

Status Report | 61

Akustik in Klassenräumen

- Grundlagen
- Sprachverständlichkeit
- Schallausbreitung
- Handlungsempfehlungen



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Einleitung | .3 |
| 2. | Grundlagen zur Akustik | .3 |
| 3. | Sprachverständlichkeit | .6 |
| 3.1. | Nachhallzeit | .6 |
| 3.2. | Pegelabstand | .6 |
| 4. | Schallausbreitung und Richtungswirkung in einem Raum | .6 |
| 4.1. | Grundlagen / Einführung ins Thema | .6 |
| 4.2. | Praktisches Beispiel zu Schalldruckpegeln im Klassenraum | .8 |
| 5. | Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Akustik im Klassenraum | 10 |
| 6. | Literaturhinweise | 13 |
| 7. | FAQ | 14 |

1. Einleitung

Ein Klassenzimmer mit akustisch guten Eigenschaften ist eine wichtige Voraussetzung für gutes Konzentrationsvermögen und guten Lernerfolg der Kinder und Jugendlichen sowie für die Arbeitszufriedenheit der Lehrkräfte. Dieser Status-Report erklärt wichtige Kenngrößen und akustisch relevante physikalische Zusammenhänge und leitet daraus Handlungsempfehlungen ab. Darüber hinaus werden Beispiele für Anwendungen geliefert.

In vielen Schulen ist die akustische Qualität der Klassenräume mangelhaft. Die Gründe sind vielschichtig, können daher nicht mit einer einzigen Maßnahme adressiert werden. Zum einen sind die Räume zu hallig, haben also zu wenig Absorption. Zum anderen gibt es nur sehr selten eine mechanische Lüftung, daher werden Fenster geöffnet und Schall dringt von außen ein. Geöffnete Fenster sind zusätzlich im Sommer und Winter ein energetisches Problem.

2. Grundlagen zur Akustik

Die wesentlichen Begrifflichkeiten sind im Weiteren so einfach wie möglich erklärt. Das Ziel ist, auch akustisch nicht geschulten Personen eine verlässliche Bewertungsmöglichkeit für akustische Phänomene an die Hand zu geben, die speziell die Akustik in Klassenräumen betreffen.

Schall

Der für den Menschen hörbare Schall ist die Folge von Schwingungen der Luftmoleküle. Dabei breitet sich der Schall prinzipiell in alle Richtungen aus.

Geräusche und Töne

Das menschliche Ohr nimmt die verschiedensten Geräusche und Töne auf. Diese können leise und laut, tief und hoch sowie angenehm und unangenehm sein. Die Wahrnehmung hängt davon ab, wie viele Geräuschquellen aktiv sind und in welcher Umgebung bzw. welchem Raum sich der Mensch befindet. Die Vielfalt der Geräusche, ihr Klangbild und wie diese sich im Raum auswirken, ist für das Wohlbefinden, die Sprachverständlichkeit und damit die Aufmerksamkeit der Kinder und Jugendlichen entscheidend.

Hintergrundgeräusch

Im Allgemeinen setzt sich das Hintergrundgeräusch aus der Summe einer Vielzahl von Geräuschquellen aus der Umgebung zusammen. Sind z. B. Fenster in einem Klassenraum geöffnet, werden die Kinder, Jugendlichen und Lehrkräfte diesen Umweltgeräuschen (Wind, Straßenlärm, Baulärm) ausgesetzt und müssen ihr Verhalten entsprechend anpassen (z. B. lauter sprechen). Ein Hintergrundgeräusch kann auch durch Schallübertragung im Gebäude oder durch technische Einrichtungen wie Lüftungsanlagen hervorgerufen werden, oder auch durch die Menschen im Raum, z. B. durch Stühlerücken etc.

Pegelskala

Die Bewertung der Lautstärke von Geräuschen und deren Wirkung auf den Menschen erfolgt mittels einer Pegelskala. Diese wird mit Dezibel (dB) bezeichnet. Mit Hilfe dieser Dezibel-Skala werden Bewertungsmaßstäbe definiert, die beispielsweise den zulässigen Lautstärkepegel in Klassenzimmern festlegen. Um die technische Pegelskala dem menschlichen Hörempfinden besser anzupassen, wird eine A-Bewertung durchgeführt. Hierbei werden hohe

und tiefe Töne bzw. Geräusche unterschiedlich berücksichtigt. A-bewertete Pegel werden mit dB(A) angegeben und sollten bevorzugt genutzt werden, wenn es um die Beurteilung des Hörempfindens von Menschen geht.

Schalleistung und Schalldruck

Die Schalleistung definiert die Quellstärke einer Schallquelle, ist umgebungsunabhängig und wird physikalisch in W [Watt] angegeben. Der Schalldruck in Pascal (Pa) bezeichnet die Wirkung der Quelle im Raum, die der Mensch hört, bzw. die mit einem Messgerät erfasst werden kann.

Die beiden folgenden Grafiken veranschaulichen diese Begriffe mit einem Vergleich zur Raumheizung. Hier ist der Heizkörper die Wärmequelle in Analogie zur Schalleistung und die Raumtemperatur die Wirkung in Analogie zum Schalldruck.

Beide Größen werden in der Regel als Pegel, jedoch mit verschiedenen Bezugsgrößen in Dezibel (dB) angegeben. Daher muss zwischen dem **Schalleistungspegel** einer Quelle und dem **Schalldruckpegel** in einem Raum, beide angegeben in dB bzw. dB(A), unterschieden werden.

Für die Bewertung im Raum ist immer der **Schalldruckpegel** an dem Ort entscheidend, an dem sich die Person befindet. Achtung: **Schalleistungspegel** und **Schalldruckpegel** haben die gleiche Einheit, dürfen aber nicht verwechselt werden. In Datenblättern von Produkten ist grundsätzlich der **Schalleistungspegel** anzugeben.

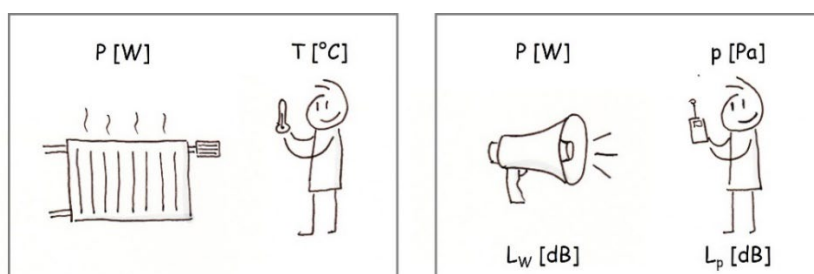


Abbildung 1 Schalleistung und Schalldruck bzw. Schalleistungspegel L_w in dB und Schalldruckpegel L_p in dB

In der Regel sind mehrere Schallquellen im Raum wirksam. In einem Klassenraum sind das z. B. Beamer, Notebooks und Luftreinigungsgeräte. Der Lärmpegel im Raum steigt bei mehreren Quellen an. Bei zwei gleichen Lärmquellen erhöht sich der Schalldruckpegel um 3 dB. Für den Menschen ist diese Größenordnung ungefähr die Wahrnehmungsgrenze, d.h. es ist wahrnehmbar lauter, wenn anstatt einer zwei gleiche Quellen Lärm machen. Eine empfundene Verdopplung/Halbierung des Lärmpegels entspricht in etwa einer Schalldruckpegeländerung von 10 dB.

