt und können nicht mit den Ohren wahrgenommen werden. Sowohl Ultraschall als auch Infraschall haben für die raumakustische Planung keine Bedeutung.



Schallgeschwindigkeit und Wellenlänge

Der Schall breitet sich mit einer annähernd konstanten Geschwindigkeit von ca. 340 m/s im Raum aus. Leichte Variationen der Schallgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck können in der raumakustischen Planung üblicherweise vernachlässigt werden.

Über die annähernd konstante Schallgeschwindigkeit ist die Frequenz einer Schallwelle verknüpft mit deren Wellenlänge. Die Wellenlängen der Schallwellen des menschlichen Hörbereichs reichen von wenigen Zentimetern bei hohen Frequenzen bis hin zu mehreren Metern bei tiefen Frequenzen.



ABGRENZUNG RAUMAKUSTIK/BAUAKUSTIK

Auf den ersten Blick scheinen sich die Bereiche Raumakustik und Bauakustik mit ähnlichen Aspekten zu befassen; erst bei näherer Betrachtung wird der wesentliche Unterschied klar.

Die Frage in der Bauakustik lautet stets: Welcher Anteil des Schalls kommt auf der anderen Seite des betrachteten Bauteils an? Entscheidende Eigenschaft ist die Schalldämmung des trennenden Bauteils zwischen zwei Räumen. Im Wesentlichen geht es um die Fähigkeit von Bauteilen – Wänden, Decken, Türen, Fenstern, usw. –, den Schallübergang zwischen zwei Räumen zu minimieren. Eine hohe Schalldämmung wird in der Regel durch massive, schwere Bauteile erreicht, die den Schall an seiner Ausbreitung hindern. In der Raumakustik dagegen lautet die Frage: Durch welche Oberflächen schaffe ich optimale Hörbedingungen im Raum? Entscheidende

Eigenschaft ist in diesem Fall die Schalldämpfung der Materialien im Raum. Schalldämpfung beschreibt die Fähigkeit von Materialien, Schall zu absorbieren bzw. die auftreffende Schallenergie in andere Energieformen umzuwandeln. Schalldämpfung wird durch Schallabsorber erreicht, die ganz unterschiedlich aussehen können: Schaumstoffe, Resonanzplatten, Lochplatten mit Vliesen, Akustikputze usw. Auf die Eigenschaften und die Vielfalt von Schallabsorbern wird im Laufe der Broschüre noch differenzierter eingegangen.

Grundverschieden ist folglich die Bedeutung der Begriffe „Schalldämmung“ und „Schalldämpfung“. Fühlt man sich durch Geräusche aus einem benachbarten Raum belästigt, so trägt die Erhöhung der Schalldämmung im Wesentlichen dazu bei, die Situation zu verbessern. Die Schalldämpfung dient dagegen der Verbesserung der Hörsamkeit innerhalb eines Raums.

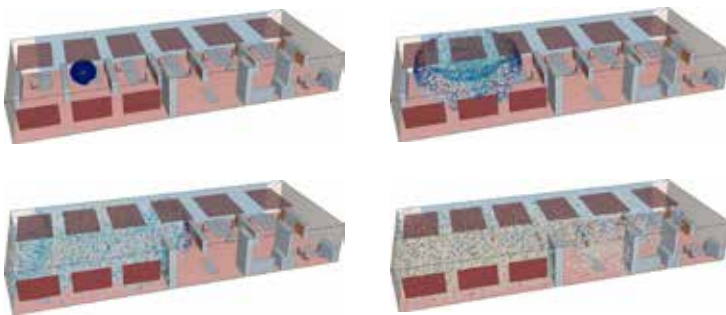


GRUNDLAGEN DER RAUMAKUSTIK

Schallausbreitung im Raum

Die Schallausbreitung einer frei im Raum stehenden Schallquelle verläuft kugelförmig in alle Richtungen. Die Schallenergie auf der Kugeloberfläche bleibt erhalten, aber weil sich die Größe der Kugeloberfläche mit dem Abstand ändert, verringert sich auch der Schalldruckpegel mit zunehmender Entfernung zur Quelle und zwar um 6 dB pro Verdopplung der Entfernung.

Ein kleiner Teil der Schallenergie wird von der Luft absorbiert, aber das ist für raumakustische Fragen nur in sehr großen Räumen und nur bei hohen Frequenzen von Belang.



Akustisches Raummodell mit strahlenförmiger Schallausbreitung zu verschiedenen Zeitpunkten (3 ms, 12 ms, 24 ms und 50 ms)



Der Schall, der sich auf direktem Weg von der Schallquelle zum Empfänger ausbreitet, wird als **Direktschall** bezeichnet. Der Direktschall trifft immer als erstes bei dem Empfänger ein und ist deshalb am lautesten.

Befindet sich eine Schallquelle hinter einer Raumecke oder wird von einem Gegenstand verdeckt, so breitet sich der Schall um diese Kante herum aus, und ist auch dann zu hören, wenn die Schallquelle nicht zu sehen ist. Dieser Vorgang wird als **Beugung** bezeichnet.

Schalleinwirkung an einer Oberfläche

Trifft der Schall auf eine Oberfläche, passieren drei wichtige Dinge: Ein Anteil der Schallenergie tritt in das Material ein, während die restliche Schallenergie von der Fläche reflektiert wird.

Von der eintretenden Energie wird wiederum ein Anteil im Material weitergeleitet, um an anderer Stelle, z. B. auf der anderen Seite einer Wand, wieder als Schallwelle abgestrahlt zu werden. Dieses bezeichnen wir als **Transmission**. Der verbleibende Anteil der Schallenergie wird in eine andere Energieform (in den allermeisten Fällen: in Wärmeenergie) umgewandelt. Diesen Vorgang bezeichnen wir als **Absorption**.

Findet die Reflexion an einer glatten Oberfläche statt, so ist sie annähernd wie an einem Spiegel, mit Einfallswinkel

gleich Ausfallswinkel. Ist die Oberfläche nicht glatt, sondern strukturiert, gekrümmt oder wie bei einem Möbelstück unregelmäßig geformt, so wird der Schall nicht nur in eine Richtung reflektiert, sondern in alle Richtungen abgelenkt. Diese Vorgänge bezeichnen wir als **geometrische Reflexion** bzw. als **Streuung**.

Neben dem Direktschall und dem gebeugten Schall finden also verschiedene Reflexionen wieder ihren Weg zum Empfänger. Je später diese Reflexionen beim Empfänger eintreffen, um so leiser sind sie, bis sie irgendwann verklungen sind.

Hierbei unterscheiden die Akustiker zwischen einzelnen wahrnehmbaren oder messbaren **frühen Reflexionen**, und der Gesamtheit der einzelnen nicht mehr wahrnehm-



baren späten Reflexionen, die als **Nachhall** bezeichnet werden. Die Akustiker bezeichnen diese Reflexionen in allen Räumen als Nachhall (auch wenn dieser manchmal sehr kurz ist), während umgangssprachlich nur ein stark wahrnehmbarer Raumklang wie z. B. in einer Kirche als Nachhall bezeichnet wird.

Nur wenn wiederkehrende Reflexionen im Nachhall deutlich hörbar sind, bezeichnen wir diese als **Echo**. Kurze Echos zwischen nahen beieinander liegenden Flächen werden als **Flatterechos** bezeichnet.

Bei der Frage der Streuung ist entscheidend, welche Oberfläche als glatt angesehen werden kann, und dieses ist stark abhängig von der betrachteten Frequenz und damit der Wellenlänge. Tieffrequenter Schall, z. B. mit einer Frequenz von 30 Hz, hat eine Wellenlänge von ca. 12 Metern. Kleine Strukturen und sogar Möbel beeinflussen die Schallreflexion nicht, sie werden von der Schallwelle nicht „gesehen“. Eine geometrische Reflexion findet nur an den Raumbegrenzungsflächen (Decke, Boden, Wände) statt, wenn diese groß genug sind. Ganz anders ist die Situation bei sehr hochfrequentem Schall – eine Schallwelle mit einer Frequenz von 10 kHz hat eine Wellenlänge von ca. 3,4 cm und wird schon von sehr kleinen Flächen geometrisch reflektiert, wenn die Flächen glatt sind.

