
BGI 688

Lärm am Arbeitsplatz in der Metall-Industrie

(bisher ZH 1/581)

Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften

2003



Vorwort

Lärmbekämpfung am Arbeitsplatz ist nach wie vor notwendig. Denn noch immer sind

- die Zahl der durch Lärm erkrankten Personen und
 - der Anteil der Lärmschwerhörigkeit an der Summe aller Berufskrankheiten
- sehr groß.

Seit 1995 entfallen etwa 40 % aller jährlich neuen Lärmschwerhörigkeitsfälle in der gewerblichen Wirtschaft auf die Metall-Berufsgenossenschaften – knapp 30 % aller Berufskrankheiten bei den Metall-Berufsgenossenschaften sind Lärmschwerhörigkeitsfälle (Bild 1).

Die vorliegende Druckschrift wendet sich deshalb an diejenigen, die in den Betrieben Verantwortung für die Verminderung des Lärms tragen. Sie soll auch denen eine Hilfe sein, welche die Verantwortlichen über Lärminderungsmaßnahmen, die Auswahl geeigneter Gehörschützer und die Organisation der arbeitsmedizinischen Vorsorge beraten.

Die allgemeinen Ausführungen in den ersten Abschnitten vermitteln Grundkenntnisse und sollen zur Motivation beitragen. Der eilige Leser kann über das Inhaltsverzeichnis direkt in die Sachthemen einsteigen.

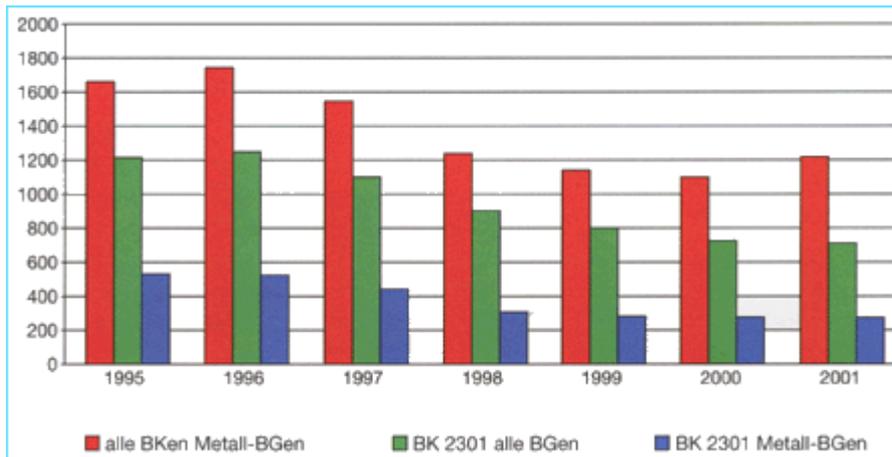


Bild 1: Entwicklung der Berufskrankheit "Lärmschwerhörigkeit" (BK 2301); neue Renten pro Jahr

1 Wirkung des Lärms

Das Ohr als Sinnesorgan besitzt praktisch keine natürlichen Schutzmechanismen, die verhindern, dass Lärm auf das Ohr wirkt.

Während sich z.B. die Pupille des Auges bei starkem Lichteinfall verengt, ist das Ohr ständig "auf Empfang geschaltet".

1.1 Wirkung auf die Gesundheit

Für die Wirkung des Lärms auf den Menschen gilt die allgemein übliche Definition:

Lärm = Geräusch (Schall), das stören, belästigen, die Gesundheit schädigen und die Unfallgefahr erhöhen kann.

Mit dem erweiterten Präventionsauftrag der Berufsgenossenschaften werden heute alle arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren betrachtet.

Im Vordergrund steht die gehörschädigende Wirkung des Lärms, die zur Berufskrankheit "Lärmschwerhörigkeit" (Nr. 2301 der in der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung bezeichneten Krankheiten) führen kann.

Weitere arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren durch Lärm können beispielsweise Schlaflosigkeit, Nervosität, Erhöhung des Blutdruckes, Beschleunigung der Herzrhythmus, Stoffwechselstörungen und ähnliche Beeinträchtigungen sein.

Eine Erhöhung der Unfallgefahr ist möglich, wenn durch Lärm die Wahrnehmung akustischer Signale oder Gefahr ankündigender Geräusche beeinträchtigt wird. Beispiele hierfür sind Rottenwarnsignale für Beschäftigte im Bereich von Gleisen oder Geräusche sich lockernder Werkzeuge an Maschinen, die eventuell durch Störschall verdeckt werden.

1.2 Wirkung auf das Gehör

1.2.1 Aufbau des Ohres

Die von einer Schallquelle abgestrahlte Energie tritt als Luftschall in das Ohr und versetzt das Trommelfell in Schwingungen. Das Trommelfell überträgt die akustische Energie über die im Mittelohr befindliche Gehörknöchelreihe (Hammer, Amboss, Steigbügel) auf das ovale Fenster. Das ovale Fenster ist kleiner als das Trommelfell, sodass hier wie bei einem mechanischen Transformator eine etwa 20fache Verstärkung des Schalldruckes stattfindet (Bild 1-1).

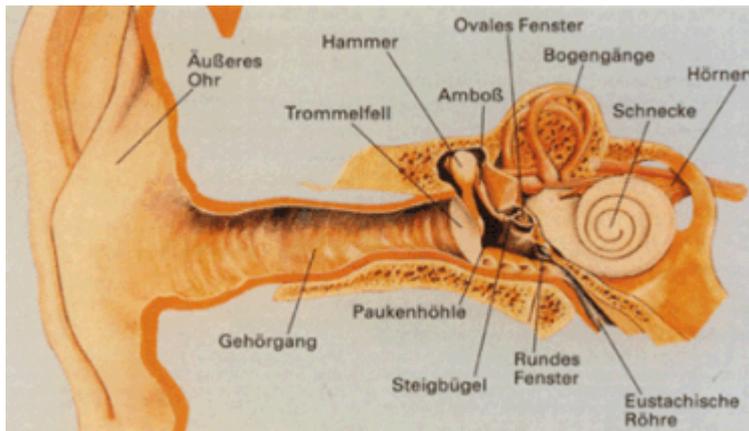


Bild 1-1: Aufbau des Ohres (Abbildung nach Bilsom)

Diese Schallfortleitung kann natürlich nur dann funktionieren, wenn z.B. das Trommelfell als Membran beweglich ist und schwingen kann und nicht durchlöchert ist. Ein beschädigtes Trommelfell würde den Schall ähnlich vermindert übertragen wie eine angeregte, jedoch gedämpfte oder gelochte Blechtafel.

Das ovale Fenster überträgt die Schwingungen auf die Flüssigkeit, mit der die etwa erbsengroße Schnecke (Bild 1-2) des Innenohres gefüllt ist. Wir haben es also jetzt mit Flüssigkeitsschall zu tun, wie in einem hydraulischen System.

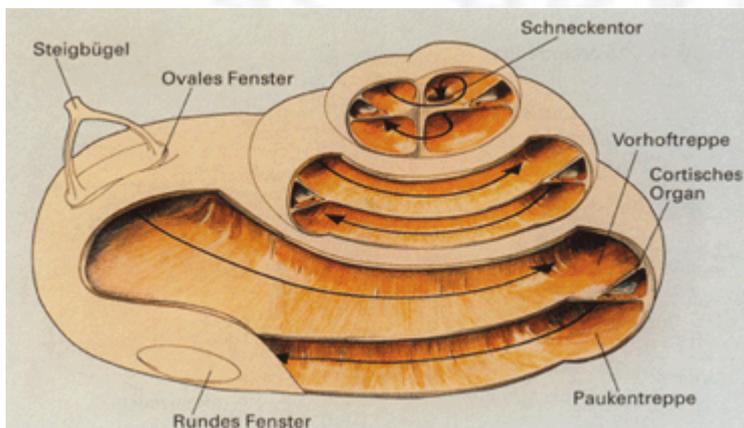


Bild 1-2: Schnecke im Innenohr (Abbildung nach Bilsom)

Die Druckschwankungen sorgen nun dafür, dass die Haarzellen (Bild 1-3) in der Schnecke erregt werden. Die Bewegungsenergie wird hier in elektrochemische Energie umgewandelt und über den Hörnerv an das Gehirn weitergeleitet.

