

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/71feb58-d359-33b0-b89e-7cfd9eb7408e>

Bibliografie

Titel	Lärm am Arbeitsplatz (DGUV Information 209-023)
Amtliche Abkürzung	DGUV Information 209-023
Normtyp	Satzung
Normgeber	Bund
Gliederungs-Nr.	[keine Angabe]

Abschnitt 6.3 - 6.3 Sicherheitstechnische Maßnahmen

Sicherheitstechnische Maßnahmen sind Lärminderungsmaßnahmen, die die Schallausbreitung einschränken. Im Gegensatz zum vorherigen Abschnitt sind dies Maßnahmen, die darauf ausgerichtet sind, den bereits entstandenen Lärm in der Nähe der Quelle zu mindern. Sie sollen bewirken, dass der von einer maschinellen Einrichtung abgestrahlte Schall möglichst wenig zur Geräuschimmission bei den Beschäftigten beiträgt. Auch diese Maßnahmen werden in der LärmVibrationsArbSchV genannt.

Im Einzelnen sind dies folgende Lärminderungsmöglichkeiten:

- Kapselung der Lärmquelle (Vollkapselung oder Teilkapselung)
- Abschirmung (Abschirmwände)
- raumakustische Maßnahmen
- Schallschutzkabinen (Leitstände, Pausenräume)

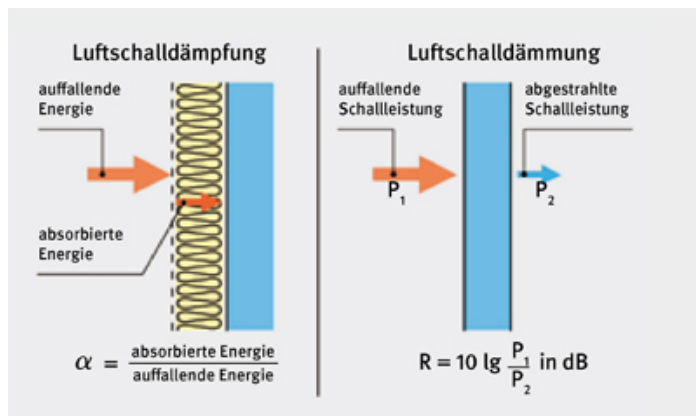


Bild 6-15: Luftschalldämpfung, -dämmung

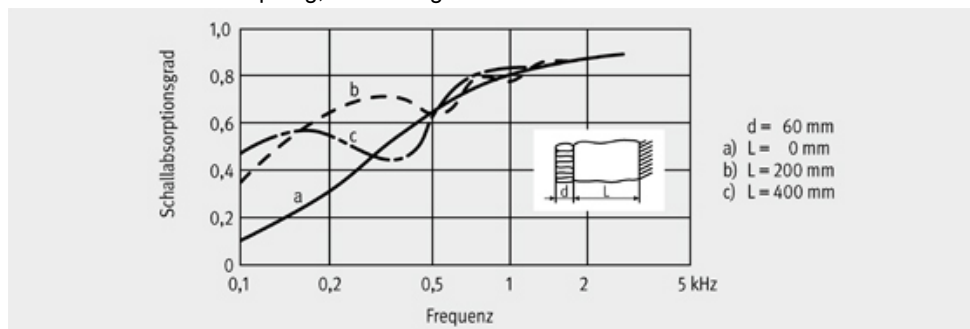


Bild 6-16: Verbesserung der Schallabsorption im tieffrequenten Bereich durch einen Hohlraum zwischen poröser Schicht und Wand (nach BG-Information "Geräuschminderung in Fertigungshallen; Grundlagen und Auswahlkriterien zur Schallabsorption" [BGI 674])

6.3.1

Grundbegriffe der Lärminderung

Bei den technischen Lärminderungsmaßnahmen ist zu unterscheiden zwischen der Dämpfung und Dämmung von Luftschall.

Bei der Dämpfung wird Schallenergie absorbiert und kann damit nicht mehr als Schall zurückgeworfen werden.

Bei der Dämmung wird der Durchgang des Schalls durch einen festen Körper, z. B. eine Kapselwand, gehindert.

Die Kenngrößen sind:

Maß für die Luftschalldämpfung

<i>Schallabsorptionsgrad α</i>	=	$\frac{\text{absorbierte Energie}}{\text{auffallende Energie}}$
--	---	---

Wirkungsweise

Die Energie des auftreffenden Luftschalls wird innerhalb des Absorptionsmaterials in Wärme umgewandelt. Die reflektierte Luftschallenergie wird vermindert.