Diese Zusammenhänge haben bedeutende Auswirkungen auf die Möglichkeiten und auch die Grenzen einer

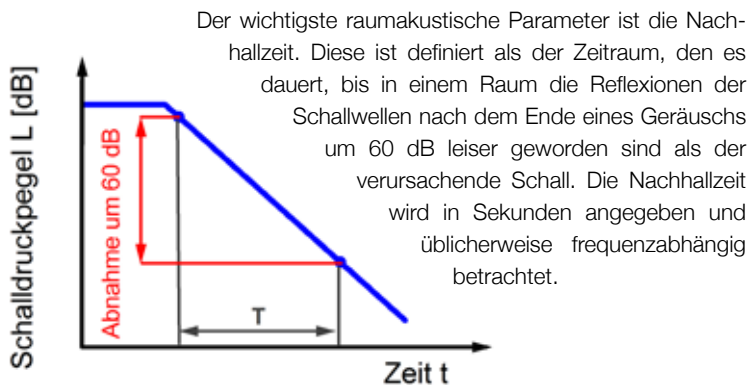
raumakustischen Optimierung: Um die Nachhallzeit in einem Raum zu verringern, müssen wir Schallabsorber in diesen bringen. Sowohl die Flächengrößen als auch die schallabsorbierende Wirkung der Materialien muss groß genug sein. In Räumen mit einer sehr langen Nachhallzeit können die Schallpegel, zumindest in einiger Entfernung von der Schallquelle deutlich vermindert werden, indem zusätzliche Absorber in den Raum gebracht werden und damit die Schallenergie des Nachhalls vermindert wird.

In Räumen, in denen die Nachhallzeit bereits ausreichend kurz ist, werden die Schallpegel vom Direkt- und auch vom Beugungsschall bestimmt, und die Installation zusätzlicher Absorber kann die Schallpegel im Raum nur sehr geringfügig senken.

Haben wir in einem Raum die Nachhallzeit bereits optimal eingestellt und wollen die Schallpegel weiter senken, dann bleibt nur der Weg, die Entfernung zur Schallquelle zu erhöhen, oder eine Abschirmung zwischen Schallquelle und Empfänger zu positionieren. Eine solche Abschirmung muss groß genug sein, damit nicht der Großteil der Schallenergie aufgrund der Beugung seinen Weg am Schirm vorbei zum Empfänger findet.

Prinzipiell ist es wünschenswert, dass der Schall im Raum entweder auf absorbierende Flächen trifft oder auf schallstreuende.

Nachhallzeit



Typische Nachhallzeiten reichen von ca. 0,3 s in kleinen Besprechungsräumen, ca. 0,5 bis 0,8 s in Wohnzimmern, Klassenräumen und Büros, ca. 1,0 s in Vortragssälen bis hin zu mehreren Sekunden in Konzertsälen und Kirchen. Auf die für eine Nutzung optimalen Zielwerte wird im Folgenden noch detailliert eingegangen.

Die Nachhallzeit kann mit geeigneten Messgeräten gemessen, oder bei Kenntnis der Materialien im Raum auf verschiedene Arten berechnet werden. Dazu ist eine Kenntnis der akustischen Wirkung der Materialien im Raum notwendig.

Akustische Eigenschaften von Materialien

Die wichtigste raumakustische Eigenschaft von Oberflächenmaterialien ist deren Schallabsorption, für flächige Materialien beschrieben durch deren Schallabsorptionsgrad.

Der Schallabsorptionsgrad kann definiert werden als der Anteil der auf eine Fläche treffenden Schallenergie, der absorbiert wird. Entsprechend dieser Definition kann der Schallabsorptionsgrad Werte zwischen 0 (vollständig schallreflektierend) und 1 (100 % der Schallenergie wird absorbiert) annehmen.

Eng verknüpft mit dem Schallabsorptionsgrad ist der Begriff der äquivalenten Schallabsorptionsfläche. Die äquivalente Schallabsorptionsfläche ist die Flächengröße eines idealen Absorbers (Absorptionsgrad 1,0 – 100 % Schallabsorption), der gleich viel Schall absorbiert wie die betrachtete Fläche. Sie wird berechnet aus der Flächengröße multipliziert mit dem Schallabsorptionsgrad. Eine Decke mit 50 m² Flächengröße und einem Schallabsorptionsgrad von 0,9 (90 % der Schallenergie wird absorbiert) hat also eine äquivalente Schallabsorptionsfläche von 45 m²

(45 m² * 0,9 = 45 m²), und damit genauso viel wie eine Decke mit einem Schallabsorptionsgrad von $\alpha = 0,45$ bei einer Flächengröße von 100 m² (100 m² * 0,45 = 45 m²).

Absorbermaterialien können einen Schallabsorptionsgrad nahe bei 1,0 haben, also fast 100 % der auftreffenden Schallenergie absorbieren. Viele schallharte Materialien wie Mauerwerk/Putz/Tapete, Beton, Stein, Vinyl/PVC, Parkett/Laminat haben einen Schallabsorptionsgrad kleiner als 0,05, sie reflektieren also mehr als 95 % der auftreffenden Schallenergie. Dabei ist unbedingt zu beachten, dass der Schallabsorptionsgrad frequenzabhängig ist, also kaum Materialien in allen Frequenzbereichen gleich viel Schall absorbieren.

Für Gegenstände, deren Oberfläche sich nicht eindeutig bzw. einfach definieren lässt (wie z. B. Möbelstücke oder Leuchten) lässt sich die äquivalente Schallabsorptionsfläche des ganzen Objekts angeben. Für eine raumakustische Planung ist eine Angabe der Schallabsorption von Gegenständen als äquivalente Schallabsorptionsfläche ausreichend.

Sabinesche Nachhallformel

Die Nachhallzeit kann für viele Räume lässt sie sich überschlägig nach der Sabineschen Formel berechnen:

$$T = 0,163 \cdot V/A$$

Mit T = Nachhallzeit

V = Raumvolumen

A = Schallabsorptionsfläche im Raum,
also Summe der äquivalenten
Schallabsorptionsflächen aller
Materialien im Raum

Verschiedene Bedingungen müssen erfüllt sein, damit die Sabinesche Formel verwendet werden kann: Das Schallfeld im Raum muss ausreichend diffus sein.

Dieses wird üblicherweise in Räumen erreicht, in denen die Schallabsorber gleichmäßig verteilt sind, insbesondere nicht nur an der Decke, sondern auch Anteilig auch an Wandflächen installiert sind. Alternativ kann ein diffuses Schallfeld auch durch Möblierung oder eine Strukturierung der Wandflächen erreicht werden. In Räumen, in denen glatte, reflektierende Wände einander gegenüber liegen, wird die Nachhallzeit möglicherweise von Reflexionen an diesen Wänden dominiert und die Sabinesche Nachhallformel liefert keine korrekten Vorhersagen.

Ein weiterer Spezialfall, in denen die Sabinesche Formel keine Gültigkeit hat, sind Räume mit einem hohen mittleren Schallabsorptionsgrad der Oberflächenmaterialien

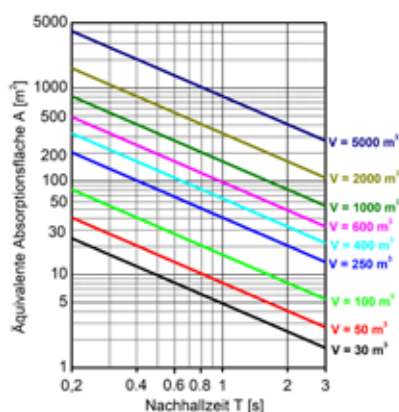
(Mittelwert größer ca. 0,3) und einer entsprechend kurzen Nachhallzeit. Derartige Räume kommen in der planerischen Praxis selten vor. Aus dieser einfachen Formel lassen sich bereits mehrere wichtige Aussagen ableiten.

1) Die Nachhallzeit ist direkt (linear) abhängig vom Raumvolumen. Betrachten wir beispielhaft einen Raum, der durch ausreichend dimensionierte Schallabsorber akustisch optimal gestaltet ist. Wenn wir dessen Raumvolumen bei gleichbleibender Absorberfläche verdoppeln, resultiert eine Verdoppelung der Nachhallzeit. Der Raum ist voraussichtlich aus akustischer Sicht nicht mehr optimal, sondern ungeeignet. Wenn wir im Raum bei einem verdoppelten Raumvolumen eine identische Nachhallzeit beibehalten wollen, müssen wir die Absorberfläche ebenfalls verdoppeln.

Wenn die Absorberflächen überwiegend an Decke und Boden positioniert sind, steigt bei einer Verdoppelung der Grundfläche gleichzeitig der Beitrag von Boden und Decke, und wir müssen für eine gleichbleibende Nachhallzeit nur etwas zusätzliche schallabsorbierende Wandfläche vorsehen.

Verdoppeln wir in einem Raum mit Akustikdecke jedoch die Raumhöhe, müssen wir für eine gleichbleibende Nachhallzeit zusätzliche Absorberflächen in der Größenordnung der Akustikdecke in den Raum bringen. Dieses bedeutet bei überdurchschnittlich großen Raumhöhen häufig eine Belegung von Wandflächen in der Größenordnung der Raumgrundfläche.