Dabei nimmt jeder Schüler und der Lehrer die Lärmquellen unterschiedlich stark wahr, je nachdem wo er sich im Raum befindet und welche akustischen Eigenschaften der Raum hat.

Schallpegeländerungen

Sind in einem Klassenraum mehrere Schallquellen (geöffnete Fenster, Luftdurchlässe etc.) aktiv, wirken sie sich gemeinsam auf den Schallpegel aus. Da es sich um Pegel handelt, können diese nicht einfach aufsummiert werden, sondern es müssen lediglich die lautesten betrachtet und diese logarithmisch addiert werden. Quellen, die um ca. > 8-10 dB unter den lautesten liegen, können bei einer überschlägigen Rechnung vernachlässigt werden. Für gleich laute Schallquellen gilt die Faustregel: Verdoppelung der Anzahl führt zu einer Erhöhung der Schalldruckpegel um 3 dB, siehe Abbildung 2.

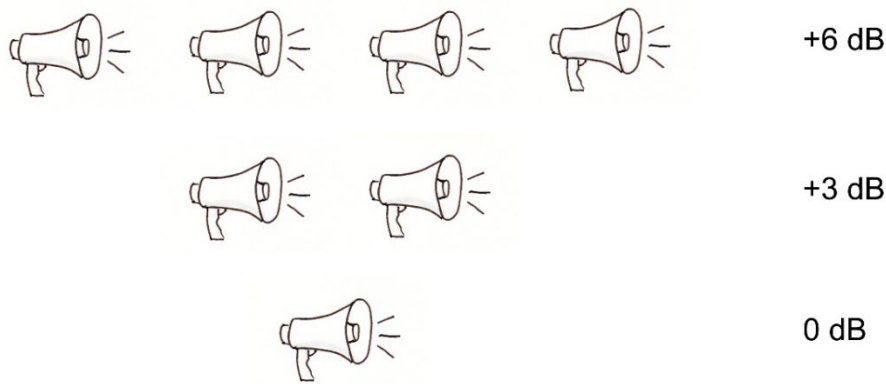


Abbildung 2: Erhöhung des Schalldruckpegels bei Vervielfachung der Anzahl gleicher Schallquellen

Verschiedene Schallquellen sind unterschiedlich laut und erzeugen verschiedene Schalldruckpegel. In Abbildung 3 sind übliche Schallquellen, die im Freien und in Gebäuden auftreten, mit ihren Schalldruckpegel auf der linken Seite dargestellt. Die Auswirkung von Geräuschen mit dem entsprechenden Schalldruckpegel auf den Menschen ist auf der rechten Seite dargestellt. Dabei beziehen sich die Auswirkungen auf den Schalldruckpegel in dB(A) am Ohr der betroffenen Person.

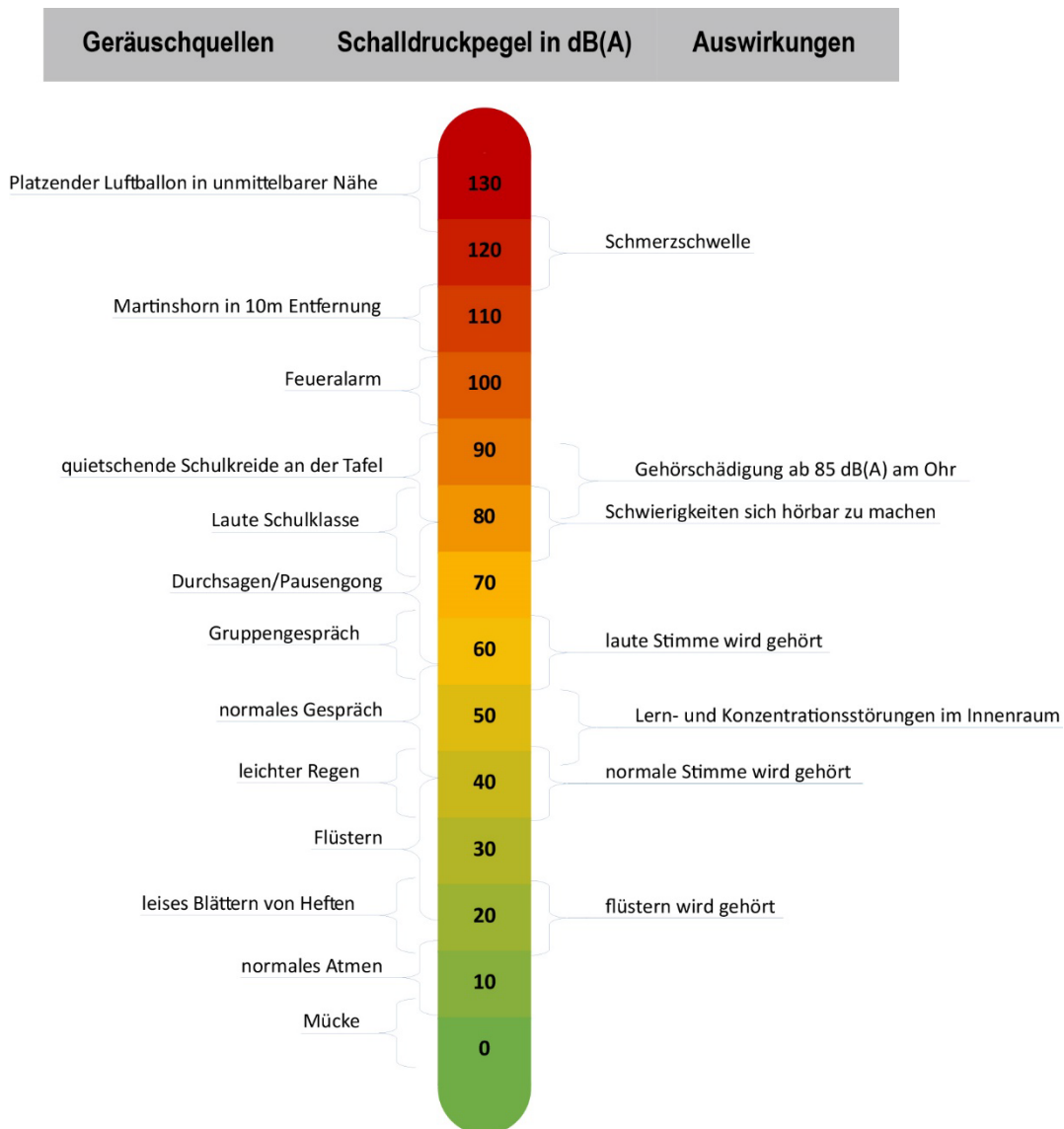


Abbildung 3: Angabe der Schalldruckpegel für verschiedene Geräuschquellen und den Auswirkungen von Geräuschen mit dem entsprechenden Schalldruckpegel im Kontext eines Klassenraumes