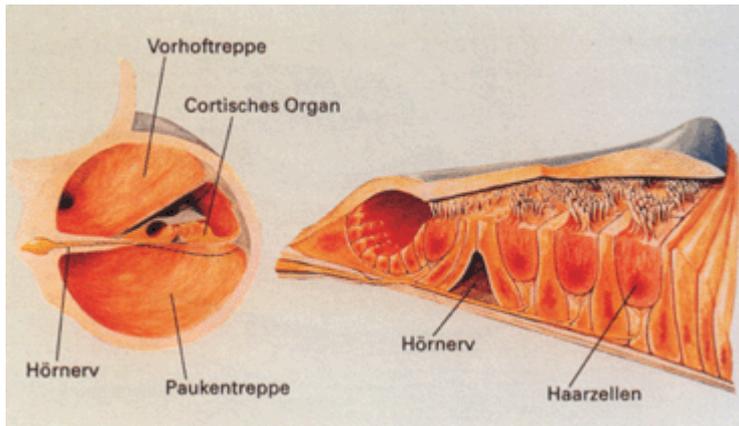


Bild 1-3: Schnitt durch Schnecke (Abbildung nach Bilsom)

Schall, der z.B. über den Schädelknochen zum Hörorgan gelangt, wird demgegenüber als Körperschall bezeichnet.

Die Schnecke des Innenohres kann man mit einem Schallpegelmesser vergleichen.

Je lauter ein Geräusch ist, desto stärker werden die Haarzellen ausgelenkt und das Geräusch wird im Gehirn als laut verarbeitet.

Zugleich wird die Tonhöhe (Frequenz) dadurch registriert, dass bestimmte Frequenzen nur auf entsprechende Haarzellenbereiche wirken: Die tiefen Töne werden im oberen Bereich der Schnecke empfangen und die hohen Töne an der Basis der Schnecke.

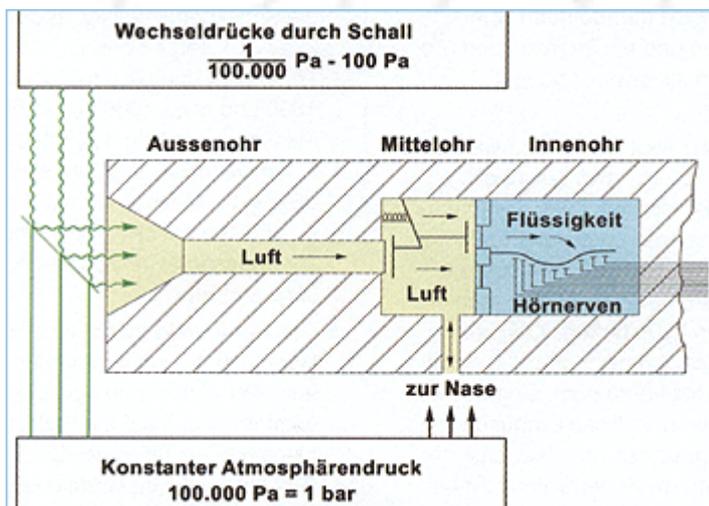


Bild 1-4: Das "Technische Ohr" – Wirkungsweise bei der Schallübertragung im Ohr (nach Woodson)

1.2.2 Hörvermögen des gesunden Ohres

Das Hörvermögen lässt sich am besten am so genannten Hörfeld (Bild 1-5) erläutern. Diese Darstellung erklärt auch die grundlegenden akustischen Begriffe und wir können Folgendes ablesen:

- Das menschliche Ohr nimmt Schall wahr, dessen Frequenzen zwischen etwa 16 und 16 000 Hz liegen. Die Maßeinheit Hz (= Hertz) gibt die Zahl der Schwingungen pro Sekunde an. Bei Schall unter 16 Hz spricht man von Infraschall und oberhalb von 16 000 Hz von Ultraschall.

- Der effektive Schalldruck p ist die wesentliche Größe, um Geräuscheinwirkungen auf den Menschen zu beschreiben. Auf der Ordinate rechts ist der effektive Schalldruck in Pa angegeben. Hier reichen die Zahlen von 20 Pa an der Gefühlsschwelle (Schmerzgrenze) bis 0,00002 Pa an der Hörschwelle.
- Mit dem Schalldruck [Pa] lässt sich nur umständlich rechnen. Deshalb wird diese Zahlenspanne von der Hörschwelle bis zur Gefühlsschwelle durch eine logarithmische Skala ersetzt. So erhält man für 0,00002 bis 20 Pa nur noch 0 bis 120 dB (= Dezibel). Damit wird auch deutlich, dass dB keine Einheit im Messwesen ist wie [W] oder [m²] und man mit Dezibel-Werten nicht rechnen kann, wie man es mit anderen Zahlen gewohnt ist (z.B. sind 0 dB nicht 0 Pa, sondern 0,00002 Pa). Im Übrigen kommt das logarithmische Maß den Empfindungsabstufungen des Ohres sehr nahe. So wird eine Schallpegeländerung von 1 dB gerade noch wahrgenommen und ein Pegelanstieg um 10 dB wird als doppelt so laut empfunden.
- Bei 1000 Hz liegt die Hörschwelle bei 0 dB, bei 100 Hz etwa bei 40 dB. Hieran erkennt man, dass das Ohr für tiefe Frequenzen relativ unempfindlich ist, dagegen auf Töne mit 2000 bis 4000 Hz am empfindlichsten reagiert. Bei großen Lautstärken, z.B. im Bereich der Schmerzschwelle, spielt die Frequenz kaum noch eine Rolle. Diese unterschiedliche Empfindlichkeit des Ohres auf verschiedene Frequenzen muss bei Geräuschemessungen berücksichtigt werden. In die Schallpegelmesser ist deshalb ein Filter (A-Filter) eingebaut, der tiefe Töne stark dämpft und Töne zwischen 1000 und etwa 4000 Hz leicht verstärkt. Messen wir mit dem A-Filter, so erhalten wir dB(A) statt unbewerteter dB-Werte. Messen wir mit dem C-Filter, so erhalten wir dB(C), ein Wert, der zur Erfassung von Spitzenpegeln angewendet wird.
- Das Sprachfeld macht innerhalb des Hörfeldes nur einen geringen Teil aus. Wer also schon Sprache schlecht versteht, muss auf die Wahrnehmung eines großen Teiles der Geräusche verzichten, die im Hörfeld liegen.