Materialauswahl

Es werden faserige oder poröse Werkstoffe, wie Mineralwolle oder Kunststoffschaum, eingesetzt. Hohe Frequenzen werden besser absorbiert.

Anwendungsbeispiele

Innenbeschichtung von Kapseln, Abschirmungen, raumakustische Maßnahmen.

Maß für die Schalldämmung

<i>Schalldämmmaß R</i>		
= 10 lg	$\frac{\text{auffallende Schalleistung } P_1}{\text{durchgelassene Schalleistung } P_2}$	in dB

Wirkungsweise

Die Schalleistung des auftreffenden Luftschalls wird innerhalb des Absorptionsmaterials in Wärme umgewandelt. Die durchgelassene Schalleistung wird vermindert.

Materialauswahl

Werkstoffe mit hohem Flächengewicht. Hohe Frequenzen werden bei größeren Flächengewichten besser gedämmt.

Anwendungsbeispiele

Wände, Decken, Kapselungen von Maschinen.

Einfügungsdämmmaß D_w

Das Einfügungsdämmmaß ist eine Besonderheit des Schalldämmmaßes R , z. B. einer Kapsel, und berücksichtigt die Frequenzabhängigkeit des Schalldämmmaterials.

Das Einfügungsdämmmaß D_w ist die Differenz des von einer Schallquelle abgestrahlten Schallleistungspegels ohne und mit Kapselung. Das Einfügungsdämmmaß wird in Terz- oder Oktavbandbreite ermittelt.

Es ist damit das wesentliche Maß für die Planung von Kapseln und der Prognose der Lärminderung.

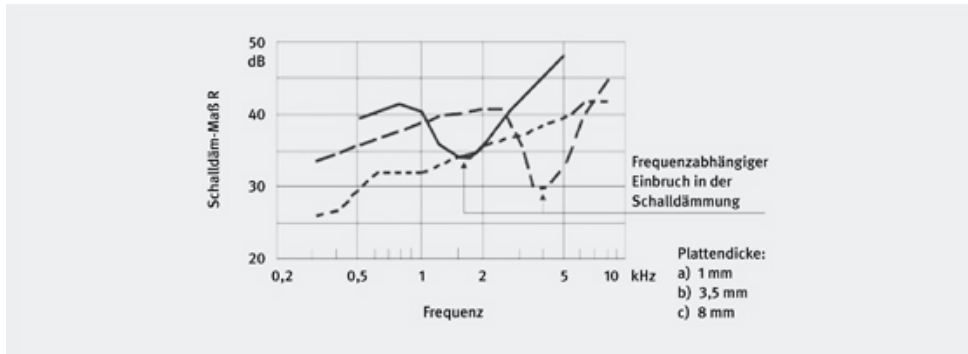


Bild 6-17: Schalldämmmaß von Stahlblech (nach BG-Information "Geräuschminderung durch Kapselung; Hinweise zur Gestaltung von Kapseln einfacher Bauart" [BGI 789])

6.3.2

Lärminderung auf den Schallübertragungswegen

Lärminderungsmaßnahmen auf den Schallübertragungswegen sollen bewirken, dass der von einer maschinellen Einrichtung abgestrahlte Schall möglichst wenig zur Geräuschimmission bei den Beschäftigten beiträgt.

Diese Maßnahmen werden auch als Minderung der Schallausbreitung oder als Sekundärmaßnahmen bezeichnet.

Sie kommen immer dann zum Zuge, wenn durch Primärmaßnahmen die Geräuschemission nicht ausreichend gesenkt werden kann.

Im Einzelnen bestehen folgende Möglichkeiten:

- Kapselung der Lärmquelle (Vollkapselung oder Teilkapselung)
- Abschirmung (Schallschirme, Abschirmwände)
- raumakustische Maßnahmen

6.3.3

Kapselung

Mit der Kapselung soll die Luftschallübertragung verhindert werden. Dies geschieht sowohl durch Dämpfung in der absorbierenden Schicht als auch durch Dämmung an der Außenschale. Der prinzipielle Aufbau einer Kapsel ist im Bild 6-18 auf Seite 40 dargestellt.