3. Sprachverständlichkeit

Für den Kommunikationsraum Schule kann eine gute Sprachverständlichkeit durch geringe Nachhallzeiten und leise Hintergrundgeräusche erreicht werden. Je geringer der Wortschatz der Schüler in der unterrichteten Sprache ist (Grundschule, Fremdsprache, Nichtmuttersprachler, Inklusion), desto höher sind die Anforderungen an die Sprachverständlichkeit

3.1. Nachhallzeit

Die Nachhallzeit ist eine wichtige akustische Kenngröße, mit der die Halligkeit eines Raumes beschrieben wird. Die Zeitdauer beschreibt, wie schnell ein Schallereignis im Raum abklingt. Die Nachhallzeit liefert zudem eine Information über die akustische Qualität eines Raumes. Lange Nachhallzeiten führen dazu, dass sich Geräusche überlagern und die Sprachverständlichkeit abnimmt. Je nach Raumnutzung sind die Anforderungen an die Nachhallzeit unterschiedlich. Während in Musik- und Sporträumen etwas längere Nachhallzeiten empfohlen werden, sind kürzere Nachhallzeiten in reinen Unterrichtsräumen geeigneter. Im Fall von inklusivem Unterricht sollte die Nachhallzeit besonders kurz sein.

Generell gilt, dass mit kürzeren Nachhallzeiten eine bessere Dämpfung von Lärmquellen im Raum erreicht werden kann. Um kurze Nachhallzeiten zu erreichen, können z .B. schallabsorbierende Wand- und Deckenverkleidungen in den Räumen montiert werden. Diese vermindern die Schallreflexion und somit eine Überlagerung des Schalls mehrerer oder auch derselben Schallquelle.

3.2. Pegelabstand

Neben der kurzen Nachhallzeit muss die Stimme der Lehrkraft lauter als die Hintergrundgeräusche sein, es ist also ein ausreichender Schall**druck**pegelabstand zwischen der Sprache des Lehrers und den Hintergrundgeräuschen notwendig. Bei einem Pegelabstand von 10-20 dB ist die Sprachverständlichkeit in der Regel ausreichend gut. Lehrer und Lehrerinnen (normale Sprechweise: ca. 60 dB(A) in einem Meter Abstand) sollten die Stimme nicht anheben müssen, um diesen Pegelabstand zu erreichen. Daher sollte das Hintergrundgeräusch durch die Installation leiser Lüftungsgeräte und Luftreiniger, die zudem das Eindringen lauten Straßenlärms verhindern können, und leiser anderer Geräte möglichst gering gehalten werden. Ist der Schall**druck**pegel zu hoch, ist es am effektivsten, die lauteste Geräuschquelle zu reduzieren.

4. Schallausbreitung und Richtungswirkung in einem Raum

4.1. Grundlagen / Einführung ins Thema

Der von Personen in einem Raum wahrgenommene Schall**druck**pegel, umgangssprachlich als Lautstärke bezeichnet, wird sowohl von den Gegebenheiten des Raumes als auch von Faktoren der Schallquelle (Geräuschquelle) beeinflusst.

Das in den Raum abgestrahlte Geräusch wird von der Schallquelle mit einer definierten Schallleistung (Stärke des Geräusches, angegeben als Schall**leistungs**pegel L_w in dB(A)) abgegeben. Stellt man sich eine einzelne punktförmige Schallquelle inmitten eines Raumes vor, so verteilt sich die von der Schallquelle abgegebene Schallleistung zunächst in alle Richtungen, auf einer Kugeloberfläche um die Schallquelle. Diese könnte man mit einem wenig aufgeblasenen kugelförmigen Luftballon vergleichen. Der Schall breitet sich nun gleichmäßig schnell in alle Richtungen von der Quelle aus (der Luftballon wird aufgeblasen). Damit nimmt

die Kugeloberfläche ($4\pi r^2$) quadratisch mit dem Abstand r zur Schallquelle zu. Da die abgestrahlte Leistung gleichbleibt, verteilt sich diese auf eine größere Oberfläche und die Schalldruckdichte (Materialdicke beim Luftballon) nimmt quadratisch mit dem Abstand zur Quelle ab. Der Zuhörer befindet sich im sogenannten direkten Schallfeld oder Nahfeld der Schallquelle, wenn diese Kugeloberfläche weitestgehend unbeeinflusst bleibt. Sobald der Schall auf Gegenstände oder Raumbooberflächen trifft, wird er dort absorbiert (gemindert) und in den Raum zurück reflektiert, und überlagert sich anderen Schallanteilen. Das Direktfeld einer Quelle befindet sich üblicherweise innerhalb eines Abstands von ca. 1 m von der Quelle. Weiter entfernt davon bildet sich das diffuse Schallfeld im Raum aus.

Schallquellen können unterschiedliche Abstrahlcharakteristiken haben. Eine sprechende Person oder ein Lüftungsventil strahlen vornehmlich frontal in kegelartiger Form ab, wobei dieser „Kegel“ abhängig von der Frequenz deutlich weniger gebündelt ist als z. B. der Lichtstrahl einer Taschenlampe. Je tiefer der Ton, desto geringer ist die Richtwirkung einer Schallquelle in einem Raum. Wenn man sich viele kleine Quellen aneinander aufgereiht vorstellt, so erhält man eine Linienquelle, die anstelle einer Kugelform in einer Zylinderform abstrahlt, ein Beispiel dafür sind längliche Luftdurchlässe. Luftdurchlässe als Schallquellen sind oft direkt an einer Raumbegrenzungsfläche angeordnet. Ihre Schalleistung geben sie entsprechend Ihrer Abstrahlcharakteristik und Einbauart nur in einer Teilkugel bzw. in einem Teilzylinder mit entsprechend höherem Schalldruckpegel im Direktfeld ab. Damit kann der Übergangsbereich von Direktfeld zu diffusem Schallfeld größer werden. Das bedeutet, dass bei Schallquellen, die in Raumecken aufgestellt werden, das Direktschallfeld deutlich größer wird. Wer in der Nähe dieser Quellen sitzt, ist höheren Pegeln ausgesetzt als andere Personen, die weiter von der Quelle entfernt und damit im Diffusschallfeld sitzen.

Verschiedene Oberflächen (Wände, Boden, Decke, Einrichtungsgegenstände und Personen) in Räumen beeinflussen die Raumakustik. An (schall-)harten Raumbooberflächen wird der Schall fast vollständig zurückgeworfen (Reflexion), an absorbierenden Oberflächen wird der Schall teilweise oder ganz absorbiert und entsprechend nur ein kleiner Anteil oder nichts reflektiert. Vergleichen kann man dies z. B. mit einer Lampe in einem Raum, deren Licht von hellen oder spiegelnden Oberflächen diffus oder gerichtet und an dunklen Oberflächen nicht oder kaum zurückgeworfen wird. Entsprechend wird der Schalldruckpegel (die Lautstärke) in einem Raum mit vielen absorbierenden Oberflächen im Diffusfeld deutlich geringer als in einem Raum ohne absorbierende Oberflächen. Damit wird auch die Nachhallzeit im Raum geringer, denn der Schall wird nicht mehr so stark an den Oberflächen reflektiert und nimmt in seinem Schalldruckpegel schneller ab, wenn die Quelle ausgeschaltet wird.