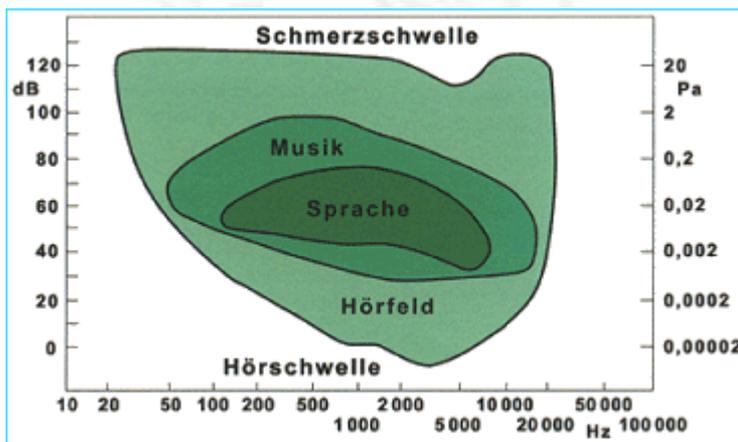


Bild 1-5: Hörfeld des gesunden Ohres (Abbildung nach Bilsom)

1.2.3 Gehörschäden und Hörverlust

Dauert ein lautes Geräusch zu lange an, wirkt es auf das Ohr gehörschädigend. Die Haarzellen werden mehr und mehr ausgelenkt und richten sich beim Fehlen einer ausreichend langen Lärmpause nicht wieder auf – vergleichbar mit einem Getreidefeld, das durch starken Regen und Wind niedergewalzt ist (Bild 1-6).

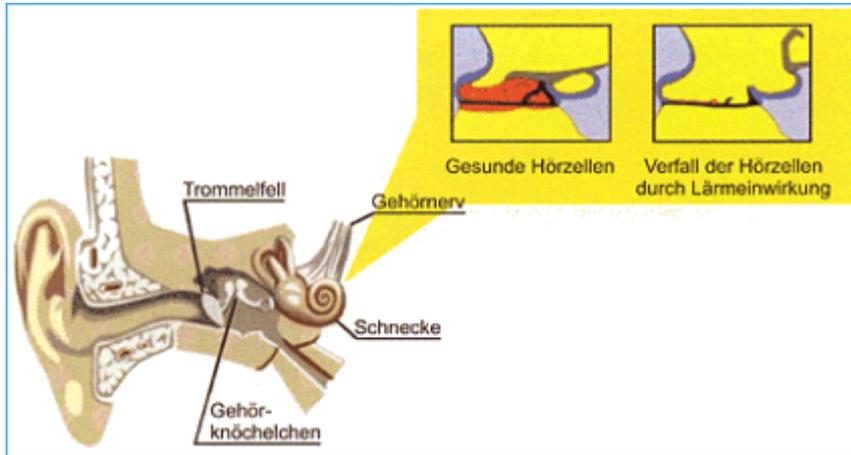


Bild 1-6: Schädigung des Innenohres (nach Lawrence)

Das Hörorgan wird nicht mehr genügend durchblutet und die Haarzellen sterben ab. Hiernach ist unschwer einzusehen, dass Gehörschäden durch Lärm irreparabel sind und ein Hörgerät nur bedingt Abhilfe schaffen kann.

Aus den Bildern 1-7 und 1-8 wird deutlich, welche Informationsverluste ein Schwerhöriger erleidet. Bei einem schweren Hörschaden kann schon mehr als 50 % der Sprache nicht mehr verstanden werden.

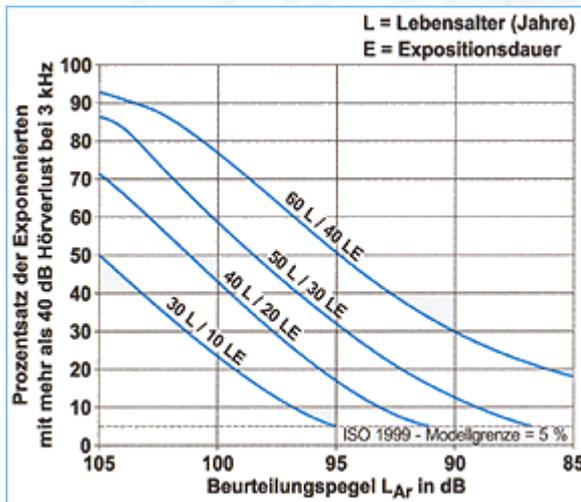


Bild 1-7: Zusammenhang zwischen Lärmexposition, Beurteilungspegel und Hörverlust (nach ISO 1999)

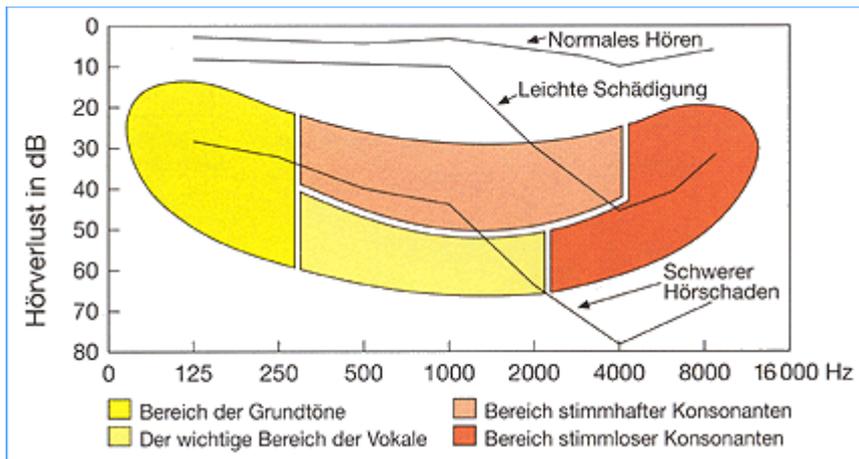


Bild 1-8: Einfluss des Hörvermögens auf das Hörfeld (Abbildung nach Bilsom)

Neben den sich im Lauf der Zeit entwickelnden Gehörschäden – für die Betroffenen zumeist anfangs nicht bemerkt – sind akute Gehörschäden zu nennen. Diese treten schon bei kurzzeitigen Schallereignissen auf, deren Pegel $L_{C, peak} \geq 140 \text{ dB(C)}$ liegen.

So kann z.B. ein Knall genügen, um das ungeschützte Ohr zu schädigen.

2 Gesetzliche Grundlagen

Die Aktionspegel der Geräuschimmissionen am Arbeitsplatz sind in der Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3) und in der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) festgelegt (Bild 2-1 und Bild 2-2). Sie beziehen sich auf die ermittelten Beurteilungspegel.

Bild 2-1: Aktionspegel nach Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3); Auszug

Beurteilungspegel L_{Ar} in dB		Maßnahmen	Bestimmung
$L_{Aeq, 8 h}$	$L_{Aeq, 8 h}$		
85 – 89	< 90	<ul style="list-style-type: none"> – Beurteilungspegel ermitteln – Lärminderung – Unterweisung – Gehörschutz zur Verfügung stellen 	§ 7 (1), § 8, Anlage 2 §§ 3, 4, 5 § 9 § 10 (1)
85 – 89	≥ 90	<ul style="list-style-type: none"> – Beurteilungspegel ermitteln – Lärminderung – Lärmbereich kennzeichnen¹ – Unterweisung – Gehörschutz benutzen¹ – Lärminderungsprogramm¹ 	§ 7 (1), § 8, Anlage 2 §§ 3, 4, 5 § 7 (2), Anlage 2 § 9 § 10 (2), Anlage 2 § 6, Anlage 2
≥ 90	–	<ul style="list-style-type: none"> – Beurteilungspegel ermitteln – Lärminderung – Lärmbereich kennzeichnen – Unterweisung – Gehörschutz benutzen – Lärminderungsprogramm 	§ 7 (1), § 8, Anlage 2 §§ 3, 4, 5 § 7 (2) § 9 § 10 (2) § 6

Bild 2-2: Höchstwert des Beurteilungspegels nach § 15 "Arbeitsstättenverordnung"; Auszug

Höchstwert Beurteilungspegel L_{Ar} in dB	Tätigkeiten/Räume (siehe auch VDI 2058 Blatt 3)
55	überwiegend geistige Tätigkeiten
70	einfache oder überwiegend mechanisierte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten
85	sonstige Tätigkeiten
90	wenn 85 dB nach der betrieblich möglichen Lärminderung zumutbarerweise nicht einzuhalten sind
55	Pausen-, Bereitschafts-, Liege- und Sanitätsräume

Der Beurteilungspegel gilt als Maß für die Wirkung des Lärms im Hinblick auf Hörminderungen und Gehörschäden. Der Beurteilungspegel ist der Pegel eines für die Dauer einer achtstündigen Arbeitsschicht konstanten Geräusches oder, bei zeitlich schwankenden Geräuschen, der diesem gleichgesetzte Pegel.