Das Lochblech dient als mechanischer Schutz der Folie und des Schallschluckstoffes. Die Folie verhindert das Ausrieseln lose eingelegter Mineralwolle und das Eindringen von Staub, Öl oder Feuchtigkeit in das Innere der Wand. Die Außenschale dämmt (unabhängig vom Flächengewicht der Schale und von der Frequenz des Maschinengehäuses) den Schall, der die Absorptionsschicht passiert hat. Der jetzt reflektierte Schall gelangt so noch einmal in die Absorptionsschicht. Ohne die Absorptionsschicht würde in der Kapsel eine Schallpegelerhöhung auftreten und die Wirkung der Kapsel wäre wesentlich eingeschränkt.

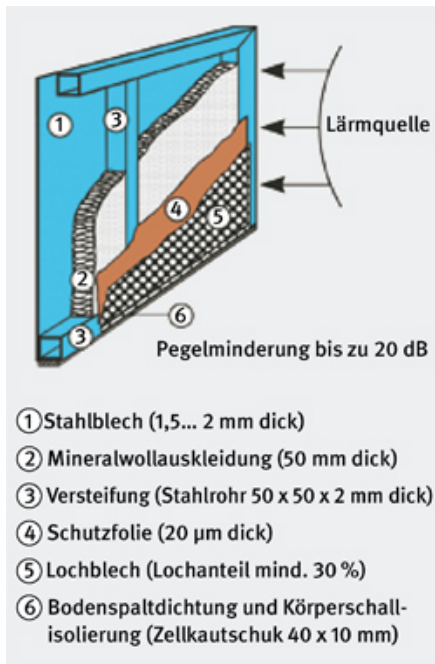


Bild 6-18: Aufbau einer Kapselwand

Im Allgemeinen wird die Wirksamkeit der Kapsel dadurch bestimmt, dass der Schalldruckpegel sowohl ohne als auch mit Kapsel gemessen und so die A-Pegelminderung ΔL_{AK} ermittelt wird.

Soll die Dämmwirkung unabhängig von einer bestimmten Schallquelle angegeben werden, muss die Frequenzabhängigkeit der Schalldämmung berücksichtigt werden. In diesem Fall erhält man das Einfügungsdämmmaß D_{eK} als Kenngröße.

Entscheidenden Einfluss auf die Dämmwirkung haben die in der Kapsel vorhandenen Öffnungen. Die Öffnungen ergeben sich aus Restöffnungen an den Fenstern, Türen, Klappen, Beschickungs- und Entnahmeöffnungen, Zu- und Abluftöffnungen.

Wie die maximal erreichbare Pegelminderung von der Summe der Öffnungen begrenzt ist, zeigt Bild 6-22 auf Seite 41.

6.3.4

Abschirmung

Abschirmungen in Arbeitsräumen mindern den Schall auf den Übertragungswegen. Sie wirken als Hindernis zwischen benachbarten lauten und leisen Arbeitsplätzen. Abschirmungen kommen vorwiegend dann zum Einsatz, wenn Vollkapselungen aus betriebstechnischen Gründen nicht möglich sind.

Das gilt insbesondere für größere Anlagen oder Bereiche, wenn eine Kapsel als "Haus im Haus" verworfen wird. Wegen der Wirkung offen bleibender Raumwinkel, in die Schall abgestrahlt wird, können jedoch bei weitem nicht die Pegelminderungen erreicht werden wie bei Kapselungen.

Pegelminderungen von 5 bis 10 dB(A) sind jedoch möglich, wenn die im Bild 6-24 auf Seite 41 angedeuteten Prinzipien und nachfolgende Punkte berücksichtigt werden:

- Abstand Schirm - Schallquelle oder Schirm - Immissionsort möglichst klein
- Schirmhöhe und Schirmbreite möglichst groß (mindestens 2,3 bis 2,5 m bei Handarbeitsplätzen, bei hohen schallabstrahlenden Maschinen entsprechend höher)
- Spalt zwischen Fußboden und Schirmunterkante möglichst klein (nicht über 100 mm)
- Schallquellenseite absorbierend ausführen
- für ausreichende Schalldämmung sorgen (Flächengewicht und Frequenzabhängigkeit beachten)
- Decke über Schirm absorbierend ausführen und für nötigen Überstand sorgen
- Begehbarkeit (Türen) und Sichtmöglichkeiten (Fenster) vorsehen
- Beschickungsmöglichkeit durch Kran oder Flurförderzeug berücksichtigen

- Zugänglichkeit bei Einricht- und Instandsetzungsarbeiten beachten
- Stauräume möglichst außerhalb der Abschirmung vorsehen (z. B. bei Nibbelmaschinen), Beleuchtung, Belüftung, Heizung nicht einschränken
- variable Verwendungsmöglichkeiten vorsehen (eventuell verfahrbare Schirme)