In Räumen wird dem direkt von der Quelle ausgehenden Schall (Direktfeld) das von den Oberflächen des Raums reflektierte diffuse Schallfeld überlagert, siehe Abbildung 4. Damit ist der Schalldruckpegel im Raum abhängig von:

- Schalleistungspegel der Schallquellen
- Anzahl der Schallquellen
- Richtwirkung der Quellen
- Abstand zur Quelle
- Absorptionsvermögen der Umfassungsflächen

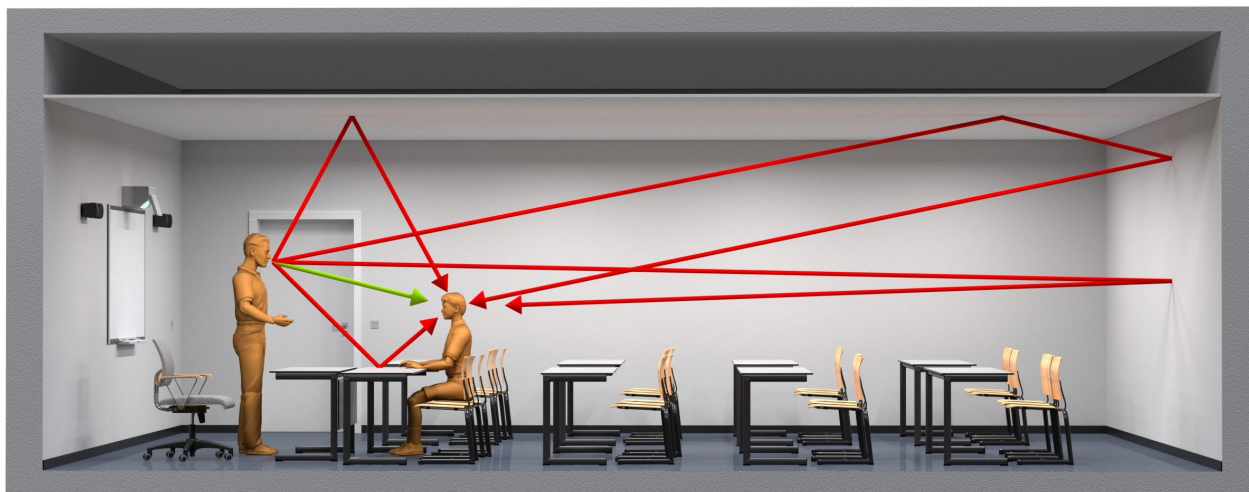


Abbildung 4: Schallausbreitung in einem Raum mit geringer Schallabsorption. Der grüne Pfeil zeigt den Direktschall, die roten Pfeile zeigen beispielhaft reflektierte Schallanteile an den Raumoberflächen

4.2. Praktisches Beispiel zu Schalldruckpegeln im Klassenraum

Sind in einem Raum mehrere gleiche Schallquellen, muss deren Wirkung für verschiedene Hörerpositionen, abhängig von ihrem Abstand zu den Quellen, einzeln betrachtet und energetisch addiert werden. Dabei spielt die Anordnung der Quellen im Raum und der Abstand zum Hörerplatz eine große Rolle. Um die **Schalldruckpegel** unterschiedlicher Quellen praktisch zu zeigen, wurde eine Messreihe durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 bis 7 dargestellt. Hierbei ging es nicht darum, einen Nachweis über einzuhaltende Grenzwerte zu zeigen. Für die Messreihe wurden gleich laute Schallquellen mit einem **Schallleistungspegel** von 43 dB(A) an verschiedenen Stellen in einem Seminarraum aufgestellt und an unterschiedlichen Hörerpositionen im Raum der **Schalldruckpegel** gemessen. Der Raum hat eine Grundfläche von 9,50 m x 7,20 m und eine lichte Raumhöhe von 3 m, und damit ein Raumvolumen von 205 m³. Bei 1000 Hz beträgt die Nachhallzeit 0,6 s. Es ergibt sich eine äquivalente Schallabsorptionsfläche von 56 m². Abbildung 5 zeigt die Draufsicht des Seminarraums mit drei Schallquellen, die farblich dargestellt sind. Die gemessenen **Schalldruckpegel** an den Messpositionen 1 bis 9 sind in den entsprechenden Feldern bei den Messpositionen eingetragen und den drei Quellen durch ihre Farbe zugeordnet. In Abbildung 5 sind die **Schalldruckpegel** für die einzeln betriebenen Quellen gezeigt.

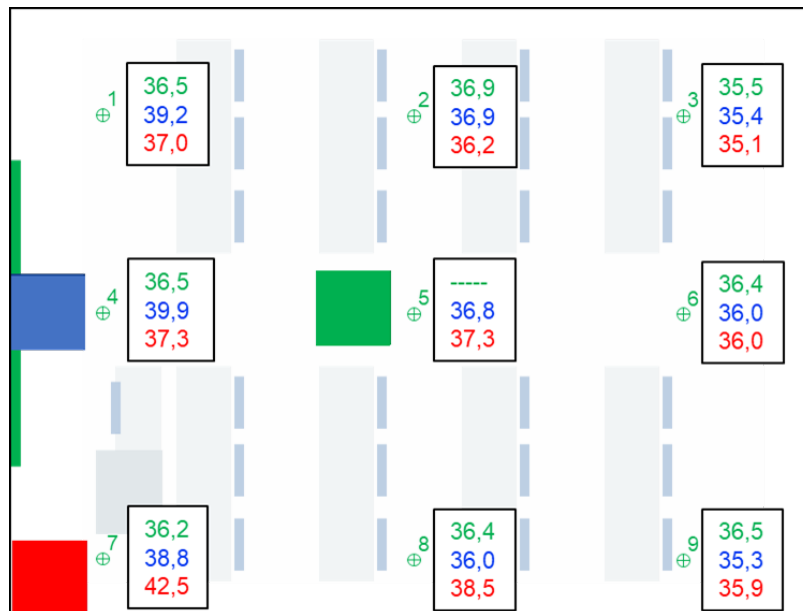


Abbildung 5: Messergebnisse der Schalldruckpegel in dB(A) und Anordnung der Schallquellen (Draufsicht). Werte für einzeln betriebene Schallquellen, nach Farben den Quellen zugeordnet

Die gemessenen Schalldruckpegel in Abbildung 5 zeigen, dass für Quellen in Raumecken (die rot dargestellte Quelle), der Schalldruckpegel an der nächsten Messposition (für diese Quelle Position 7), deutlich höher ist, als für eine Quelle vor der Wand (blau dargestellt, Position 4) oder in Raummitte. Betrachtet man für alle Quellen die weit entfernten Positionen, z. B. Messposition 3, so ist der gemessene Pegel für alle drei Quellen mit Werten etwas über 35 dB(A) nahezu gleich. Hier befindet man sich für alle Quellen im Diffusfeld, der Anteil des Direktschalls ist hier vernachlässigbar, sodass die Werte nahezu gleich sind. Messpositionen, die näher an der entsprechenden Quelle liegen, haben höhere Werte, und das umso ausgeprägter, je gerichteter die Quellen abstrahlen (durch die Positionierung vor einer Wand oder in einer Ecke).