Wegen seiner zentralen Bedeutung für die Beurteilung des Lärms wird dieser Pegel im Abschnitt 3.5 ausführlich behandelt.

¹ Berücksichtigung des Impulszuschlages K_1 bei bestimmten Arbeitsverfahren und Arbeitsmitteln nach Anlage 2 BGV B3, wenn $K_1 > 2$ dB.

Als gehörgefährdend gilt Lärm, dessen Beurteilungspegel den Wert von 85 dB(A) erreicht oder überschreitet. Eine Lärmgefährdung kann auch gegeben sein im Grenzbereich unter 85 dB(A) bei Beurteilungspegeln von 79 bis 84 dB(A) und hoher Impulshaltigkeit mit einem Impulzzuschlag von mehr als 10 dB(A); vgl. § 8 BGV B3. Aus den tabellarischen Auszügen aus der BGV B3 und der ArbStättV wird deutlich, dass Lärminderungsmaßnahmen auch schon bei Beurteilungspegeln unter 85 dB(A) zu treffen sind.

Neben dem Beurteilungspegel wird in der BGV B3 als weiterer Grenzwert der Höchstwert des nicht bewerteten Schalldruckpegels mit 140 dB (Peak) genannt; diese 140 dB (Peak) entsprechen 130 dB(A) mit der Zeitbewertung "Impuls".

Dieser Aktionspegel hat nur eine geringe praktische Bedeutung und wird deshalb bei den folgenden Ausführungen vernachlässigt. Betont sei, dass es sich hier nur um Immissionswerte handelt, also um Geräusche, die direkt auf das Ohr einwirken. Emissionsgrenzwerte für technische Arbeitsmittel werden im Abschnitt 5 gesondert behandelt.

3 Grundlagen der Geräuschimmission

Unter Geräuschimmission am Arbeitsplatz versteht man die Einwirkung des Geräusches auf das Gehör. Ein Maß für die Geräuschbelastung ist der äquivalente Dauerschallpegel (Beurteilungspegel ohne Impulzzuschlag). Um diesen bestimmen zu können, sind nachfolgende Grundkenntnisse erforderlich.

3.1 Schalldruckpegel, Messgrößen und Messverfahren

In der Akustik rechnet man nicht mit dem Schalldruck als Effektivwert der Druckschwankungen in einem Medium (Luft, Flüssigkeit oder fester Körper), sondern mit einem logarithmischen Maß, dem Schalldruckpegel L_p (englisch: L = level, p = pressure), auch kurz Schallpegel genannt.

Vom Schalldruckpegel

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} \text{ in dB}$$

p = vorhandener Schalldruck

p_0 = Schalldruck an der Hörschwelle

werden alle in der Praxis gebräuchlichen Größen abgeleitet, z.B. A-Schalldruckpegel L_A . Der Index "A" steht für die Frequenzbewertung und bedeutet, dass das Messgerät die tiefen Töne stark dämpft und die hohen Töne schwach verstärkt. Das Hörempfinden wird also durch in Messgeräte eingebaute Filter nachgeahmt. Angegeben wird der Schalldruckpegel L_A in dB. Gebräuchlich ist auch die Schreibweise L in dB(A).

Geräusche an Arbeitsplätzen können neben der frequenzmäßigen Zusammensetzung in ihrem Pegelverlauf gleichmäßig, schwankend, impulshaltig oder durch Pausen unterbrochen sein oder aus Kombinationen verschiedener Geräusche bestehen. Um die Geräusche beschreiben und vor allem die Art der Messdurchführung festlegen zu können, sind weitere Schalldruckpegel zu

unterscheiden. Die wesentlichen Schallpegel sind die momentanen Schalldruckpegel und die äquivalenten Dauerschallpegel. Aus Zusatzbezeichnungen wird deutlich, ob mit Frequenzbewertungen gemessen wurde und auf welche dynamische Eigenschaft (Zeitbewertung) der Schallpegelmessung während der Messung eingeschaltet war. Die Zeitbewertung hat entscheidenden Einfluss auf die Höhe des Mittelungspegels bei impulshaltigen Geräuschen.

Im Bild 3-1 sind für dasselbe Geräusch der Pegelschrieb in der Zeitbewertung "FAST" und der Zeitbewertung "IMPULS" dargestellt. Die bei der Pegelmittelung zu berücksichtigenden Flächen unterhalb der Kurven sind durch die Schraffur hervorgehoben.

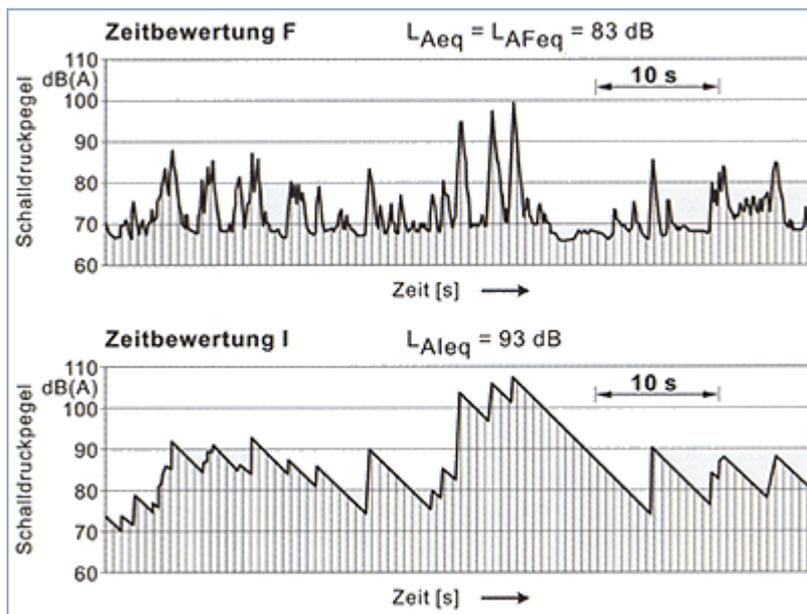


Bild 3-1: Veranschaulichung eines Geräusches mit unterschiedlichen Zeitbewertungen (nach BIA)

Man erkennt deutlich, dass bei dem beispielhaften impulshaltigen Geräusch die Fläche unter der Kurve der Zeitbewertung "I" (IMPULS) wesentlich größer ist, als unter der Kurve der Zeitbewertung "F" (FAST). Somit ergibt sich für den Mittelungspegel in der Zeitbewertung "IMPULS" ein um 10 dB(A) höheres zahlenmäßiges Ergebnis.

Unterschieden werden der äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} und der mittlere Impulsschallpegel L_{Aleq} . Die Differenz zwischen beiden Pegeln ist die Impulshaltigkeit I .

Im Beispiel in Bild 3-1 beträgt er 10 dB(A). Er ist zu berücksichtigen, wenn die Differenz zwischen L_{Aeq} und L_{Aleq} mehr als 2 dB(A) beträgt (DIN 45 645.2).

Die Tabelle im Bild 3-2 enthält eine Übersicht der wichtigsten Bezeichnungen und Messgeräteeinstellungen.