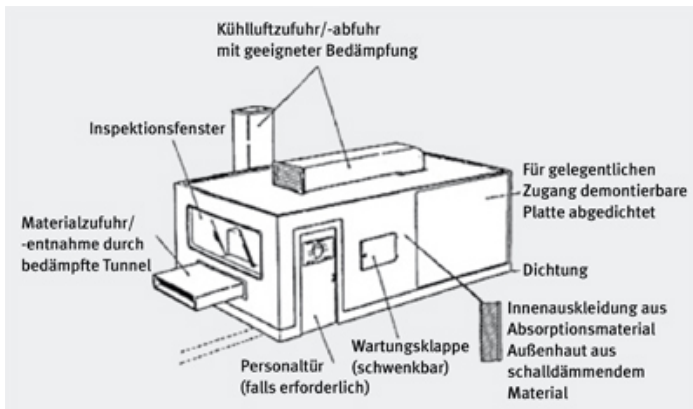


Bild 6-19: Gestaltungsbeispiel einer Maschinenkapsel (DIN EN ISO 15667 [aus BGI 789])



Bild 6-20: Nachträgliche Kapselung einer Großpresse



Bild 6-21: Sorgfältige Auslegung der Zugänge und ausreichende Fensterfläche

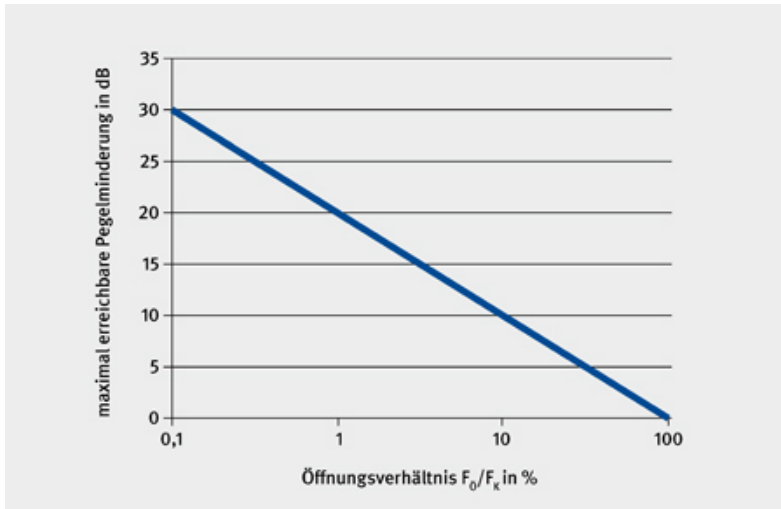


Bild 6-22: Einfluss der Öffnungen in Kapselwänden auf die Pegelminderung (nach BG-Information "Geräuschminderung durch Kapselung; Hinweise zur Gestaltung von Kapseln einfacher Bauart" [BGI 789])



Bild 6-23: Alternativ Kapsel über der Transportpalette an einem Stangenautomaten

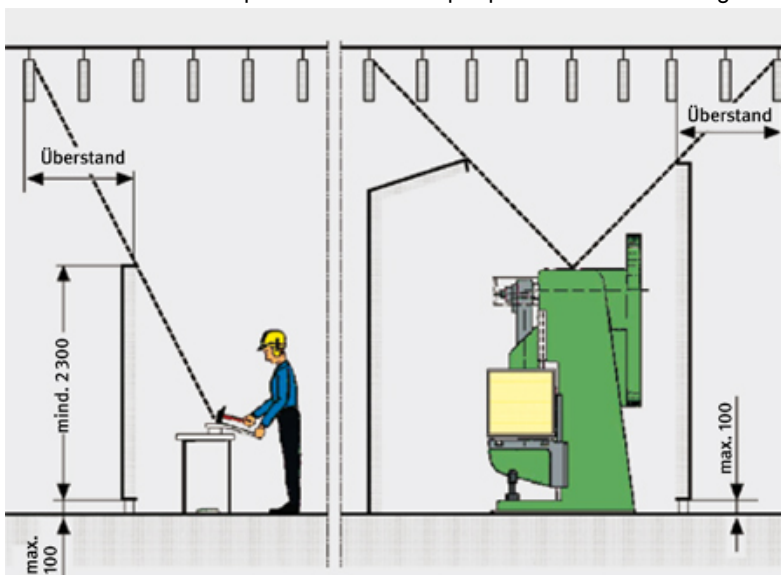


Bild 6-24: Prinzipbild einer Abschirmung (die Absorber an der Decke symbolisieren eine Akustikdecke; bei Beachtung des Taupunktes könnten die Absorber auch waagrecht verlegt werden)