2) Die zu erwartende Nachhallzeit ist nicht linear, sondern vom Kehrwert der äquivalenten Schallabsorptionsfläche



abhängig. Während z. B. bereits eine relativ geringe zusätzliche Absorberfläche ausreicht, um z. B. die Nachhallzeit in einem schallharten Raum von 2,0 s auf 1,5 s zu verringern, ist für eine Verringerung von 1,0 s auf 0,5 s eine deutlich größere zusätzliche Fläche nötig.

3) Entscheidend für die Nachhallzeit im Raum ist die äquivalente Schallabsorptionsfläche aller Materialien im Raum zusammengenommen. Eine gleichwertige, optimale akustische Situation kann also auf viele verschiedene Wege erreicht werden, also z. B. durch eine kleinere Fläche eines hochabsorbierenden Materials, oder durch eine größere Fläche eines weniger stark absorbierenden Materials. Eine identische Nachhallzeit ließe sich aber auch durch schallabsorbierende Wandflächen in Kombination mit einer schallharten Decke, durch Vorhänge und Möbel oder durch Deckensegel erreichen. Bei der Kombination von Materialien müssen jeweils immer alle Materialien berücksichtigt werden, deren Schallabsorptionswerte möglicherweise auch stark unterschiedliche Frequenzverläufe aufweisen.

4) Bestimmend für die äquivalente Schallabsorptionsfläche und damit für die Nachhallzeit ist vor allem der Beitrag der stark schallabsorbierenden Materialien. Typ und Größe der schallharten Materialien im Raum (z. B. Wände, Fenster, Bodenbeläge wie PVC, Parkett, Beton, aber auch Möbel) haben nur eine geringe Wirkung auf die Nachhallzeit. Die Nachhallzeit wird also durch zusätzliche Schallabsorber verkürzt, aber durch zusätzliche schallharte Flächen nicht verlängert.

Eine Berechnung der Nachhallzeit kann bei Kenntnis der Raum- und Materialdaten mittels der Sabineschen Formel leicht selber durchgeführt werden. Viele Hersteller von Akustikmaterialien bieten (Online-) Rechner an, bei denen Materialdaten und z. T. auch die Zielwerte aus den relevanten raumakustischen Regelwerken hinterlegt sind. Diese rechnen üblicherweise auch nach der Sabineschen Formel. Weitere Rechenmethoden, die an dieser Stelle nur erwähnt werden, sind die Eyringsche Formel insbesondere für Räume mit kurzer Nachhallzeit, Rechenmethoden nach DIN 12354-6, Anhang D, für Räume mit unregelmäßigen Raumformen oder Absorberverteilungen. Für anspruchsvolle raumakustische Fragestellungen werden von Fachplanern raumakustische 3D-Simulationsprogramme verwendet.

Anforderungen für die Nachhallzeit

Baurechtlich bindende Vorgaben zur Raumakustik bestehen, im Gegensatz zur Bauakustik, nicht. Fachplaner sind jedoch gehalten, die anerkannten Regeln der Technik zu beachten, die z. B. in der DIN 18041 oder im Entwurf zur Richtlinie E VDI 2569 formuliert sind. Weiterhin geben die

im Mai 2018 erschienenen Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 Lärm arbeitsschutzrechtliche Anforderungen zur Raumakustik von Arbeitsstätten. Aus fachlicher Sicht sind diese Vorgaben großteils deckungsgleich zu den Vorgaben der DIN 18041 bzw. der Richtlinie E VDI 2569.



RAUMTYPEN IN DER AKUSTIK

In vielen Räumen ist eine angemessene raumakustische Situation bereits erreicht, wenn ausreichend schallabsorbierende Materialien im Raum vorhanden sind. In Abhängigkeit von Raumnutzung und Raumgröße sind nicht nur unterschiedliche Zielwerte anzustreben, es sind auch verschiedene Aspekte der raumakustischen Gestaltung zu beachten.

In **Wohnräumen** ist die Installation von Akustikmaterialien noch lange nicht so verbreitet wie in Gewerbebauten. In den „klassischen“ Wohnräumen des 20. Jahrhunderts sind diese nicht unbedingt nötig, wenn durch Möblierung, Teppiche und Vorhänge eine angemessene Nachhallzeit erreicht wird. Gerade in modernen Wohnbauten mit gehobenem Anspruch werden jedoch heutzutage häufig größere Räume realisiert, und diese sind häufig sehr spärlich möbliert. Viele der aktuell im Innenausbau gerne verwendeten Materialien wie Glas, Beton, Mauerwerk, glatte, verputzte Wände, Metalloberflächen, Parkett, Vinyl/

PVC haben nur eine sehr geringe schallabsorbierende Wirkung. Werden ausschließlich solche Materialien verwendet, ist das Resultat häufig eine schlechte raumakustische Situation, die eine Nutzung der Räume manchmal unmöglich macht.

Eine Kenntnis der in dieser Broschüre dargestellten akustischen Grundlagen ermöglicht es, Maßnahmen für das Erreichen einer guten akustischen Situation frühzeitig in der Planung zu berücksichtigen und in das gestalterische Konzept zu integrieren.

In **Restaurants** sitzen häufig sehr viele Menschen auf engem Raum zusammen und möchten sich gleichzeitig unterhalten. In akustisch schlecht gestalteten Speiseräumen ist der resultierende hohe Lärmpegel häufig sehr unangenehm. Eine akustische Optimierung kann die Schallpegel im Raum deutlich senken und die Sprachverständlichkeit erhöhen.

Öffentliche Räume

In **Schulen** und **Kindertageseinrichtungen** ist eine angemessene Situation meist nur zu erreichen, wenn zusätzlich zu einer vollflächigen Akustikdecke noch schallabsorbierende Wandflächen vorgesehen werden. Vorrangig sind in diesen Gebäuden die Unterrichts- und Gruppenräume zu betrachten, aber auch für fast alle anderen Räume (Aula, Speiseräume, Sport- und Umkleideräume, Flure) sehen die einschlägigen Regelwerke umfangreiche Maßnahmen zur akustischen Optimierung vor.

Für große **Vortrags-** und **Schulungsräume** und **Hörsäle** sollten nicht nur angemessen große Schallabsorptionsflächen vorgesehen werden, sondern es sollten in der Planung an geeigneten Stellen auch schallreflektierende Flächen vorgesehen werden, um die Schallenergie der Sprache vom Vortragenden in Richtung des Publikums zu lenken.

DIN 18041

Im Folgenden wird die Fassung der DIN 18041 aus dem Jahr 2016 mit dem Titel »Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung« vorgestellt. Wichtige akustische Voraussetzung ist weiterhin ein niedriger Gesamtstörschalldruckpegel. Die bauakustischen Anforderungen dazu werden in der DIN 18041 nur kurz angeführt. Ansonsten wird auf die einschlägigen Regelwerke und gesetzlichen Vorgaben zur Bauakustik wie die DIN 4109 verwiesen.

Vorweg ist der in der Norm definierte und schon im Titel verwendete Begriff der Hörsamkeit zu erwähnen. Folgende Definition führt die DIN 18041 an:

„Hörsamkeit – Eignung eines Raumes für bestimmte Schalldarbietungen, insbesondere für angemessene sprachliche Kommunikation und musikalische Darbietung an den für die Nutzung des Raumes vorgesehenen Orten.“ Allgemein gilt die Norm für Räume mit Volumina bis maximal ca. 5 000 m³ sowie für Sport- und Schwimmhallen bis ca. 30 000 m³. Es werden Anforderungen und Empfehlungen zur raumakustischen Planung formuliert sowie Hinweise zur Umsetzung gegeben. Für Räume mit Volumina bis maximal 30 000 m³ kann die Norm sinngemäß angewandt werden.