Bild 3-2: Schalldruckpegel und Mittelungspegel (äquivalente Dauerschallpegel)

Bedeutung der wichtigsten zeit- und frequenzbewerteten Pegel		
L_{AF} L_F	in dB in dB(A)	Schalldruckpegel (Momentanwert) mit Frequenzbewertung "A" und Anzeigedynamik "FAST"
L_{AS} L_S	in dB in dB(A)	Schalldruckpegel (Momentanwert) mit Frequenzbewertung "A" und Anzeigedynamik "SLOW"
L_{AI} L_I	in dB in dB(A)	Schalldruckpegel (Momentanwert) mit Frequenzbewertung "A" und Anzeigedynamik "IMPULS"
L_{CF} L_F	in dB in dB(C)	Schalldruckpegel (Momentanwert) mit Frequenzbewertung "C" und Anzeigedynamik "FAST"
L_{iin}	in dB	Schalldruckpegel (Momentanwert) ohne Frequenzbewertung
L_{CFmax} L_{Fmax}	in dB in dB(C)	Maximaler Schalldruckpegel mit Frequenzbewertung "C" und Anzeigedynamik "FAST"
$L_{iin peak}$	in dB	Spitzenwert des Schalldruckpegels ohne Frequenzbewertung
L_{AImax} L_{Imax}	in dB in dB(A)	Maximaler Schalldruckpegel mit Frequenzbewertung "A" und Anzeigedynamik "IMPULS"
Bedeutung der wichtigsten Mittelungspegel (äquivalente Dauerschallpegel)		
$L_{Aeq, T}$ $L_{eq, T}$	in dB in dB(A)	A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel für die Mittelungsdauer T
$L_{Aiq, T}$ $L_{iq, T}$	in dB in dB(A)	A-bewerteter mittlerer Impulsschallpegel für die Mittelungsdauer T
L_{Ar} L_r	in dB in dB(A)	Beurteilungspegel für 8 h, gebildet aus den äquivalenten Dauerschallpegeln $L_{Aeq, 8h}$ oder $L_{Aiq, 8h}$

3.2 Messgeräte

Bei der Ermittlung der Geräuschimmission am Arbeitsplatz kann auf Werte von vergleichbaren Arbeitsplätzen oder Maschinen zurückgegriffen werden. Anderenfalls sind Schallpegelmessungen erforderlich.

Die Unterschiede bei den einzelnen Schallpegelmessern liegen in den Genauigkeitsklassen (Bild 3-3) und bei den möglichen Zusatzeinrichtungen. Mit den einfachsten Geräten nach DIN EN 60 651 können nur Momentanwerte abgelesen werden, anspruchsvollere Geräte nach DIN EN 60 804 bilden durch Integration gleich den äquivalenten Dauerschallpegel.

Bild 3-3: Genauigkeitsklassen der Messgeräte (nach DIN EN 60 651)

Genauigkeitsklassen	1	2	3
Toleranz	0,7 dB	1,0 dB	1,5 dB

Bei der Beschaffung der Schallpegelmessers ist also zunächst die Genauigkeitsklasse (nach DIN EN 60 651) zu beachten und dann die Möglichkeit der integrierenden Messung (nach DIN EN 60 804) von L_{Aeq} und L_{Aeq} . Diese zwei Normen sind in der DIN EN 61 672-1 in einem Papier zusammengefasst.

Schallpegelmessers, die nach DIN EN 60 651 und DIN EN 60 804 zugelassen sind, können weiterhin eingesetzt werden.

Die Filter für Frequenzanalysen sind entweder eingebaut oder können angeschlossen werden. Als weitere Zusatzgeräte sind Pegelschreiber, Ergebnisdrucker, Pegelrechner und Körperschallaufnehmer für die meisten Geräte erhältlich. Ein weiteres Kriterium ist die Baumusterprüfung.

Für den Betrieb eines Schallpegelmessers wird ein Kalibrator benötigt, um die Genauigkeit prüfen und erforderlichenfalls nachregulieren zu können (siehe DIN EN 60 942).

Dosimeter gehören zu den integrierenden Schallpegelmessern. Sie werden am Körper getragen und das Mikrofon wird in Ohrnähe befestigt. Mit diesen Geräten kann die persönliche Schalldosis, d.h. der zeitliche Mittelwert über die Messdauer gemessen werden, wenn die Dosimeter die erforderliche Anzeigedynamik enthalten. Ein Nachteil bei den Dosimetern besteht darin, dass sie bei plötzlich auftretenden Pegelspitzen leicht übersteuern und damit das Messergebnis verfälschen. Außerdem sind die Werte nicht leicht reproduzierbar, vor allem dann nicht, wenn während der Messdauer manipuliert wurde.

3.3 Durchführung der Geräuschmessung

Geräuschimmissionsmessungen am Arbeitsplatz (Bild 3-4) sind meistens schwieriger als zunächst vermutet, insbesondere dann, wenn es sich um verschiedene Tätigkeiten handelt, die zeitlich und örtlich wechseln. Besonders sorgfältig ist die Messung durchzuführen, wenn sich herausstellt, dass die Geräuschimmission nahe an den Beurteilungspegeln um 85 und 90 dB(A) liegt oder hohe Spitzenpegel (ab 140 dB[peak]) zu erwarten sind.



Bild 3-4: Geräuschimmissionsmessung; gemessen wird hier in Ohrnähe des Beschäftigten

In der überwiegenden Zahl der Messungen werden diese als Bereichsmessungen ortsbezogen durchgeführt, also unabhängig davon, wie lange sich die Beschäftigten in den jeweiligen Bereichen aufhalten (siehe Abschnitt 3.5).

Den Ablauf bei Bereichsmessungen mit den wichtigsten Kriterien zeigt das Ablaufschema (Bild 3-5).

Das Muster eines Geräusch-Messprotokolls befindet sich im Anhang.

Bild 3-5: Ablaufschema für Geräuschimmissionsmessungen

Messung (Vorbereitung/Durchführung)	Protokoll (Hinweise)
Allgemeine Angaben für Messprotokolle festhalten	Unternehmen, Abteilung, Halle Messdatum Bearbeiter, Teilnehmer an Messung Messvorschriften
Messausrüstung zusammenstellen	Messgerät und Zusatzeinrichtungen Kalibrator
Messorte (Maschinen, Gerät, Bereich usw.) beschreiben	Messpunkte nach Mess-Stellenplan Daten der Geräuscherzeuger Betriebszustand personenbezogen/ortsbezogen messen
Messverfahren festlegen	Frequenz- und Zeitbewertung Bezeichnung des Mittelungspegels
Kalibrieren der Messeinrichtung	vor der Messung
Grundgeräusch und Arbeitspausen feststellen	Grundgeräusch messen, sofern wichtig für Beurteilungspegel
Unplanmäßige Fremdgeräusche und Pausen ermitteln, ausblenden	Unplanmäßige Fremdgeräusche und Pausen gehen in den Beurteilungspegel nicht ein!
Messdurchführung	Äquivalenter Dauerschallpegel, gegebenenfalls Impulshaltigkeit, Maximalpegel, Frequenzanalyse
Messdauer festlegen	Genauigkeitsklasse der Ermittlungen unter Berücksichtigung des Stichprobenumfangs
Kalibrieren	nach der Messung
Messprotokoll auswerten	Beurteilungspegel aus äquivalentem Dauerschallpegel, Teilzeiten und Beurteilungszeit, ggf. Impulshaltigkeit
Lärmkataster aufstellen	Beurteilungspegel in Hallenplan eintragen Lärmkarte erstellen
Zusammenfassung	Abschließende Beurteilung hinsichtlich Zuordnung zu – kein Lärmbereich – Lärmbereich – kennzeichnungspflichtiger Lärmbereich

3.4 Rechnen mit Schallpegeln

Schon während der Geräuschmessung mit einem nicht integrierenden Schallpegelmessgerät stellt sich die Frage, wie Momentanwerte zu äquivalenten Dauerschallpegeln zusammengefasst werden und welchen Einfluss Störgeräusche auf den Gesamtschallpegel haben.