6.3.5

Raumakustische Maßnahmen

Durch raumakustische Maßnahmen soll die Schallreflexion an wandnahen Arbeitsplätzen gesenkt und die Geräuschbeeinflussung zwischen weiter entfernt liegenden Arbeitsplätzen gemindert werden. Außerdem wird durch raumakustische Maßnahmen das subjektive Wohlbefinden und damit die Konzentrationsfähigkeit der Mitarbeiter verbessert.

Raumakustische Maßnahmen sind vor allem dann geboten, wenn Maßnahmen an der Schallquelle nicht ausreichend möglich sind. Das trifft bei den in der Tabelle im Bild 6-25 zusammengestellten Arbeitsbereichen und Betriebsstätten zu.

Am wirkungsvollsten sind raumakustische Maßnahmen, wenn sie bereits bei der Neubauplanung berücksichtigt werden. Dabei ist

zu bedenken, dass Fertigungshallen häufig Arbeitsverfahren überdauern. Deshalb sollte die Entscheidung für raumakustische Maßnahmen relativ großzügig ausgelegt werden. Im Übrigen beruht die Notwendigkeit dieser Maßnahmen nicht nur auf freiwilligen Übereinkünften, sondern ist im [§ 7 LärmVibrationsArbSchV](#) geregelt.

Behälterbau
Blechverarbeitung
Gießerei
Landmaschinen-Instandhaltung
Leichtmetallbau
Lkw-Instandsetzung
Putzerei
Schlosserei
Schmiede
Schweißerei
Stahlbauhalle
Stanzerei

Bild 6-25: Werkstätten/Arbeitsbereiche mit - im Allgemeinen - einem Tages-Lärmexpositionspegel ≥ 85 dB(A)

6.3.5.1

Grundlagen

Von der Pegeladdition wissen wir, dass bei gleichzeitigem Auftreten von Geräuschen das lautere den Gesamtschallpegel bestimmt. Wenn der Schalldruckpegel des z. B. selbst erzeugten Arbeitsgeräusches hoch ist, wird sich der reflektierte Schall oder der Schall von benachbarten Arbeitsplätzen weniger stark bemerkbar machen.

Insofern lässt sich auch kaum eine allgemein gültige Prognose aufstellen, um welches Maß der Tages-Lärmexpositionspegel durch eine raumakustische Gestaltung von Fertigungshallen gesenkt werden kann.

In günstig gestalteten Hallen mit schallabsorbierenden Wand- und Deckenmaterialien kann die Schallpegelminderung im Raum 3 bis 5 dB(A) betragen.

Es gelten folgende Beurteilungskriterien:

- Nachhallzeit
- mittlerer Schallabsorptionsgrad
- mittlere Schallausbreitungsminderung
- reflexionsbedingte Schallpegelerhöhung am Arbeitsplatz

Die Nachhallzeit eines Raumes lässt sich dadurch bestimmen, dass z. B. der Knall einer Starterpistole auf einem Pegelschrieb aufgezeichnet wird (Bild 6-26 auf Seite 43).

Als Nachhallzeit wird diejenige Zeit bezeichnet, in welcher der Schalldruckpegel um 60 dB(A) abnimmt.

Aus dieser Zeit lassen sich dann die äquivalente Schallabsorptionsfläche bzw. der mittlere Schallabsorptionsgrad berechnen:

$$A \approx 0,163 \cdot \frac{V}{T} \left[\text{m}^2 \right]$$

mit

T	=	Nachhallzeit in s
---	---	-------------------

V = Raumvolumen in m³

A = äquivalente Absorptionsfläche in m²

$$= \sum \alpha_i \cdot S_i = \bar{\alpha} \cdot S$$

mit

S _i	=	Einzelflächen in m ²
----------------	---	---------------------------------

α_i = Schallabsorptionsgrade der Einzelflächen

S = $\sum S_i$ = Gesamtoberfläche des Raumes in m²

Daraus folgt der mittlere Schallabsorptionsgrad

$\bar{\alpha} \approx 0,163 \cdot$	$\frac{V}{S \cdot T}$	
------------------------------------	-----------------------	--

Mit vertretbarem Aufwand lässt sich ein $\bar{\alpha} = 0,3$ erreichen, der dann eine gute raumakustische Situation kennzeichnet.