In der DIN 18041 werden prinzipiell zwei Gruppen von Räumen unterschieden:

Gruppe A – Anforderungen an die Hörsamkeit über mittlere und größere Entfernungen wie z. B. Unterrichtsräume in Schulen, Gruppenräume in Kindertageseinrichtungen, Konferenzräume, Gerichts- und Ratssäle, Seminarräume, Hörsäle, Tagungsräume, Räume in Seniorentagesstätten, Sport und Schwimmhallen

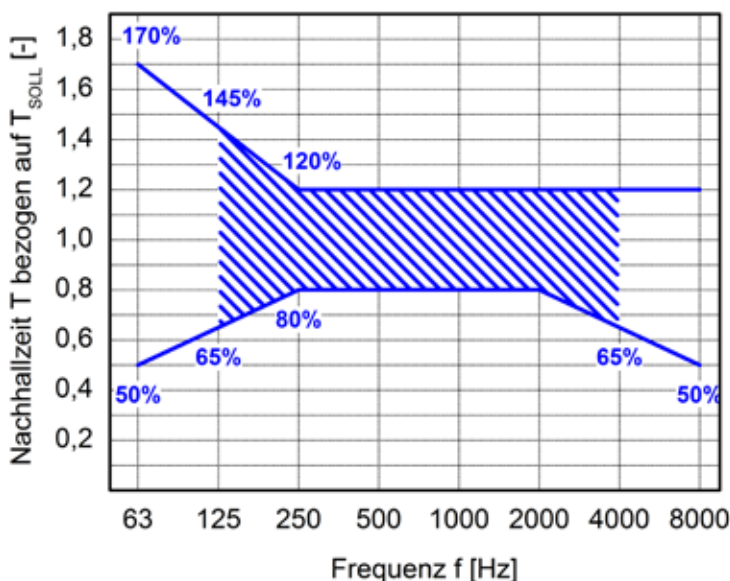
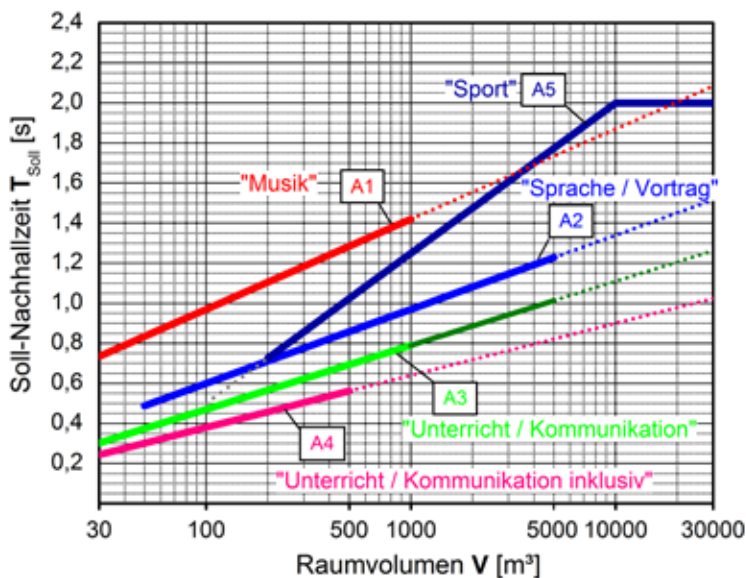
Gruppe B – Empfehlungen für die Hörsamkeit über geringe Entfernungen wie z. B. Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität, Speiseräume, Kantinen, Spielfläure und Umkleiden in Schulen und Kindertageseinrichtungen, Ausstellungsräume, Eingangshallen, Schalterhallen, Büros.

Die Räume der Gruppe A stellen dabei selbstverständlich auch die Hörsamkeit über geringe Entfernungen sicher. Für Räume der Gruppe A werden fünf Nutzungsarten, mit A1 bis A5 bezeichnet, unterschieden. Anforderungen an die Nachhallzeit für diese fünf Nutzungsarten werden in Abhängigkeit vom Volumen vorgegeben, siehe nachfolgende Abbildung.

Nutzungsarten mit Beschreibung und Beispiele für Räume der Gruppe A

Nutzungsart	Kurzbezeichnung und Beschreibung der Nutzungsart	Subjektive Wahrnehmung	Beispiele
A1	Kurzbezeichnung: „Musik“ Vorwiegend musikalische Darbietungen	Gute Hörsamkeit für unverstärkte Musik. Sprachliche Darbietungen sind nur mit gewissen Einschränkungen der Sprachverständlichkeit möglich.	Musikraum mit aktivem Musizieren und Gesang
A2	Kurzbezeichnung: „Sprache/Vortrag“ Sprachliche Darbietungen stehen im Vordergrund in der Regel von einer (frontalen) Position. Gleichzeitige Kommunikation zwischen mehreren Personen an verschiedenen Stellen im Raum wird selten durchgeführt.	Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit. Musikalische Darbietungen werden in der Regel als zu transparent und klar empfunden, jedoch günstig für musikalische Probearbeit.	Gerichts- und Ratsaal Gemeindesaal Hörsaal Versamlungsraum Schulaula
A3	Kurzbezeichnung: „Sprache/Vortrag inklusiv“ Räume der Nutzungsart A2 für Personen, die in besonderer Weise auf gutes Sprachverstehen angewiesen sind. Erforderlich für inklusive Nutzung ^a	Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei z. B. fremdsprachlicher Nutzung.	Gerichts- und Ratsaal Gemeindesaal Hörsaal Versamlungsraum Schulaula
	Kurzbezeichnung: „Unterricht/Kommunikation“ Kommunikationsintensive Nutzungen mit mehreren gleichzeitigen Sprechern verteilt im Raum.	Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich.	Unterrichtsraum Differenzierungsraum Tagungsraum Besprechungsraum Konferenzraum Seminarraum Gruppenraum in Kindertageseinrichtungen, Pflegeeinrichtungen und Seniorenheimen
A4	Kurzbezeichnung: „Unterricht/Kommunikation inklusiv“ Kommunikationsintensive Nutzung mit mehreren gleichzeitigen Sprechern verteilt im Raum entsprechend Nutzungsart A3, jedoch für Personen, die in besonderer Weise auf gutes Sprachverstehen angewiesen sind. Für Räume größer als 500 m ² und für musikalische Nutzungen ist diese Nutzungsart nicht geeignet. Erforderlich für inklusive Nutzung ^a	Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei z. B. fremdsprachlicher Nutzung.	Unterrichtsraum Differenzierungsraum Tagungsraum Besprechungsraum Konferenzraum Seminarraum Gruppenraum in Kindertageseinrichtungen, Pflegeeinrichtungen und Seniorenheimen Video-Konferenzraum
A5	Kurzbezeichnung: „Sport“ In Sport- und Schwimmhallen kommunizieren mehrere Gruppen (auch gleichzeitig) mit unterschiedlichen Inhalten.	Sprachliche Kommunikation über kurze Entfernungen ist im Allgemeinen gut möglich.	Sport- und Schwimmhallen für nahezu ausschließliche Nutzung als Sportstätte

a Aus dem Behindertengleichstellungsgesetz vergleichbaren Landesregelungen und der UN-Konvention über Rechte von Menschen mit Behinderungen ergibt sich, dass der Öffentlichkeit zugängliche Neubauten inklusiv zu errichten sind, soweit dies nicht nur mit einem unverhältnismäßigen Mehraufwand erfüllt werden kann. Näheres ist den jeweiligen Landesgesetzen zu entnehmen.



Die Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit wird ebenfalls in der DIN 18041 thematisiert. Für die Nutzungsarten A1 bis A4 wird ein Toleranzbereich im Frequenzbereich zwischen 125 Hz und 4 000 Hz definiert. Bezugsgröße ist die Nachhallzeit T_{Soll} der jeweiligen Nutzungsart. In der Abbildung links ist der Toleranzbereich bezogen auf die Soll-Nachhallzeit der Nutzungsarten A1 bis A4 grafisch dargestellt. In der DIN 18041 sind die Toleranzbereiche über den verbindlichen Frequenzbereich der Norm hinausgehend auch für die Bereiche unterhalb von 100 Hz und oberhalb von 5 000 Hz als optionale Orientierungswerte angegeben.

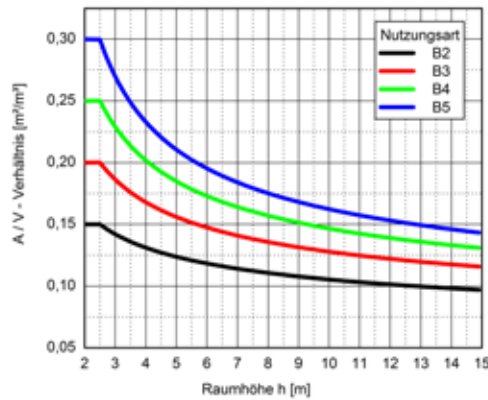
Für Räume der Gruppe B, bei denen die Hörsamkeit nur über geringe Entfernungen zu gewährleisten ist, werden keine Anforderungen an die Nachhallzeit definiert. Es werden Maßnahmen zur Raumbedämpfung empfohlen. Hierzu wird das Verhältnis der gesamten äquivalenten Absorptionsfläche im Raum und dem Raumvolumen V , im Folgenden $A=V$ -Verhältnis, verwendet. Die in der DIN 18041 beschriebenen Empfehlungen dienen dem Zweck, eine angemessene Sprachkommunikation über geringe Entfernungen sicherzustellen. Dies wird über eine Erhöhung der Schallabsorption bzw. Absenkung der Nachhallzeit und einer damit ausgelösten Minderung des Gesamtstörchallpegels erreicht.