Gleichmaßen können Lärminderungen in der Regel nur begonnen und beurteilt werden, wenn die Pegeladdition geläufig ist. Komplizierte Rechnungen sind meistens nicht erforderlich, oftmals reichen "Rezepte" zur Lösung der Aufgabenstellung aus.

3.4.1 Mittelung von Schallpegeln

Schallpegel werden nach DIN 45 641 gemittelt. Sie lassen sich einfach mitteln, wenn die Schwankungsbreite des Geräusches nicht mehr als 10 dB beträgt und der Pegelverlauf im Schwankungsbereich statistisch gleichmäßig verteilt ist.

1. Schwankungsbereich bis zu 5 dB:

Für Schallvorgänge mit Pegelschwankungen bis zu etwa 5 dB kann im Allgemeinen die Mitte des Schwankungsbereiches als äquivalenter Dauerschallpegel gelten.

Beispiel:

Der Schallpegel schwankt zwischen 90 und 94 dB(A). Die Mitte zwischen beiden Werten ist der äquivalente Dauerschallpegel

$$L_{Aeq} = 92 \text{ dB.}$$

2. Schwankungsbereich bis zu 10 dB:

Wenn der Schwankungsbereich der Messwerte kleiner als etwa 10 dB ist, so liegt der Mittelungspegel um etwa 1/3 des Schwankungsbereiches unterhalb dessen oberer Grenze.

Beispiel:

Der Schallpegel schwankt zwischen 90 und 99 dB(A).

Schwankungsbereich:

9 dB(A); 1/3 davon = 3 dB(A)

Also: $L_{Aeq} = 99 - 3 = 96 \text{ dB.}$

An diesem Beispiel erkennt man schon, dass hohe Pegelspitzen stärker zu Buche schlagen als niedrige Pegel.

3. Mittelung mit Taschenrechnern:

Für die rechnerische Mittelung von Schallpegeln in unterschiedlichen Zeitintervallen gilt folgende Formel:

$$L_{eq} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_M} \left(10^{0,1L_{eq1}} \cdot T_1 + 10^{0,1L_{eq2}} \cdot T_2 + \dots + 10^{0,1L_{eqn}} \cdot T_n \right) \right]$$

$$T_M = T_1 + T_2 + \dots + T_n$$

= betrachtetes gesamtes Zeitintervall (Messzeit)

$$T_1, T_2 \dots T_n$$

= einzelne Zeitintervalle

$L_1, L_2 \dots L_n$

= Schallpegel in dB zur Zeit $T_1, T_2 \dots T_n$

Beispiel:

$$L_{Aeq1} = 85 \text{ dB} \quad T_1 = 5 \text{ min}$$

$$L_{Aeq2} = 90 \text{ dB} \quad T_2 = 10 \text{ min}$$

$$L_{Aeq3} = 95 \text{ dB} \quad T_3 = 15 \text{ min}$$

$$T_M = T_1 + T_2 + T_3 = 30 \text{ min}$$

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[\frac{1}{30} (10^{8,5} \cdot 5 + 10^{9,0} \cdot 10 + 10^{9,5} \cdot 15) \right] \text{ dB}$$

$$L_{Aeq} = 92,9 \text{ dB} \approx 93 \text{ dB}$$

In diesem Beispiel wurde über 30 Minuten gemittelt, es wurde nicht der Beurteilungspegel gebildet. Eine Mittelung wie im zweiten Beispiel ist hier nicht möglich, da wir es hier mit unterschiedlichen Zeitintervallen zu tun haben. Bei Geräuschimmissionsmessungen in der Genauigkeitsklasse 2 ist es wegen der Messgenauigkeit nicht sinnvoll, dB-Werte mit Dezimalstellen anzugeben, daher wird auf- oder abgerundet.

4. Mittelung nach Tabellen:

Die Mittelung nach Tabellen ist eine sichere und einfache Methode, wenn beim Umgang mit einem Taschenrechner die Routine oder am Taschenrechner die Logarithmus-Rechenfunktion fehlt.

In der folgenden Berechnung werden die Zahlenwerte aus Beispiel 3 übernommen.

Diese Rechnung wiederholt sich prinzipiell auch bei der Pegeladdition und bei der Bestimmung des Beurteilungspegels, dem äquivalenten Dauerschallpegel über acht Stunden.

Insofern ist diese Art der Rechnung für die Praxis zu empfehlen. Die in der Tabelle (Bild 3-6) enthaltenen Zahlenrundungen liefern im Allgemeinen ein hinreichend genaues Ergebnis (vgl. Rechnung unter 3.).

Bild 3-6: Schallpegelmittlung; Beispiel mit ungleichen Teilzeiten

1	2	3	4	5	6	7
Messpunkt Arbeitsplatz oder Tätigkeit	Mittlungs- pegel $L_{Aeq,i}^{1)}$ $L_{Aeq,i}^{1)}$ in dB	Bezugs- pegel L_0 in dB	Pegel- differenz ΔL $= L - L_0$ in dB	Teilzeit T_i [min] ¹⁾ [h] ²⁾	Gewichts- faktor g_i aus Tabelle 1	$g_i \cdot T_i$
Grund- geräusch	85	85	0	5	1,0	5,0
Montage	90	85	5	10	3,2	32,0
Schleifen	95	85	10	15	10,0	150,0
N = Zahl L →			$T_M = \Sigma T_i$ →	30	$\Sigma g_i \cdot T_i$ →	187,0

$$g_m = \frac{\Sigma g_i}{N} / \frac{\Sigma g_i \cdot T_i^{1)}}{T_M} = \frac{187}{30} = 6,23$$

ΔL_m für g_m aus Tabelle 2 : $\Delta L_m = 8$ dB

$$\begin{aligned} \text{Mittlungspegel } L_m &= L_0 + \Delta L_m \\ &= 85 + 8 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$L_{Aeq} / L_{Aeq} = \underline{93 \text{ dB}}$$

1) Nichtzutreffendes streichen

Beispiel:

$$\begin{aligned} L_1 &= 85 \text{ dB (A)} \quad T_1 = 5 \text{ min} \\ L_2 &= 90 \text{ dB (A)} \quad T_2 = 10 \text{ min} \\ L_3 &= 95 \text{ dB (A)} \quad T_3 = 15 \text{ min} \end{aligned}$$

Bild 3-7: Hilfsgröße g_i und Δ_{Lm} für g_m

Tabelle 1		Tabelle 2	
ΔL in dB	g_i	g_m	ΔL_m in dB*)
40	10 000	8 910	39
39	8 000	7 080	38
38	6 300	5 620	37
37	5 000	4 470	36
36	4 000	3 550	35
35	3 200	2 820	34
34	2 500	2 240	33
33	2 000	1 780	32
32	1 600	1 410	31
31	1 300	1 120	30
30	1 000	891	29
29	800	708	28
28	630	562	27
27	500	447	26
26	400	355	25
25	320	282	24
24	250	224	23
23	200	178	22
22	160	141	21
21	130	112	20
20	100	89,1	19
19	80	70,8	18
18	63	56,2	17
17	50	44,7	16
16	40	35,5	15
15	32	28,2	14
14	25	22,4	13
13	20	17,8	12
12	16	14,1	11
11	13	11,2	10
10	10	8,91	9
9	8,0	7,08	8
8	6,3	5,62	7
7	5,0	4,47	6
6	4,0	3,55	5
5	3,2	2,82	4
4	2,5	2,24	3
3	2,0	1,78	2
2	1,6	1,41	1
1	1,3	1,12	0
0	1,00	0,891	-1
-1	0,80	0,708	-2
-2	0,63	0,562	-3
-3	0,50	0,447	-4
-4	0,40	0,355	-5
-5	0,32	0,282	-6
-6	0,25	0,224	-7
-7	0,20	0,178	-8
-8	0,16	0,141	-9
-9	0,13	0,112	
-10	0,10		

*) Jeder Pegelwert gilt für den Bereich zwischen den versetzt angeordneten g_m -Werten

3.4.2 Pegeladdition

Sind die Schallpegel einzelner Schallquellen bekannt, können diese durch eine einfache Rechnung zu einem Gesamtschallpegel addiert werden.