Weil Nachhallzeit und Hallenvolumen direkt proportional sind, hängt die Größe der Nachhallzeit von der Größe des Hallenvolumens ab. Aus diesem Grund hat die Nachhallzeit nur in Verbindung mit der Angabe des Raumvolumens eine Aussagekraft.

Außerdem ist die Formel für die Nachhallzeit nur anzuwenden, wenn die größte und kleinste Raumabmessung das Verhältnis 3:1 nicht überschreitet.

Als Anhaltswerte können jedoch mit den oben genannten Einschränkungen zur Hallengeometrie genannt werden:

- Raumvolumen bis 3.000 m³ 1 s Nachhallzeit
- Raumvolumen von 3.000 bis 12.000 m³ 1,5 s Nachhallzeit

Der mittlere Schallabsorptionsgrad erlaubt die Vorausberechnung der erforderlichen absorbierenden Flächen auch in Hallen, in denen die oben beschriebene Nachhallmessung keinen Erfolg verspricht. Dazu müssen die Schallabsorptionsgrade der vorhandenen Einzelflächen bekannt sein bzw. vorgegeben werden. Die Schallabsorptionsgrade α der wichtigsten Baustoffe sind in der Tabelle im Bild 6-27 auf Seite 44 aufgeführt. Die Absorptionsgrade sind hier über die Oktaven 500 bis 4.000 Hz arithmetisch gemittelt und gerundet.

Bei fachgerechtem Einbau von heute gängiger Mineralwolle zur Schallabsorption ist nicht damit zu rechnen, dass gefährliche Fasern in den Raum freigesetzt werden, wenn ein Rieselschutz vorhanden ist (siehe TRGS 521 "Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle").

Die Schallabsorption steigt bekanntlich mit der Frequenz der Geräuschquelle. Grund hierfür ist die kurze Wellenlänge. Das bedeutet in der Praxis, dass mit steigenden Frequenzen ab etwa 1.000 Hz die Absorptionsschicht je nach Material dünner ausgeführt werden kann. Im konkreten Fall empfiehlt es sich, Frequenzanalysen vorzunehmen und danach den günstigsten Baustoff auszuwählen.

Die Berechnung des mittleren Schallabsorptionsgrades erfolgt nach der Formel:

$\bar{\alpha} \approx$	$\frac{\sum \alpha_i \cdot S_i}{S}$	
------------------------	-------------------------------------	--

Das Absorptionsvermögen von Streukörpern, z. B. Einrichtungsgegenstände, geht bei dieser Rechnung nicht mit ein. Ein Vergleich des nach obiger Formel errechneten Wertes mit der Tabelle für die Abschätzung des Umgebungseinflusses bei der Bestimmung der Schallemission in DIN EN ISO 3746:2011 ermöglicht eine Kontrolle des errechneten Absorptionsvermögens eines Raumes (Bild 6-28 auf Seite 44).

Die mittlere Schallausbreitungsminderung ist vor allem ein Kennwert für die Geräuschbeeinflussung benachbarter Arbeitsplätze untereinander. Aus der vereinfachten Darstellung im Diagramm (Bild 6-29 auf Seite 44) kann abgelesen werden, um welchen Wert die Geräuschimmission zwischen benachbarten Arbeitsplätzen bei raumakustisch günstig gestalteten Begrenzungsflächen gesenkt werden kann.

Nachmessen lässt sich die Pegelminderung bei Abstandsverdoppelung von der Schallquelle am einfachsten mit einer Normalschallquelle.

Die Beschreibung der Messung der Schallausbreitungsminderung wird in der BG-Information "Schallausbreitungsminderung - Reflexionsbedingte Schallpegelerhöhung - Messverfahren" (BGI 797) beschrieben.

Die Schallabnahme ist zwar frequenzabhängig, doch es genügt, wenn mit einem Mittelwert der Pegelminderung in den Oktaven 500 bis 4.000 Hz ermittelt wird. Als ausreichender Wert werden mindestens 4 dB pro Abstandsverdoppelung angesehen (Bild 6-29 auf Seite 44).

Liegt die Pegelabnahme pro Abstandsverdoppelung zwischen 2 bis 4 dB(A), muss der Raum als schallhart bezeichnet werden.