Analog dem Vorgehen bei der Raumgruppe A werden auch bei den Räumen der Gruppe B fünf Nutzungsarten B1 bis B5 definiert.

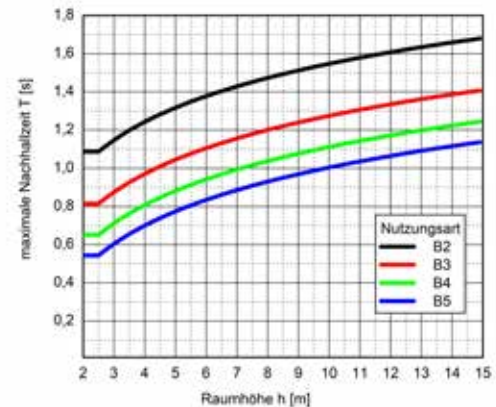
Anwendungen der Anforderungen DIN 18041 für Raum A: Eine Schulaula mit einem Volumen von 1500 m³ kann der Nutzungsart A2 oder auch A3 zugeordnet werden. Nach Gleichung 5.2 ergibt sich eine Soll-Nachhallzeit T_{Soll} , A2 = 1,04 s. Sofern die Belange von Personen mit Höreinschränkungen berücksichtigt werden sollen, ergibt sich für die Nutzungsart A3 T_{Soll} , A3 = 0,85 s. Die Entscheidung, ob die Belange der Inklusion zu berücksichtigen sind und damit auch Personen mit Höreinschränkungen den Raum nutzen können, ist entweder aus baurechtlicher Sicht, Stichwort „Barrierefreies Bauen“, zu bewerten oder von der Bauherrschaft zu entscheiden.



Für die fünf Nutzungsarten B1 bis B5 werden Orientierungswerte für das mindestens erforderliche $A=V$ -Verhältnis vorgegeben. Diese Orientierungswerte sind in den einzelnen Oktaven von 250 Hz und 2 000 Hz einzuhalten. In der folgenden Abbildung sind die Orientierungswerte für das mindestens erforderliche $A=V$ -Verhältnis grafisch in Abhängigkeit von der lichten Raumhöhe h dargestellt.



Aus dem Mindest-A/V-Verhältnis kann die maximale Nachhallzeit im Raum abgeleitet werden. In der nächsten Abbildung sind die entsprechenden Werte für die maximale Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Raumhöhe h dargestellt. Auch diese Werte sind im Frequenzbereich von 250 Hz bis 2000 Hz in den einzelnen Oktaven nachzuweisen.



Nutzungsarten mit Beschreibung und Beispiele für Räume der Gruppe B

Nutzungsart	Beschreibung	Beispiele
B1	Räume ohne Aufenthaltsqualität	Eingangshallen, Flure, Treppenhäuser u. Ä. als reine Verkehrsfläche (ausgenommen Verkehrsflächen in Schulen, Kindertageseinrichtungen, Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen)
B2	Räume zum kurzfristigen Verweilen	Eingangshallen, Flure, Treppenhäuser u. Ä. Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität (Empfangsbereich mit Wartezonen etc.), Ausstellungsräume, Schalterhallen, Umkleiden in Sporthallen
B3	Räume zum längerfristigen Verweilen	Ausstellungsräume mit Interaktivität oder erhöhtem Geräuschaufkommen (Multimedia, Klang-/Videokunst etc.), Verkehrsflächen in Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippen, Hort etc.), Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen (z. B. offene Wartezonen), Patientenwarteräume, Pausenräume, Bettenzimmer, Ruheräume, Operationssäle, Behandlungsräume, Untersuchungsräume, Sprechzimmer, Speiseräume, Kantinen, Labore, Bibliotheken, Verkaufsräume
B4	Räume mit Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort	Rezeption/Schalterbereich mit ständigem Arbeitsplatz, Labore mit ständigem Arbeitsplatz, Ausleihbereiche von Bibliotheken, Ausgabebereiche in Kantinen, Bewohnerzimmer in Pflegeeinrichtungen, Bürgerbüro, Bürgerräume ^{a,b}
B5	Räume mit besonderem Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort	Speiseräume und Kantinen in Schulen, Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort etc.), Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen, Arbeitsräume mit besonders hohem Geräuschaufkommen (z. B. Werkstätten, Werkräume, Großküchen, Spülküchen), Callcenter ^a , Leitstellen, Sicherheitszentralen, Intensivpflegebereiche, Wachstationen, Bewegungsräume in Kindertageseinrichtungen, Spielflure und Umkleiden in Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort etc.)

a Empfehlungen für Büroräume sowie Callcenter werden ausführlich in der Richtlinie VDI 2569 behandelt.

b Einzelbüros können unter Nutzungsart B3 eingeordnet werden.



Bild: ©Alpha Akustik Staudigel

In **Mehrpersonenbüros** sollten neben einer angemessenen Nachhallzeit auch Maßnahmen zur Abschirmung von Direktschall zwischen den Arbeitsplätzen vorgesehen werden. Eine Büroeinrichtung ohne Schallschirme mit freier Sicht durch den gesamten Raum sieht in der Planung auf dem Papier zunächst ansprechend aus, die resultierende akustische Situation ist jedoch für die Nutzer häufig unerträglich. Schallschirme müssen die Sichtlinie unterbrechen und sollten eine Höhe von mindestens 1,6 m haben, um überhaupt eine schirmende Wirkung zu

haben. Die häufig eingesetzten Schirme mit einer Höhe von ca. 1,2 m bilden vor allem eine optische Abgrenzung zum Nachbarn, sind jedoch nicht geeignet, akustische Störungen zu vermindern. Auch in einem akustisch optimal gestalteten Mehrpersonenbüro ist jedoch damit zu rechnen, dass Nutzer sich hören, verstehen und möglicherweise auch gestört fühlen. **Einzel-** und **Zweipersonenbüros** sind üblicherweise weniger problematisch als Mehrpersonenbüros, auch diese sollten jedoch akustisch angemessen gestaltet werden.

Weitere Parameter

Die Nachhallzeit ist der wichtigste raumakustische Parameter und sollte bei der raumakustischen Planung von allen Räumen beachtet werden. Neben der Nachhallzeit und dem Schallpegel gibt es noch diverse weitere Parameter, die von Fachplanern bei der Planung von akustisch anspruchsvollen Räumen für Musik- und Tonwiedergabe (Konzertsäle, Tonstudios, Kinos) oder auch kommunikationsintensiv genutzte Mehrpersonenbüros oder Call-Centern verwendet werden. Erwähnt seien an dieser Stelle z. B. der Sprachübertragungsindex STI, das Deutlich-

keitsmaß D50 und die Klarheit C80, aber auch Parameter zur Charakterisierung von Mehrpersonenbüros wie der räumlichen Abklingrate des A-bewerteten SPL der Sprache D2, S, des A-bewerteten SPL der Sprache im Abstand von 4 m Lp, A, S, 4m oder den Ablenkungsabstand rD oder dem Vertraulichkeitsabstand rP. Die Planung von Räumen mit anspruchsvoller Nutzung oder komplizierter Raumgeometrie kann und sollte den Fachleuten überlassen werden.

BEISPIELRECHNUNG

Beispiel für akustisch wirksame Anwendung in Räumen

Problemdarstellung:

In einer kürzlich erbauten Gaststätte wurden keine akustisch wirksamen Materialien verbaut.

Der Eigentümer schilderte das Problem folgenderweise: Bei seinem Saal (Größe ca. 300 m², Raumvolumen ca. 900 m³) beschwerten sich seine Gäste über stetig zunehmenden Lärmpegel. Folgedessen gingen dem Gastronom immer mehr Gäste verloren.

Problemanalyse:

Durch Gespräche an verschiedenen Tischen, verteilte sich der Schall an glatten Wände und Decken im gesamten Raum.

Hierdurch mussten Gesprächsteilnehmer lauter sprechen, um sich zu verständigen. Dieses führte durch überlagerten Schall, im Laufe einer Zeit zu einer deutlichen Lärmzunahme, die stetig zunahm.

Problembehandlung:

Ein 300 m² Saal braucht demnach 300 m² x 0,5 = 150 m² Absorptionsfläche. Die Nachhallzeit ist dabei auf 0,58 Sekunden geeicht.

Problemlösung:

Es wurden ca. 180 m² akustische Deckenpaneele nachträglich montiert. Bei der Auswahl der Paneele wurde nicht nur die akustische Lösung betrachtet. Ebenso wurde das Design mit den vorhandenen Einrichtungen abgestimmt. In diesem Fall wurden die Deckenpaneele mit einem mikroperforiertem Nussbaumfurnier mit einer Lochung 0,5 mm (Abstand 2,5 mm) gewählt. Bei dieser Ausführung kann man ab ca. 50 cm Abstand die feine Lochung nicht mehr erkennen.