1. Überschlägige Pegeladdition nach Tabelle:

Bild 3-8: Pegeladdition

ΔL in dB	0	1	2	3	4 ÷ 9	≥ 10
S in dB	3	3	2	2	1	0

$$L_{\text{ges}} = L_1 + S \text{ in dB, wenn } L_1 \geq L_2$$

L_1 = Schallpegel Lärmquelle 1 in dB

L_2 = Schallpegel Lärmquelle 2 in dB

S = Zuschlag nach Tabelle für ΔL in dB

1. Beispiel: ($L_1 > L_2$)

$$L_1 = 95 \text{ dB}$$

$$L_2 = 90 \text{ dB}$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 5 \text{ dB mit } S = 1 \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges}} = L_1 + S = 95 + 1 = 96 \text{ dB}$$

2. Beispiel: ($L_1 = L_2$)

$$L_1 = L_2 = 90 \text{ dB}$$

$$\Delta L = 0 \text{ dB mit } S = 3 \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges}} = 90 + 3 = 93 \text{ dB}$$

3. Beispiel: ($L_1 > L_2 > L_3$)

$$L_1 = 95 \text{ dB}$$

$$L_2 = 90 \text{ dB}$$

$$L_3 = 85 \text{ dB}$$

Addition in 2 Schritten:

1. Schritt

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 5 \text{ dB mit } S_1 = 1 \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges1}} = L_1 + S_1 = 95 + 1 = 96 \text{ dB}$$

2. Schritt

$$\Delta L = L_{\text{ges1}} - L_3 = 11 \text{ dB mit } S_2 = 0 \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges}} = L_{\text{ges1}} + S_2 = 96 + 0 = 96 \text{ dB}$$

Aus diesen einfachen Rechnungen nach der Tabelle können wir Folgendes nachvollziehen:

- Eine Verdoppelung des Schallpegels ergibt einen Anstieg um 3 dB (auch 0 dB + 0 dB = 3 dB).

- Beträgt die Differenz zweier Schallpegel = 10 dB, wird der Gesamtschallpegel nur durch den lautesten Pegel der Einzelschallquelle bestimmt.
- Bei der Addition zehn gleicher Schallquellen erhöht sich der Gesamtschallpegel um 10 dB (wie 3. Beispiel zu rechnen).

2. Pegeladdition nach Diagramm:

Die Anwendung des Diagramms wird aus den Beispielen deutlich.

1. Beispiel: Addition ($L_1 > L_2$)

$$L_1 = 95 \text{ dB}$$

$$L_2 = 90 \text{ dB}$$

$\Delta L = 5 \text{ dB}$ auf ΔL -Achse aufsuchen und auf S-Achse Zuschlag S ablesen

$$S = 1 \text{ dB (gerundet)}$$

$$L_{\text{ges}} = L_1 + S = 96 \text{ dB}$$

2. Beispiel: Addition ($L_1 > L_2$)

$$L_1 = 100 \text{ dB}$$

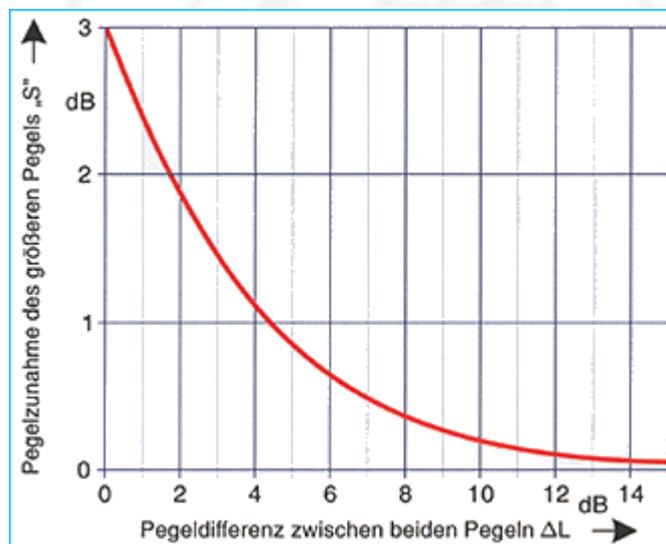
$$L_2 = 90 \text{ dB}$$

$\Delta L = 10 \text{ dB}$ auf ΔL -Achse aufsuchen und auf S-Achse Zuschlag S ablesen

$$S = 0 \text{ dB (abgerundet)}$$

$$L_{\text{ges}} = L_1 + S = 100 \text{ dB}$$

Bild 3-9: Grafische Addition von Schallpegeln



3. Pegeladdition mit Taschenrechner:

$$L_{\text{ges}} = 10 \lg \left\{ 10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n} \right\} \text{ in dB}$$

$L_1, L_2 \dots L_n =$ Schallpegel in dB

Beispiel:

$$L_1 = 85 \text{ dB}$$

$$L_2 = 90 \text{ dB}$$

$$L_3 = 95 \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges}} = 10^{8,5} + 10^{9,0} + 10^{9,5} \text{ in dB}$$

$$L_{\text{ges}} = 96,5 \text{ dB} \approx 97 \text{ dB}$$

Dieses Beispiel zeigt die Grenzen (Ungenauigkeit) der überschlägigen Pegeladdition nach der Tabelle und nach dem Diagramm auf. L_{ges} ist nach dieser Rechnung 1 dB größer als bei der überschlägigen Pegeladdition nach Bild 3-8 3. Beispiel.

4. Pegeladdition nach Tabellen:

Die Pegeladdition nach Tabellen erfolgt prinzipiell nach dem gleichen Schema wie die Pegelmittelung.

Diese Tabellen ersparen letztlich das Rechnen mit Logarithmen.

Bild 3-10: Pegeladdition – Beispiel

1	2	3	4	5
Messpunkt	Schallpegel	Bezugspegel	Pegeldifferenz	Gewichtsfaktor
Arbeitsplatz oder Tätigkeit	$L_{\text{Aeq},i}$ in dB	L_0 in dB	ΔL $= L - L_0$ in dB	g_i aus Tabelle 1
/	85	85	0	1,0
/	90	85	5	3,2
/	95	85	10	10,0
				Σg_i
				14,2

$$g_m = \Sigma g_i = 14,2$$

$$\Delta L \text{ für } g_m \text{ aus Tabelle 2 : } \Delta L_m = 12 \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges}} = L_0 + \Delta L_m$$

$$= 85 + 12 \text{ dB}$$

$$L_{\text{ges}} = \underline{\underline{97 \text{ dB}}}$$

1) Nichtzutreffendes streichen

Beispiel:

$$L_1 = 85 \text{ dB (A)}$$

$$L_2 = 90 \text{ dB (A)}$$

$$L_3 = 95 \text{ dB (A)}$$

Ein Vergleich der Ergebnisse mit gleichen Schallquellen zeigt unterschiedliche Gesamtschallpegel:

Für $L_1 = 85 \text{ dB}$

$$L_2 = 90 \text{ dB}$$

$$L_3 = 95 \text{ dB}$$

"Überschlägige Pegeladdition nach Tabelle":

$$L_{\text{ges}} = 96 \text{ dB}$$

"Pegeladdition mit Taschenrechner":

$$L_{\text{ges}} = 97 \text{ dB}$$

"Pegeladdition nach Tabellen":

$$L_{\text{ges}} = 97 \text{ dB}$$

Die Abweichungen kommen durch Rundungen in den Tabellen zustande. In Zweifelsfällen, insbesondere in der Nähe von Grenzwerten, gilt die formelmäßige Rechnung.