Liegt der Wert bei 4 bis 4,5 dB(A), liegen günstige raumakustische Verhältnisse im Sinne der Prävention nach Stand der Lärminderungstechnik vor.

Die reflexionsbedingte Schallpegelerhöhung am Arbeitsplatz (Raumrückwirkung) kennzeichnet die Erhöhung des Schallpegels unmittelbar am Arbeitsplatz durch Reflexionsschall von nahen Wänden, Schirmen usw. Die Schallpegelerhöhung wird ebenfalls mit einer Normschallquelle bestimmt.

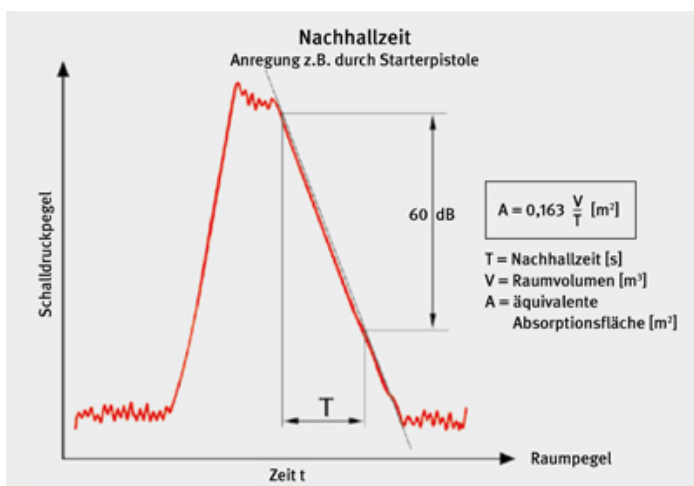


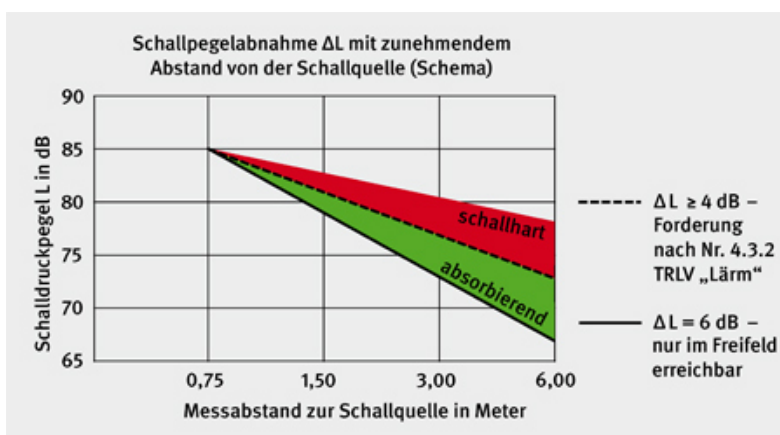
Bild 6-26: Ermittlung der äquivalenten Absorptionsfläche durch Nachhallzeitmessung

Baumaterial - schallhart	α	Baumaterial - schallabsorbierend	α
Kacheln	0,02	Hochlochziegel mit Mineralwolle hinterlegt	0,77
Trapezblech	0,02	Trapezblech mit Mineralwolle hinterlegt	0,82
Fensterglas	0,02	PVC-Folienabsorber (abspritzbar)	0,78
Beton	0,03	Weichschaumabsorber 50 mm direkt aufgelegt	0,95

Baumaterial - schallhart	α	Baumaterial - schallabsorbierend	α
Verputzte Flächen	0,04	Mineralfaser-Zylinderdecke mit 1 Zylinder pro m ²	0,83
Kalksandstein	0,04	Mineralfaser-Kulissendecke	0,91
Ziegelwand (unverputzt)	0,12	Mineralfaser-Platten 50 mm	0,99
Gasbeton	0,17		

Bild 6-27: Schallabsorptionsgrade α von Baumaterialien

Mittlerer Schallabsorptionsgrad α	Beschreibung des Raumes
0,05	Nahezu leerer Raum mit glatten Wänden aus Zement, Backsteinen, Putz oder Kacheln
0,1	Teilweise leerer Raum, Raum mit glatten Wänden
0,15	Möblierter Raum, rechteckiger Maschinenraum, rechteckiger Gewerberaum
0,2	Unregelmäßig geschnittener Raum mit Möbeln, unregelmäßig geschnittener Maschinen- oder Gewerberaum
0,25	Raum mit Polstermöbeln, Maschinen- oder Gewerberaum mit geringen Mengen schallschluckenden Materials an den Wänden oder der Decke (z. B. auch teilweise absorbierende Decke)
0,35	Raum mit schallschluckenden Materialien sowohl an der Decke als auch an den Wänden
0,5	Raum mit großen Mengen schallschluckenden Materialien an der Decke und den Wänden