Fazit: Durch diese Maßnahme reduzierte sich die Lautstärke in seinem Saal erheblich und seine Gäste fühlten sich behaglich – der Umsatz stieg.

Messung des Schallabsorptionsgrades

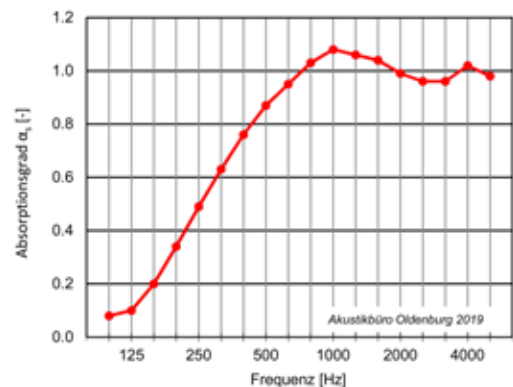
Die Schallabsorption kann durch Messungen der Schallabsorption im Hallraum nach DIN EN ISO 354 festgestellt werden. Die akustischen Eigenschaften werden zunächst immer frequenzabhängig, z. B. für 18 Terzbänder zwischen 100 Hz und 5.000 Hz gemessen.

Frequenz [Hz]	α_s [-]
100	0,08
125	0,10
160	0,20
200	0,34
250	0,49
315	0,63
400	0,76
500	0,87
630	0,95
800	1,03
1000	1,08
1250	1,06
1600	1,04
2000	0,99
2500	0,96
3150	0,96
4000	1,02
5000	0,98

Tabelle: Schallabsorptionsgrad α_s nach DIN EN ISO 354

Auch wenn der Schallabsorptionsgrad nach der in diesem Abschnitt gegebenen Definition nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, sind aufgrund der in der Norm für die Messung im Hallraum definierten Vorgaben auch Schallabsorptionsgrade mit Werten oberhalb von 1,0 möglich.

Aus dem frequenzabhängigen Schallabsorptionsgrad α_s in Terzbändern lassen sich Schallabsorptionswerte für Oktavbänder (Schallabsorptionsgrad α_s oder praktischer Schallabsorptionsgrad α_p) und weiterhin verschiedene Einzahlwerte ableiten, von denen der bewertete Schallabsorptionsgrad α_w der bekannteste ist. Der bewertete Schallabsorptionsgrad α_w ist für grobe Abschätzungen zur Raumakustik durchaus geeignet, da dieser den genauen Frequenzverlauf der Schallabsorption und die Werte in der 125 Hz-Oktave nicht betrachtet, ist dieser für eine genaue raumakustische Planung nicht geeignet.





Der bewertete Schallabsorptionsgrad α_w wurde ursprünglich ausschließlich zur Bewertung von raumakustischen Unterdecken definiert. Für einen Vergleich von zwei ähnlichen Absorbermaterialien (z. B. einer Mineralfaser-Akustikdecke mit einer anderen Mineralfaser-Akustikdecke) ist dieser Parameter deutlich besser geeignet als für einen Vergleich unterschiedlicher Absorbertypen (z. B. einer Akustikdecke mit einem Teppich).

Aus dem bewerteten Schallabsorptionsgrad α_w wird häufig die Schallabsorberklasse abgeleitet. Dieser Schritt soll einen einfachen Vergleich von Akustik-Materialien untereinander ermöglichen, vermindert jedoch die Aussagekraft

über die genauen akustischen Eigenschaften eines Materials weiter. In der Praxis zeigt sich, dass der erreichten Schallabsorberklasse von Seite des Vertriebs eine große Wichtigkeit zugesprochen wird, diese in der raumakustischen (Fach-)Planung nur eine geringe Relevanz hat. Ein Material der Absorberklasse A hat üblicherweise in den meisten Frequenzbändern einen höheren Schallabsorptionsgrad als beispielsweise ein Material der Absorberklasse C, jedoch können bereits kleine, in der Planung kaum relevante Unterschiede in den Schallabsorptionseigenschaften eine Einstufung in eine unterschiedliche Absorberklasse bewirken, während die Schwankungsbreite innerhalb einer Raumakustik-Klasse sehr groß sein können.

Prüfzeugnisse

Die Schallabsorptionswerte von Absorbermaterialien sind für eine raumakustische Planung unabdingbar und lassen sich beim Hersteller erfragen oder werden z. B. auf dessen Webseite zur Verfügung gestellt. Die Schall-

absorptionswerte von weiteren, oft akustisch nur gering wirksamen Materialien (Wand-, Boden- und sonstige Baumaterialien) lassen sich dem Anhang der DIN 18041 oder entsprechender Fachliteratur entnehmen.

GESTALTUNG VON RÄUMEN UND RAUMAUSSTATTUNG

Materialien und Materialauswahl

Grundsätzlich besitzt jede Oberfläche eine akustische Wirksamkeit. Eine glatte, harte Oberfläche wie eine Betonwand oder eine gekachelte Fläche wirkt nahezu vollständig reflektierend. Ein dickes textiles Polster, eine hochabsorbierende Akustikdecke oder ein spezielles akustisches Wandpaneel verfügt über einen hohen Schallabsorptionsgrad. Für jedes Material lässt sich der frequenzabhängige Absorptionsgrad ermitteln. Diese Werte können im Planungsprozess gezielt eingesetzt werden, um die Nachhallzeit eines Raums optimal einzustellen. In der folgenden Aufzählung werden ohne Anspruch auf Vollständigkeit gängige Materialien beschrieben, die in den unterschiedlichen Produkten zur Schallabsorption in Räumen zum Einsatz kommen.

Glas- und Mineralfaserplatten

Hierbei handelt es sich um poröse Absorber, die entweder direkt auf einen schallharten Untergrund oder – was häufiger der Fall ist – mit einem gewissen Abstand davor montiert werden. Häufig anzutreffen sind gerasterte Einlegesysteme unterschiedlichster Ausprägung. Für die schallabsorbierende Wirkung ist der Luftraum hinter den Einlegeplatten von besonderer Bedeutung. Ein geringer Abstand bzw. ein kleines Luftvolumen hinter der Absorberplatte bedeutet in der Regel Einschränkungen in der Absorption der tiefen Frequenzen.

Schaumstoffe

Offenporige Schäume zeigen bei üblichen Dicken im Zentimeterbereich ihre Schallabsorptionswirkung vor allem bei den hohen Frequenzen.

Man findet Schäume auch als Auflage von gelochten oder geschlitzten Paneelen oder Streckmetalloberflächen. Zur Verbesserung der Schallabsorptionswirkung – insbesondere bei den tiefen Frequenzen – wird die Oberfläche des Schaums mit einem Vlies, einem Gewebe oder einer dünnen Schicht aus einem schallharten Material versehen. Es eröffnen sich damit ganz unterschiedliche Einsatzbereiche.

Gelochte Gipskartonplatten

Gelochte Gipskartonplatten findet man als fugenlose Systeme oder auch als Einlegeplatten in Rasterystemen. In beiden Fällen wird die akustische Wirkung im Wesentlichen durch die Lochung in Verbindung mit einem aufgetragenen Vlies vor einem dahinter liegenden Luftvolumen erzielt und diese gegebenenfalls noch durch Auflage einer Mineralfasermatte erhöht. Es handelt sich hierbei um Resonanzabsorber. Je nach Abhängenhöhe verändert sich die Absorptionswirkung des Aufbaus.

Akustikputze

Bei Akustikputzen handelt es sich um poröse Absorber in unterschiedlichen Ausprägungen: Putze, die direkt am Objekt auf den Untergrund aufgesprüht werden oder aber vorab auf glatten, porösen oder gelochten Trägerplatten aufgebracht und am Objekt montiert werden. Im zweiten Fall ist eine Abhängung möglich, die sich gegebenenfalls günstig auf das Absorptionsverhalten des Materials auswirkt.

Aus optischer Sicht besteht ein Vorteil der Akustikputze darin, dass sie über ein fugenloses Erscheinungsbild verfügen und somit optisch sehr unauffällig sind. Gerade in modernen Gebäuden besteht vielfach der Wunsch nach glatten Oberflächen ohne erkennbare Rasterung.

Geschichtete Materialien

Geschichtete Schallabsorber kommen meist dort zum Einsatz, wo wenig Bautiefe oder Abhängehöhe zur Verfügung stehen. In geschichteten Schallabsorbern werden in der Regel poröse Absorber mit Resonanzabsorbern kombiniert. Kombinationen bestehen aus Putzen oder Plattenschwingern mit Mineralwolle. Sie sind daraufhin optimiert, bei einer geringen Aufbauhöhe Schallabsorptionswerte zu erzielen, die man sonst nur mit Systemen mit großer Bautiefe erhält.