Abbildung 6 zeigt dagegen Messwerte im selben Seminarraum, wenn die Schallquellen zunächst einzeln, dann aber gleichzeitig betrieben wurden. Bei den Angaben handelt es sich um Messwerte und nicht um eine rechnerische energetische Addition.

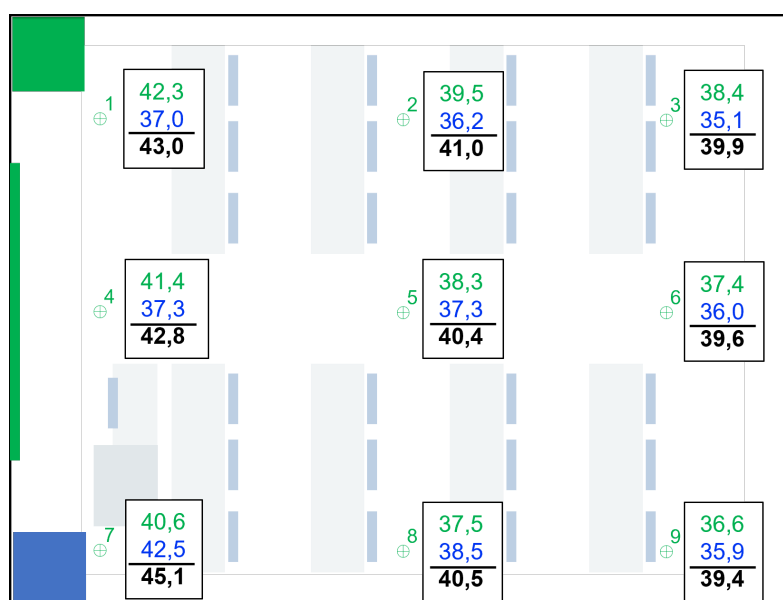


Abbildung 6: Messergebnisse der Schalldruckpegel in dB(A) bei Betrieb zweier Schallquellen – grün und blau dargestellt die Schalldruckpegel bei individuellem Betrieb, die gemessenen Pegel, wenn beide Quellen gleichzeitig betrieben wurden

Die in Abbildung 6 dargestellten gemessenen Schalldruckpegel zeigen wiederum für die nahen Messpositionen, z. B. Position 1 für die grüne Quelle und Position 7 für die blaue Quelle, deutlich höhere Pegel als bei den weiter entfernten Positionen. Bei gleichzeitigem Betrieb (gezeigt durch die roten/schwarzen Werte) ist der Pegel an diesen Positionen ebenfalls höher als bei weiter entfernten Positionen. Dabei ist der Unterschied von lauten zu leisen Positionen relativ hoch. Für den gleichzeitigen Betrieb erreicht diese Differenz 5,5 dB (Position 7 und Position 9, schwarze Werte). Weiterhin lässt sich erkennen, dass der gleichzeitige Betrieb zu deutlich höheren Pegeln führt, wobei die „Addition“ bei gleichen Pegeln zu einer Erhöhung von ca. 3 dB führt, bei unterschiedlichen Pegeln der einzelnen Quellen ist die Pegelerhöhung bezüglich der lauterer Quelle geringer als 3 dB (siehe z. B. Position 1, Position 7 und Position 9). Rechnerisch lässt sich die Pegelermittlung mittels energetischer Addition gut abbilden.

In Abbildung 7 sind die Schalldruckpegel einer Schallquelle, die in der Mitte der kurzen linken Wand (blau dargestellt) aufgestellt war, gezeigt. Die Messpositionen waren in diesem Fall im Mittelgang zwischen den Tischen auf einem Pfad angeordnet. Die Pegel zeigen in der Nähe der Schallquelle deutlich höhere Werte (40 dB(A) an Position 1) als weiter entfernte Positionen. Ab ungefähr der Hälfte des Raumes ergeben sich mit 36 dB(A) konstante Werte, die bei größerem Abstand nicht mehr geringer werden. Hier ist das Diffusfeld im Raum dominant und das Direktfeld spielt für die gemessenen Pegel keine Rolle mehr. Alle Messergebnisse zeigen das typische Verhalten der Akustik in Räumen, das durch die Planungsregeln in VDI 2081 beschrieben und rechnerisch nachgebildet werden kann.

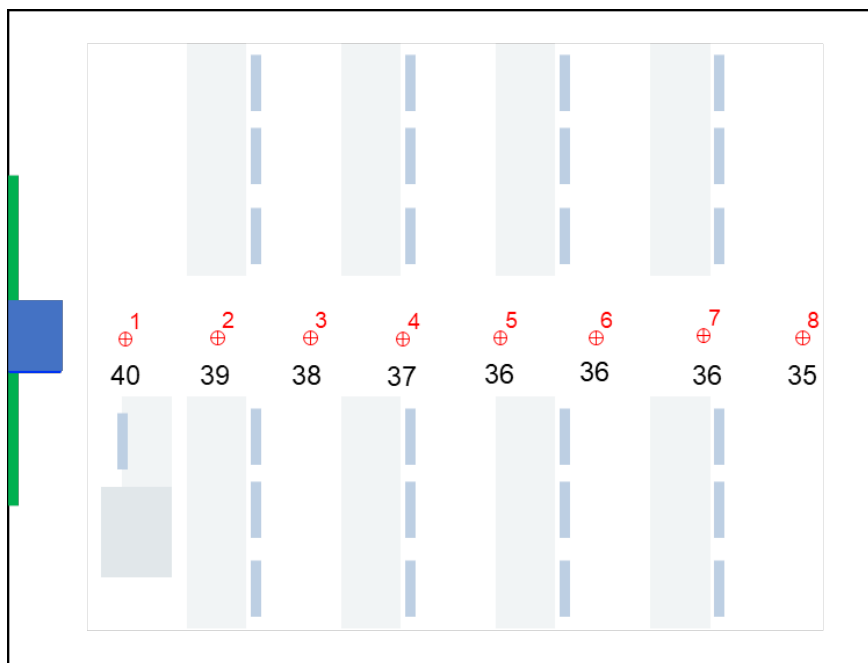


Abbildung 7: Gemessene Abnahme des Schalldruckpegels in dB(A) über die Distanz in einem Seminarraum mit einer Schallquelle

5. Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Akustik im Klassenraum

Für eine gute Sprachverständlichkeit ist eine geringe Nachhallzeit erforderlich. Um dies zu erreichen, muss eine ausreichend große Oberfläche des Raumes mit Schallabsorbern ausgestattet werden.