Bild 6-28: Näherungswerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad α (Quelle: DIN EN ISO 3746)

Bild 6-29: Mittlere Schallpegelabnahme ΔL bei Abstandsverdoppelung

Bei schallhart ausgeführten Wänden, z. B. in Kabinen, kann die Schallpegelerhöhung sogar bis zu 9 dB(A) betragen. Durch raumakustische Maßnahmen kann dieser Wert auf 2 dB(A) gesenkt werden.

6.3.5.2

Baustoffe

Als Absorptionsmittel sind offenporige Werkstoffe mit hoher innerer Dämpfung geeignet, z. B. Mineralwolle, -platten oder weiche Kunststoffschäume. Nicht geeignet sind z. B. Gasbeton, Holzbretter, geschlossenes Trapezblech und Styropor.

Als Parameter bei der Auswahl der Baustoffe sind zu beachten:

- Feuchtigkeit
- Brandsicherheit
- Ölnebel
- Dampf
- Staub
- Wärmeisolation
- Festigkeit (z. B. selbsttragend)
- Bauphysik (Taupunktunterschreitung)
- Baustatik
- Lichtverhältnisse und Beleuchtung
- Heizung und Belüftung
- Montagemöglichkeit
- Aussehen (Architektur)
- Kosten

Die Vielzahl der Einflussgrößen zeigt, dass bei der Auswahl der Baustoffe (Bilder 6-30 bis 6-33 auf Seite 45) sorgfältig vorgegangen werden muss. Auf dem Markt werden für alle Anwendungsfälle geeignete Materialien angeboten, auch für Räume mit hohen Ansprüchen an die Hygiene, z. B. in Küchen und Kantinen.



Bild 6-30: Raumakustisch günstig gestaltete KFZ-Werkstatt



Bild 6-31: Nachträglich unter ein Sheddach befestigte Akustikplatten

6.3.6

Schallschutzkabinen

Schallschutzkabinen sollen die Beschäftigten vor aus der Umgebung abgestrahltem Lärm schützen. Für die akustische Gestaltung gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie bei Vollkapselungen von Maschinen. Schallschutzkabinen sind besonders für Überwachungs- und Steuertätigkeiten geeignet. Gewährleistet werden müssen ausreichende Raumgröße, Beleuchtung, Klimatisierung, Sichtverbindung usw.

An die Gestaltung der Kabinen sind insgesamt hohe Anforderungen zu stellen. Deshalb sollten erforderlichenfalls Fachfirmen in die Projektierung eingeschaltet werden (BG-Information "Geräuschminderung durch Kapselung; Hinweise zur Gestaltung von Kapseln einfacher Bauart" [BGI 789]).

Sorgfältig gestaltete Schallschutzkabinen gewährleisten ein Einfügungsdämmmaß von bis zu 50 dB.



Bild 6-32: Schallabsorbierende Gestaltung von Hallenwänden (nach BG-Information "Geräuschminderung in Fertigungshallen; Grundlagen und Auswahlkriterien zur Schallabsorption" [BGI 674])

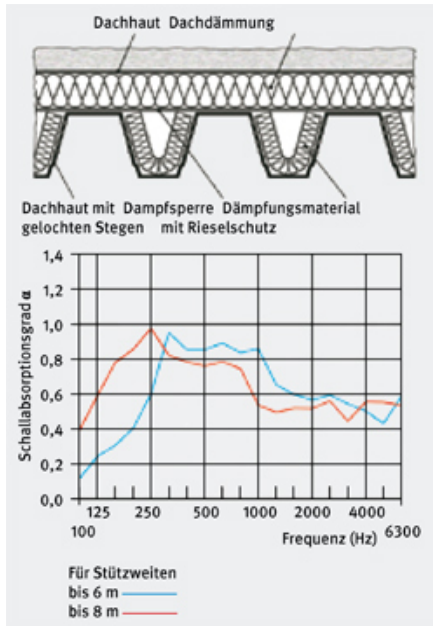


Bild 6-33: Schallabsorbierend ausgelegtes Dachsystem aus Stahl-Trapezblech mit gelochten Stegen und hinterlegtem Dämpfungsmaterial (nach BGI 674)