Akustikmaterialien für Tischler und Schreiner

Neben den genannten Akustikmaterialien, wie sie häufig von Trockenbauern verwendet werden, sind für Tischler und Schreiner insbesondere akustisch optimierte Holzwerkstoffe von Interesse. Einfaches Massivholz hat nur eine geringe schallabsorbierende Wirkung. Akustisch wirksame Holzwerkstoffe können eine furnierte Oberfläche haben oder sind perforiert, gelocht oder geschlitzt. Durch die Durchbrechung der glatten Oberflächenstruktur wird somit auf einfache Art und Weise eine akustische Wirkung erzielt. Durch die Kombination etwa mit Vliesmaterialien werden die Holzwerkstoffe so zu echten High-Tech-Materialien.

Zu beachten ist, dass die akustische Wirkung derartiger Werkstoffe nicht nur von der Perforation abhängig ist, sondern immer auch abhängig ist von der Einbausituation: Werden diese Materialien direkt auf einen festen Untergrund aufgebracht, haben sie eine geringere Wirkung als wenn sie vor einem Luftspalt installiert sind, der im Optimalfall auch noch mit einem Faserabsorber wie z. B. Mineralwolle gefüllt ist. Hohe Schallabsorptionswerte werden erst bei Bautiefen von ca. 200 mm erreicht, was üblicherweise nur bei Deckenverschalungen oder im Möbelbau realisiert werden kann. Angaben zu den Schallabsorptionswerten von Materialien sind bei den Herstellern zu erfragen.





EINSATZGEBIETE FÜR AKUSTISCH WIRKSAME LÖSUNGEN

Büroräume: Täglich sind wir einer Vielzahl vorhandener und eingesetzter Lärmquellen ausgesetzt. Hierzu gehören u. a. Gespräche, Telefonate oder Musik. Diese unterschiedlichen Geräuschquellen beeinträchtigen maßgeblich unsere Konzentration. Positiv ausgedrückt lässt sich sagen, dass eine gute Akustik am Arbeitsplatz erheblich zum Wohlbefinden der Mitarbeiter und deren Arbeitseffizienz beiträgt. Ganz gleich, ob Einzel- oder Großraumbüro. Eine optimal austarierte Raumakustik schafft Mehrwert für alle Seiten.

Kindertagesstätten und Klassenräume: Gerade in Klassenräumen oder überall dort, wo Kinder betreut werden, ist hören, zuhören und verstehen ganz besonders wichtig. Genau hier sind häufig keine optimalen akustischen Bedingungen vorzufinden. Wie bei allen anderen Beispielen ist zunächst die Messung des bestehenden Zustandes unverzichtbar. Hierbei spielt die DIN-Norm 18041 eine entscheidende Rolle. Liegen die Werte vor, kann die Nachhallzeit durch den Einsatz spezieller Materialien reduziert werden. Dies kommt Kindern, Schülern und Aufsichtspersonen zugute.



Kantine: Kantinen haben eine große Bedeutung für das Wohlbefinden der Mitarbeiter – besonders in den Pausenzeiten. Hier sind nicht nur gesunde und ausgewogene Mahlzeiten gefragt, sondern auch eine „hörfreundliche“ Atmosphäre. Um dies zu gewährleisten ist der Einsatz von akustisch wirksamen Materialien beinahe ein Muss für jeden Arbeitgeber bzw. Bauherrn. Denn nur bei optimalen raumakustischen Ergebnissen findet die Belegschaft die nötige Erholung. Unterm Strich lässt sich diese Investition häufig sofort in besseren Unternehmenskennzahlen ablesen.



Pausen- und Turnhallen: Ältere Pausenhallen sind häufig in „moderner“ Bauweise konzipiert – mit Flachdächern und harten Böden. Vielfach finden hier neben der eigentlichen Nutzung auch Schulveranstaltungen und Feiern statt. Die Akustik allerdings wird meistens als zu „hallig“ empfunden. Auch die Sprachverständlichkeit ist in der Regel unzureichend. Solche Probleme lassen sich durch die Einbeziehung von Akustik-Fachleuten wie Sie definitiv vermeiden bzw. nachträglich deutlich verbessern.





Bild: ©Knauf Design

Restaurant und Ladengeschäfte: Auch in Restaurants, Gaststätten aber auch in vielen Ladenlokalen und Verkaufsräumen gibt es leider viel zu häufig unzureichende raumakustische Bedingungen. Ursache hierfür ist zu meist ein Mangel an schallabsorbierenden Flächen. Der daraus resultierende Nachhall (Bahnhofshalleneffekt) verringert die Sprachverständlichkeit deutlich. Hinzu kommt, dass Gäste und Kunden die unbewusst durch Anheben der Sprechlautstärke zu kompensieren versuchen, was jedoch den gegenteiligen Effekt erzielt. Dieser Markt bietet enorme Potenziale und am Ende zufriedene Kunden für Sie und Ihren Auftraggeber.

Wohnzimmer und Wohlfühlräume: Musik und Fernsehen sind heutzutage feste Bestandteile unseres täglichen Lebens. Fernseher werden immer größer, der Musikanlagen immer leistungstärker und die Technik ausgereifter. Einen vollen Nutzen und damit Genuss erreicht der Nutzer jedoch nur, wenn die räumliche Situation auch diese technischen Eigenschaften unterstützt. Durch Schallabsorber an den richtigen Stellen vermeiden Sie eine erhöhte Geräuschkulisse an falschen Stellen.

Lebensraum Wohnung: Wir wohnen nicht, wir leben in unserem Zuhause. Und das häufig nicht alleine. Unterschiedliche Generationen unter einem Dach erfordern unterschiedliche Lösungen für eine optimierte Raumakustik.



Bild: ©Alpha Akustik Staudigel

Liegt das Kinderzimmer neben der Stube, soll eine Schallübertragung minimiert werden, knatscht der Fußboden neben dem Schlafzimmer, kann hier ein durch Trittschall oder etwa Korkböden Abhilfe geschaffen werden. Sind Küche und anliegende Räume offen gestaltet, warum nicht auch die Küche entsprechend gestalten? Häufig helfen ein wenig Fachkenntnis und der gesunde Menschenverstand kombiniert mit dem richtigen Material schnell weiter.



STICHWORTVERZEICHNIS / GLOSSAR

A-bewerteter Schalldruckpegel

Der A-bewertete Schalldruckpegel in dB(A) ist der gewichtete Mittelwert des Schalldruckpegels in Abhängigkeit von der Frequenz eines Geräusches. Diese Gewichtung berücksichtigt die Eigenschaft des menschlichen Gehörs, Töne unterschiedlicher Frequenzen unterschiedlich stark wahrzunehmen.

Äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raums (A)

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raums A (in m²) ergibt sich als Summe aller im Raum vorhandenen Flächen S_i, multipliziert mit dem zugehörigen Schallabsorptionsgrad α der jeweiligen Fläche: $A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$.

Bauakustik

Bauakustik ist ein Gebiet der Bauphysik bzw. der Akustik, das sich mit der Auswirkung der baulichen Gegebenheiten auf die Schallausbreitung zwischen den Räumen eines Gebäudes bzw. zwischen dem Rauminneren und dem Bereich außerhalb des Gebäudes beschäftigt.

Dezibel (dB)

Logarithmisch definierte Maßeinheit zur Angabe des Schalldruckpegels. Die für den Menschen relevante Skala reicht von 0 dB bis 140 dB. 0 dB bezieht sich auf einen Schalldruck von 20 µPa (Mikropascal). Die Maßeinheit des A-bewerteten Schalldruckpegels wird mit dB(A) bezeichnet.

Einzahlwerte der Schallabsorption

Zur vereinfachten Darstellung der frequenzabhängigen Größe des Schallabsorptionsgrades sowie zum groben Vergleich unterschiedlicher Schallabsorber werden so genannte „Einzahlwerte“ genutzt. In Europa ist der bewertete Schallabsorptionsgrad α_w nach DIN EN ISO 11654 gebräuchlich. Für eine detaillierte raumakustische Planung ist die genaue Kenntnis dieser Schallabsorptionswerte in Terzen oder wenigstens in Oktaven erforderlich (siehe Oktaven).

Frequenz (f)

Die Frequenz bezeichnet die Anzahl von Schalldruckänderungen pro Sekunde. Schallereignisse mit einer hohen Frequenz werden vom menschlichen Ohr als hohe Töne wahrgenommen, Schallereignisse mit niedriger Frequenz als tiefe Töne.

Hallraum

Hallräume sind spezielle Laborräume, deren Wände die auftreffenden Schallwellen zu einem sehr hohen Anteil reflektieren. Hallräume verfügen über besonders lange Nachhallzeiten im gesamten Frequenzbereich.