In einem typischen Klassenraum mit einem Raumvolumen von 180 m³ ist eine äquivalente Absorptionsfläche von bis zu 60 - 70 m² notwendig, um die in der DIN 18041 geforderte Nachhallzeit von 0,55 s für die Nutzungsart A3 „Unterricht/Kommunikation“ zu erreichen.

Dabei gilt: je geringer der Absorptionsgrad des schallabsorbierenden Materials, desto größer ist die benötigte geometrische Fläche. Darüber hinaus sollte vor der Planung der Maßnahmen der Ist-Zustand aufgenommen werden. Wände in Massivbauweise z. B. absorbieren den Schall schlechter als Holzbau- bzw. Leichtbauwände.

Gut geeignet für schallabsorbierende Materialien ist die Decke, da hier meist die größte freie Fläche zur Verfügung steht. Mit Akustikdecken oder Deckensegeln, die im Sanierungsfall einfach installiert werden können, und zusätzlichen Schallabsorbern an den Wänden, werden gute akustische Ergebnisse erzielt. Ist die Decke thermisch aktiviert, können Baffeldecken zum Einsatz kommen. Ebenso sollten die Wände mit Wandabsorbern ausgestattet werden, soweit dies möglich ist.

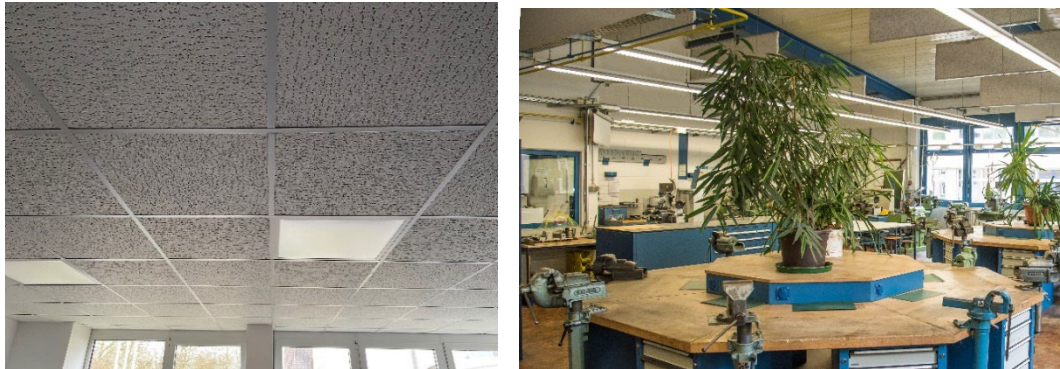


Abbildung 8: Beispiel für eine Akustikdecke (links) und für Baffeln (rechts) in der Praxis

Auch Schrankoberflächen können aus akustisch wirksamem Material hergestellt werden. Offene Bücherregale wirken sich ebenfalls positiv auf die Raumakustik aus. Ein Sofa im Unterrichtsraum dämpft den Schall zusätzlich, geeignete Fußbodenbeläge können den Gehschall mindern und Vorhänge aus akustisch wirksamen Materialien verbessern die Raumakustik und damit die Sprachverständlichkeit. Befinden sich Schüler im Klassenraum, wirkt sich das ebenfalls positiv auf die Raumakustik aus. Es ist darauf zu achten, dass die geforderten Nachhallzeiten auch bei geringer Belegung eingehalten werden.

Bei der Ausstattung eines Klassenraumes ist neben der reinen Fläche auch auf die Position der Schallabsorber zu achten. Sinnvoll ist es, diejenigen Flächen mit Absorbern zu versehen, an denen der Schall mit langem Laufweg reflektiert wird. Beim Frontalunterricht sind dies Flächen an der Decke, der Rückwand und den Seitenwänden, wie in der Abbildung 9 verdeutlicht.

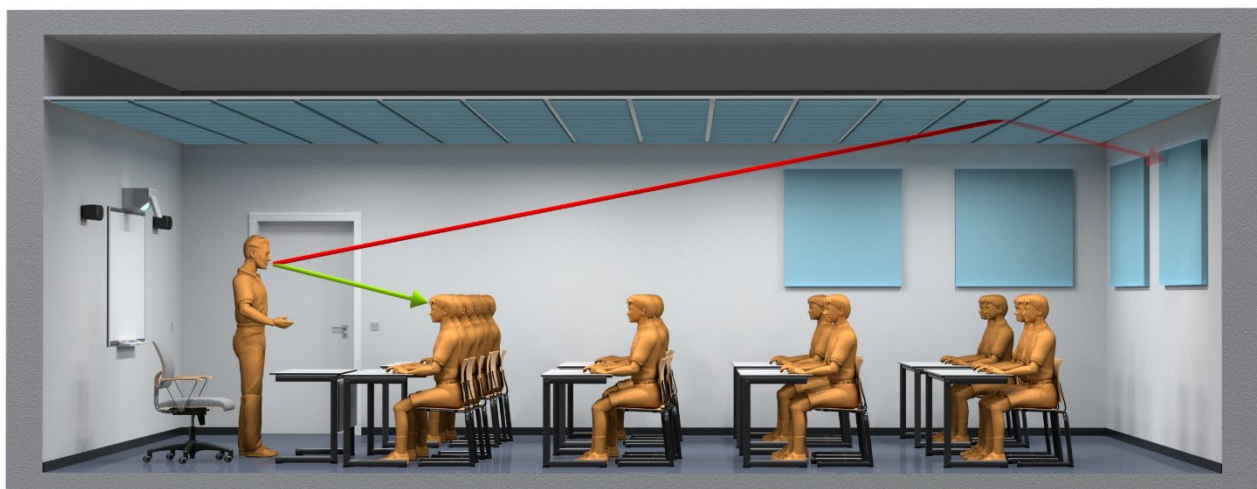


Abbildung 9: Schallausbreitung in einem Raum mit Rasterdecke und Absorptionsflächen an den Wänden

Es ist sinnvoll, zusätzlich zu einer Akustikdecke Absorptionsflächen an den Wänden zu installieren. Dadurch sinken die Nachhallzeit und der Hintergrundschalldruckpegel weiter und die Sprachverständlichkeit steigt.

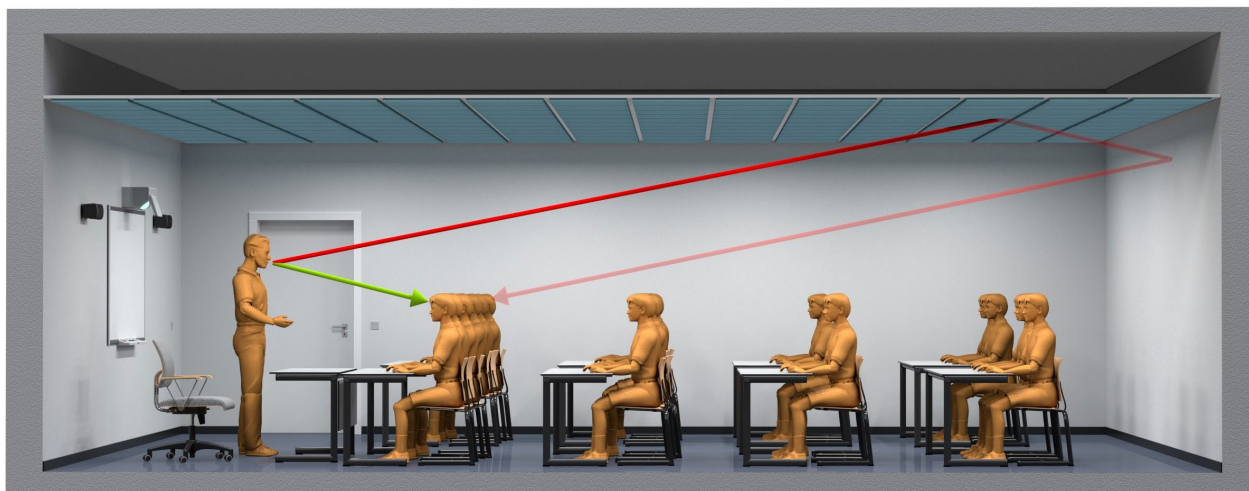


Abbildung 10: Schallausbreitung in einem Raum mit Rasterdecke

In einem Raum ohne oder mit geringen schallabsorbierenden Oberflächen wird der Schall mehrfach reflektiert und wenig gedämpft. Der am Ohr des Kindes oder Jugendlichen ankommende Schall gelangt zwar als Direktschall vom Lehrer zu dieser Person, wird jedoch auch durch vielfache Reflexionen überlagert (Diffusfeld). Dies geschieht auch mit Hintergrundgeräuschen. Damit wird es insgesamt deutlich lauter im Raum und die Sprachverständlichkeit nimmt ab. Solche Räume werden als hallig und laut empfunden und sind nicht für Unterrichtszwecke geeignet. Daher wird empfohlen, die Raumakustik in Klassenräumen vom Fachmann planen zu lassen, unbedingt die Vorgaben der DIN 18041 zu berücksichtigen und baulich die Oberflächen entsprechend schallabsorbierend auszustatten, um gute Bedingungen für erfolgreichen Unterricht und gesunde Kinder, Jugendliche und Lehrkräfte zu erreichen.



Abbildung 11: Raum mit schlechter Nachhallzeit

6. Literaturhinweise

- DGUV-Information 215-443: Akustik im Büro – Hilfen für die akustische Gestaltung von Büros. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) März 2021
- Späh, Moritz; Fraunhofer IBP; richtig verstanden – Gute Akustik in Unterrichtsräumen; Vortrag auf dem 5. Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE, Stuttgart, November 2017, Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP; https://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/kongress-2017/2017_vRL_Spaeh.pdf
- Späh, Moritz; Dickschen, Alexander; Fraunhofer IBP; Akustische Gestaltung von Unterrichtsräumen; Vortrag auf dem 6. Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE, Stuttgart, November 2019, Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP; https://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/kongress-2019/VRfL/109_VRfL_SPAEH_PW.pdf
- VDI 2081-1: 2022-04 Raumluftechnik – Geräuscherzeugung und Lärminderung, VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG), Beuth Verlag Berlin
- DIN 18041:2016-03: Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag Berlin
- DIN EN 16798:2021-04: Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 1: Eingangsparemeter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag Berlin
- DIN 4109:2018-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag Berlin
- Richtlinie Akustik in Lebensräumen für Erziehung und Bildung. 3. Auflage, März 2021, Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart; <https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/ibp-neu/de/dokumente/broschueren/ak/akustik-in-lebensraeumen.pdf>
- Knauf: Raumakustik mit Knauf – Grundlagen und Konzepte; AK01.de, Februar 2018, www.knauf.de
- Reverberate Pro; Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP, www.reverberate.de

7. FAQ

- **Worin besteht der Unterschied zwischen Schalldruck und Schalleistung?**

Schalldruck und Schalleistung sind zwei verschiedene Messgrößen, die im Zusammenhang mit Schall verwendet werden. Schalleistung ist die Gesamtmenge an Leistung, die eine Schallquelle abgibt. Sie wird in der Einheit Watt (W) angegeben. Schalldruck ist die Stärke des Schalls, die an einem bestimmten Punkt gemessen wird und in der Einheit Pascal (Pa) angegeben wird. Der Unterschied zwischen den beiden Größen liegt also darin, dass Schalldruck die Stärke des Schalls an einem bestimmten Punkt angibt, während Schalleistung die Gesamtmenge an Leistung beschreibt, die von einer Schallquelle abgegeben wird.

- **Welchen Wert sollte der Schalldruckpegel in einem Klassenzimmer nicht überschreiten?**

Der Schalldruckpegel des Hintergrundgeräusches in einem Klassenzimmer sollte nicht höher als 35 dB(A) sein, um eine angenehme Lernumgebung zu gewährleisten. Wenn der Schalldruckpegel höher als 35 dB(A) ist, kann dies zu einer Beeinträchtigung der Konzentration und des Lernens führen. Bei Unterrichtsfächern, die eine besonders hohe Anforderung bzgl. Konzentration und Verstehen haben (beispielsweise Fremdsprachen), sollte ein Schalldruckpegel von 30 dB(A) angestrebt werden.

- **Welche Schalleistungspegel (in Bezug auf technische Ausrüstung) müssen unterschritten werden, um den Schalldruckpegel einzuhalten?**

Um den Schalldruckpegel einzuhalten, müssen die Schalleistungspegel entsprechend den geltenden Lärmschutzvorschriften und -normen unterschritten werden. Die genauen Werte hängen von verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. der Art der technischen Ausrüstung, der Umgebung und der Nutzungsdauer. In der Regel gibt es jedoch spezifische Grenzwerte für den Schalleistungspegel, die je nach Anwendungsbereich und Standort variieren können. Es ist wichtig, gegebenenfalls professionelle Messungen durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Schalleistungspegel den zulässigen Grenzwerten entsprechen.

- **Was ist mit dem Begriff der Nachhallzeit gemeint?**

Die Nachhallzeit ist ein Maß für die Akustik eines Raumes und hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie der Größe des Raumes, der Form, der Oberflächenbeschaffenheit und der Anzahl der im Raum befindlichen Personen oder Gegenstände.

Eine kurze Nachhallzeit bedeutet, dass der Schall schnell abklingt und der Raum eher trocken klingt, während eine lange Nachhallzeit bedeutet, dass der Schall länger anhält und der Raum eher hallig und verwaschen klingt. Die Nachhallzeit ist ein wichtiger Faktor bei der Gestaltung von Räumen, insbesondere von Konzertsälen, Aufnahmestudios und Klassenzimmern, um eine optimale Raumakustik zu gewährleisten.

- **Wie kann die Nachhallzeit in einem Klassenzimmer verbessert werden?**

Die Nachhallzeit in einem Klassenzimmer kann auf verschiedene Weise verbessert werden:

- 1) Akustikdecken: Eine Akustikdecke kann die Nachhallzeit reduzieren, indem sie den Schall absorbiert und nur wenig reflektiert.