Hallraumverfahren

Das Hallraumverfahren dient zur Bestimmung des frequenzabhängigen Schallabsorptionsgrades. Hierbei wird eine Probe des zu testenden Materials in einen Hallraum eingebracht. Aus der Veränderung der Nachhallzeit im Raum lässt sich die Schallabsorption eines Materials rechnerisch ermitteln.

Hörsamkeit

Die Hörsamkeit eines Raumes bezeichnet dessen Eignung für bestimmte Schalldarbietungen. Einfluss auf die Hörsamkeit hat die Beschaffenheit der Raumbegrenzungsflächen (Wand, Decke, Boden), der Einrichtungsgegenstände und der anwesenden Personen.

Isophone

Isophone sind „Kurven gleicher Lautstärkepegel“. Durch sie wird beschrieben, welcher Schalldruckpegel für einen Einzelton bei welcher Frequenz erforderlich ist, um jeweils den gleichen Lautstärkeindruck bei Menschen zu erzielen.

Lärm

Als Lärm werden Geräusche bezeichnet, die durch ihre Lautstärke und Struktur für den Menschen und die Umwelt gesundheitsschädigend oder störend bzw. belastend wirken.

Nachhallzeit (T)

Die Nachhallzeit T (in s) gibt vereinfacht ausgedrückt die Zeitdauer an, die ein Schallereignis benötigt, um unhörbar zu werden. Technisch wird die Nachhallzeit als die Zeitdauer definiert, während derer der Schalldruckpegel im Raum um 60 dB abfällt.

Oktave

Akustische Kenngrößen wie der Schalldruckpegel oder der Schallabsorptionsgrad werden in der Regel in Schrittwerten von Oktaven und Terzen angegeben. Die Kenntnis akustischer Eigenschaften in möglichst kleinen Frequenzschritten ist Voraussetzung für eine genaue akustische Planung. Relevante Oktavfrequenzen in der Raumakustik sind 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz und 4.000 Hz. Die Oktavschritte ergeben sich jeweils durch Verdopplung der vorhergehenden Frequenz. Jede Oktave umfasst drei Terzen (siehe auch Einzahlwerte).

Raumakustik

Die Raumakustik ist das Gebiet der Akustik, das sich mit der Auswirkung der baulichen Gegebenheiten eines Raumes auf die in ihm stattfindenden Schallereignisse beschäftigt. Zentrale Frage der Raumakustik ist, welche Oberflächen eingesetzt werden können, um optimale Hörbedingungen im Raum zu schaffen. Die entscheidende Eigenschaft der Materialien ist in diesem Zusammenhang der Schallabsorptionsgrad.

Schallabsorber

Schallabsorber sind Materialien, die auftreffenden Schall dämpfen bzw. in andere Energieformen umwandeln. Zu unterscheiden sind poröse Absorber und Resonanzabsorber sowie Kombinationen dieser Absorbertypen.

Schallabsorptionsgrad α

Der Schallabsorptionsgrad α eines Materials gibt an, wie groß der absorbierte Anteil der gesamten einfallenden Schallenergie ist.

Schalldämmung

Die Schalldämmung ist eine grundlegende Größe der Bauakustik. Unterschieden werden die Luftschalldämmung und die Trittschalldämmung. Luftschall entsteht durch Schallquellen im Raum, die keine unmittelbare Anbindung an die Raumbegrenzungen haben, z. B. spre-

chende Menschen. Trittschall entsteht dagegen durch Körperschall (Schritte, Klopfen), der seinerseits Wände oder Decken zur Abstrahlung von Luftschall anregt. Sowohl für die Luftschalldämmung als auch für die Trittschalldämmung existieren baurechtlich eingeführte Anforderungen an Gebäude.

Schalldämpfung

Die Schalldämpfung, auch Schallabsorption, beschreibt die Fähigkeit von Materialien, Schall zu absorbieren d. h. die auftretende Schallenergie in andere Energieformen, letztendlich in Wärmeenergie, umzuwandeln (siehe auch Schalldämmung). Schalldämpfung ist der zentrale Wirkmechanismus der Raumakustik.

Terz

siehe Oktave.

Normen, Richtlinien, Empfehlungen

DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise zur Planung. Berlin: Beuth-Verlag, März 2016.

DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen. Berlin: Beuth-Verlag, Januar 2018.

DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11 Schallschutz im Hochbau – Hinweise für Planung und Ausführung; Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz; Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. Berlin: Beuth-Verlag, November 1989.

DIN EN 12354-6:2004-04 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 6: Schallabsorption in Räumen; Deutsche Fassung EN 12354-6:2003. Berlin: Beuth-Verlag, April 2004.

DIN EN ISO 11654:1997-07 Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden – Bewertung der Schallabsorption (ISO 11654:1997); Deutsche Fassung EN ISO 11654:1997. Berlin: Beuth-Verlag, Juli 1997.

DIN EN ISO 3382-2: 2008-09 Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen (ISO 3382-2:2008); Deutsche Fassung EN ISO 3382-1:2008. Berlin: Beuth-Verlag, September 2008, (Achtung: DIN EN ISO 3382-2 Berichtigung 1, September 2009).

DIN EN ISO 3382-3: 2012-05 Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros (ISO 3382-3:2012); Deutsche Fassung EN ISO 3382-3:2012. Berlin: Beuth-Verlag, Mai 2012.

DIN EN ISO 354: 2003-12 Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen (ISO 354:2003); Deutsche Fassung EN ISO 354:2003. Berlin: Beuth-Verlag, Dezember 2003.

Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 Lärm, Mai 2018.

VDI 2569:2019-10 Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro. Verein Deutscher Ingenieure, Oktober 2019.



PRODUKTGUIDE – AKUSTIK

Lieferant		Produktname	Produktart
 STAUDIGEL Akustik, Möbel & Design	www.staudigel.de	Nano-Lite Klick	Akustikpaneele
 JELD-WEN DOOR SOLUTIONS	www.jeld-wen.de	Bauelement Typ 48 mit Schallschutzklasse 3	Bauelement
	www.knauf-design.com	ACOUSTICLINE - Designboard 230	Plattenwerkstoff
 PRÜM Türen die zu Ihnen passen	www.tuer.de	Schallschutzelement	Bauelement
 Roto Das Dachfenster.	www.roto-dachfenster.de	Designo R8 Klapp- Schwingfenster MR	Dachflächenfenster
		RotoQ Schwingfenster Q-4 Plus	Dachflächenfenster
 AGEPAN ® SYSTEM  SONAE ARAUCO Taking wood further	www.sonaearauco.com/agepan	AGEPAN® TEP	Holzfaserdämmplatte
		AGEPAN® THD Install	Holzfaserdämmplatte
	www.trend-panel.com	Akustikpaneele	Akustikpaneele
 WUNDERWERK — est. 1964 —	www.wunderwerk1964.de	Kork Fertigpaket	Fußboden

Einsatzbereich							besondere Eigenschaften
	Boden	Wand	Decke	Raum- trennung	Möbel	Bau- element	
		x	x		x		schnell und einfach zu verarbeiten, Paneele mit Klicksystem
				x		x	kürzbar, schnelle Montage, kurzfristig lieferbar
		x	x	x	x		maßhaltig und stabil, perfekte Klangbalance und Brandschutzsicherheit, keine Ausgasungen
				x		x	zertifiziert, nachhaltig, designorientiert
						x	perfekt für 1:1 Austausch in Renovierung und Sanierung individuell als Maßanfertigung, Montage von innen möglich, TÜV-Testsieger (www.ROTO-Dachfenster.de/testergebnisse)
						x	perfekt für 1:1 Austausch in Renovierung und Sanierung für Fenster anderer Hersteller mit Standard- maßen, Montage von innen möglich, TÜV-Testsieger (www.ROTO-Dachfenster.de/testergebnisse)
	x						keine Trocknungszeiten, befliesbar, keine Schall- und Wärmebrücken
		x					wärmedämmend und schalldämpfend, Befestigung von Konsolen möglich, besonders stabil und druckfest
		x	x	x	x		hoch individuelle Akustiklösung, einfache Montage
	x						fußwarm, elastisch, schalldämmend

MIT HÖCHSTER LEIDENSCHAFT GEHANDELT

- Holzwerkstoffe & Dekorkompetenz XXL
- Holzbau & Zimmereibedarf
- Massivholzplatten & Schnittholz
- Tür · Boden · Wand · Decke für den Innenausbau



www.holztusche.de

Holz-Tusche GmbH & Co. KG
Unterm Ohmberg 12 · 34431 Marsberg
Telefon: +49 2992 9790-0
Telefax: +49 2992 9790-50
info@holztusche.de

HOLZ TUSCHE
HOLZHANDEL • WWW.HOLZTUSCHE.DE • HOLZIMPORT