- 2) Wandverkleidungen: Wandverkleidungen aus schallabsorbierenden Materialien wie Akustikplatten oder -fliesen können ebenfalls dazu beitragen, die Nachhallzeit zu reduzieren.
- 3) Klassenzimmerausstattung: Möbel wie Regale, Schränke oder Bücherregale können den Schall im Raum absorbieren und streuen.
- 4) Schallabsorbierende Vorhänge: Schallabsorbierende Vorhänge können den Schall im Raum absorbieren und die Reflexion an Fenstern und harten Wänden mindern.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Wahl der richtigen Materialien und die Platzierung der schallabsorbierenden Elemente im Raum von großer Bedeutung sind, um die gewünschte Wirkung zu erzielen.

- **Welche Dinge wirken sich positiv auf die Nachhallzeit aus?**

Eine längere Nachhallzeit kann zu einer schlechten Sprachverständlichkeit und einem unangenehmen Klang im Raum führen.

Hier sind einige Dinge, die sich positiv auf die Nachhallzeit auswirken können:

- 1) Akustische Absorber wie Wand- und Deckenpaneele
- 2) Teppiche und Vorhänge
- 3) Möbel und Einrichtungsgegenstände
- 4) Raumform: Eine unregelmäßige Raumform kann dazu beitragen, die Nachhallzeit zu reduzieren, da der Schall im Raum besser verteilt wird. Notwendig dafür sind jedoch ausreichende Flächen, die mit Schallabsorbieren ausgestattet sind.

Ein gut durchdachtes Raumakustik-Konzept kann dazu beitragen, die Nachhallzeit zu reduzieren und eine angenehme Klangumgebung zu schaffen. Dies kann durch die Verwendung der genannten Optionen erreicht werden.

- **Welchen Einfluss hat die Position der Geräuschquelle auf die Schallausbreitung im Raum?**

Die Position der Geräuschquelle hat einen großen Einfluss auf die Schallausbreitung im Raum. Wenn die Geräuschquelle in der Nähe einer Wand oder eines anderen Hindernisses liegt, wird der Schall reflektiert und kann sich im Raum ausbreiten. Wenn die Geräuschquelle jedoch in der Mitte des Raumes liegt, kann der Schall sich frei ausbreiten und es gibt weniger Reflektionen. Die Position der Geräuschquelle kann auch die Lautstärke und den Klang des Schalls beeinflussen, da die Schallwellen je nach Position unterschiedlich aufgenommen werden können.

Weitere Schriften aus der Reihe Status-Report:

Best.Nr.

| | | |
|----|---|-----|
| 1 | Raumluftechnische Anlagen – Instandhaltung, Reinigung, Entsorgungsaufgaben | 9 |
| 2 | Moderne Klimaanlage: Die Wohlfühltechnik! | 106 |
| 3 | Klimaanlagen: Die unsichtbaren Problemlöser! | 107 |
| 8 | Fragen und Antworten zur Raumlufftfeucht | 139 |
| 9 | Hygiene in Wohnungslüftungsanlagen | 129 |
| 10 | Regenerative Energien in der Klima- und Lüftungstechnik | 136 |
| 12 | Verantwortung des Architekten in der Frage der Raumluffttemperatur | 140 |
| 13 | Zertifizierung Instandhaltung und Reinigung von RLT-Anlagen | 144 |
| 14 | Definition von Klimaanlagen nach EnEV und EPBD | 146 |
| 15 | Raumluftechnische Anlagen - Durchführung von Hygieneinspektionen nach VDI 6022 | 143 |
| 16 | Informationen zur Hygiene in RLT-Anlagen | 145 |
| 17 | Bewertung des Innenraumklimas | 154 |
| 18 | Wohnungslüftung | 159 |
| 19 | Rehva Guidebook No 8: Die Sauberkeit von Lüftungsanlagen (deutsche Version) | 150 |
| 20 | Die Bewertung von WRG und Regenerat. Energien in RLT-Anlagen für NWG nach EEWärmeG | 162 |
| 21 | Software zur Auslegung von Wohnungslüftungssystemen | 180 |
| 22 | Lüftung von Schulen | 174 |
| 25 | EG-Konformitätsbewertung von Raumluftechnischen Geräten, Komponenten und Anlagen | 179 |
| 26 | Qualitätssiegel Raumklimageräte | 179 |
| 27 | Checkliste für die Abnahme von Klima- und Lüftungsanlagen | 170 |
| 29 | Einheitliche Herstellerdeklaration für Wohnungslüftungsgeräte nach DIN 4719 | 187 |
| 30 | Richtiges Lüften in Haus und Wohnung | 185 |
| 31 | Einheitliche Herstellerdeklaration für DX-RKG zur Verwendung für die Nachweise nach GEG | 185 |
| 33 | Zertifizierung und Zulassung von Produkten der Lüftungstechnik | 244 |
| 36 | Fragen und Antworten zur Ecodesign Richtlinie EU 327/2011 für Ventilatoren | 246 |
| 37 | Leitfaden Anlagensicherheit | 73 |
| 38 | Fragen und Antworten zur F-Gase-Verordnung EU-VO 517/2014 | 260 |
| 41 | Auslegung von WL-Anlagen unter den Randbedingungen EnEV und DIN 1946-6 | 278 |
| 43 | Fragen und Antworten zur Ecodesign-Richtlinie EU 1253/2014 – Beigestellte WRG | 295 |
| 44 | Luftfilter für die Raumluftechnik - ISO 16890 und EN 779 | 291 |
| 46 | Filter in Sekundärluftgeräten | 320 |
| 47 | Smarte Lüftungs- und Klimaanlagen im Nichtwohngebäude | 348 |
| 48 | Smarte Wohnungslüftung | 343 |
| 50 | Kommentierung der DIN 1946-6 | 359 |
| 51 | Luftfilter – Luftreinigung – Luftentkeimung in Raumklimageräten | 371 |
| 52 | Anforderungen an Lüftung und Luftreinigung zur Reduktion des Infektionsrisikos über den Luftweg, AHA + Lüftung (deutsch und englisch) | 372 |
| 53 | Zentrale WRG-Systeme in Lüftungsanlagen für mehrere Wohneinheiten | 373 |
| 56 | WL-Anlagen nach DIN 1946-6 unter den Randbedingungen der Corona Pandemie | 387 |
| 57 | Die Luftqualität während der Indoor-Air 2021 – Messung versus Berechnung | 400 |
| 58 | Anforderungen an die Raumlufftfeuchtigkeit zur Reduktion des Infektionsrisikos über den Luftweg AHA + L + Feuchte | 404 |
| 60 | Anforderungen an DX-Wärmepumpen zur Erfüllung der Netzdienlichkeit nach BEG | 407 |

Eine Information des
Fachverband Gebäude-Klima e. V.
Hoferstraße 5
71636 Ludwigsburg
Tel.: +49 7141 25881-0
E-Mail: info@fgk.de · www.fgk.de