3.5 Bestimmung des Beurteilungspegels

Die Pegelmittelung und die Pegeladdition sind bei der Bestimmung der Geräuschemission im Wesentlichen nur Zwischenschritte, um den Beurteilungspegel berechnen zu können. Hierzu benötigen wir noch Teilzeiten (Expositionszeiten) für die einzelnen Mittelungspegel und die Beurteilungszeit.

Der Beurteilungspegel L_r

(engl.: r = rating level) in dB(A) oder L_{Ar} in dB

- kennzeichnet die Lärmbelastung an einem bestimmten Arbeitsplatz, in einem bestimmten Bereich oder für einzelne Personen,
- ermöglicht den Vergleich mit Richt- oder Grenzwerten,
- erlaubt den Vergleich von Geräuschemissionen unabhängig von deren Art und Entstehung,
- bestimmt die erforderliche Schalldämmung von Gehörschützern,
- bestimmt den Personenkreis, der durch Gehör-Vorsorgeuntersuchungen überwacht werden muss,
- entscheidet über notwendige technische Lärminderungsmaßnahmen.

Der Beurteilungspegel wird in der Regel auf acht Stunden bezogen. Nur bei täglich erheblich wechselnden Geräuschemissionen darf der Beurteilungspegel ausnahmsweise als wöchentlicher Mittelwert L_{ArW} der einzelnen Tageswerte ermittelt werden; ein noch längerer Beurteilungszeitraum ist nicht zugelassen, z.B. ein Monats- oder Jahres-Beurteilungspegel.

Bei der Bestimmung des Beurteilungspegels ist zwischen ortsbezogenem und personenbezogenem Beurteilungspegel zu unterscheiden. Der ortsbezogene Beurteilungspegel beschreibt die Geräuschemission an einem bestimmten Arbeitsplatz oder Arbeitsbereich mit festen Messpunkten, unabhängig von der Aufenthaltsdauer der Mitarbeiter.

Dieser Beurteilungspegel ist für die Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften "Lärm" (BGV B3) und "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (BGV A4) – Untersuchungsgrundsatz G 20 "Lärm" – maßgebend (z.B. bei der Bestimmung des Lärmbereiches, bei der Tragepflicht von Gehörschutz und bei der Festlegung der Gehör-Vorsorgeuntersuchung).

Der personenbezogene Beurteilungspegel ist z.B. dann anzuwenden, wenn sich Mitarbeiter zwar nicht in eigentlichen Lärmbereichen aufhalten, jedoch der personenbezogene Beurteilungspegel aufgrund wechselnder Einsatzorte 85 dB(A)

erreicht oder überschreitet (z.B. Kontrolleure). Ein weiterer Anwendungsfall des personenbezogenen Beurteilungspegels tritt bei der Beurteilung von Lärmerkrankungen im Berufskrankheitenverfahren auf. In diesen Fällen muss die tatsächliche Lärmbelastung als äquivalenter Dauerschallpegel für den einzelnen Mitarbeiter bestimmt werden.

3.5.1 Ermittlung des Beurteilungspegels

Am einfachsten ließe sich der Beurteilungspegel bestimmen, wenn ein gleichförmiges Geräusch ohne Schwankungen acht Stunden lang konstant auftritt. In diesem (theoretischen) Fall ist sogar die Zeitbewertung bei der Messung frei wählbar (vgl. Abschnitt 3.1) und die Momentanpegel entsprechen den Mittelungspegeln.

Dann gilt:

$$L_{AS} = L_{ASeq} = L_{AF} = L_{AFeq} = L_{Aeq} = L_{Aeq, 8h} = L_{AI} = L_{Aeq} = L_{Aeq, 8h} = L_{Ar} \text{ in dB}$$

Weil aus der Schreibweise " L_{Ar} " des Beurteilungspegels nicht zu erkennen ist, mit welcher Zeitbewertung gemessen wurde, muss zumindest die Zeitbewertung gesondert angegeben werden, z.B. $L_{Aeq, 8h}$, $L_{Aeq, 8h}$.

Eine weitere einfache Methode, den Beurteilungspegel abschätzen zu können, ergibt sich aus der Energieäquivalenz (Halbierungsparameter) von Schalldruckpegeln:

"doppelter Lärm in halber Zeit = halber Lärm in doppelter Zeit"

In Zahlen ausgedrückt ergibt sich folgende Tabelle:

Bild 3-11: Beurteilungspegel (Halbierungsparameter)

für den Lärmbereich und das Gehörschadenrisiko ($L_{Ar} \geq 85 \text{ dB}$)	für die Kennzeichnung des Lärmbereiches ($L_{Ar} \geq 90 \text{ dB}$)
85 dB in 8 h	90 dB in 8 h
= 88 dB in 4 h	= 93 dB in 4 h
= 91 dB in 2 h	= 96 dB in 2 h
= 94 dB in 1 h	= 99 dB in 1 h
= 97 dB in 30 min	= 102 dB in 30 min
= 100 dB in 15 min	= 105 dB in 15 min
= 103 dB in 7,5 min	= 108 dB in 7,5 min
= 105 dB in 4,8 min	= 111 dB in 3,8 min

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, wie schnell das Gehörschadenrisiko erreicht wird bzw. es sich um einen "kennzeichnungspflichtigen Lärmbereich" handelt.

Bei einem äquivalenten Dauerschallpegel $L_{eq} = 105 \text{ dB(A)}$, z.B. bei Schleifarbeiten, handelt es sich schon ohne das Auftreten weiteren Lärms nach 4,8 Minuten um eine Tätigkeit im "Lärmbereich".

3.5.2 Berechnung des Beurteilungspegels

Der Beurteilungspegel lässt sich berechnen, wenn die äquivalenten Dauerschallpegel mit den dazugehörigen Teilzeiten bekannt sind.

1. Berechnung mit Taschenrechner

$$L_{Ar} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_r} \left(10^{0,1L_1} \cdot T_1 + 10^{0,1L_2} \cdot T_2 + \dots + 10^{0,1L_n} \cdot T_n \right) \right]$$

T_r = Beurteilungszeit (8 h pro Tag)

T_1, T_2, \dots, T_n = Teilzeiten pro Mittelungspegel

L_1, L_2, \dots, L_n = Mittelungspegel in dB

zur Zeit T_1, T_2, \dots, T_n

1. Beispiel:

$$L_{Aeq1} = 105 \text{ dB}, T_1 = 4 \text{ h}$$

$$L_{Aeq2} = 111 \text{ dB}, T_2 = 1 \text{ h}$$

$$L_{Aeq3} = 95 \text{ dB}, T_3 = 1 \text{ h}$$

$$L_{Aeq4} = 85 \text{ dB}, T_4 = 2 \text{ h}$$

$$T_r = 8 \text{ h}$$

$$L_{Ar} = 10 \lg \left[\frac{1}{8} (10^{10,5} \cdot 4 + 10^{11,1} \cdot 1 + 10^{9,5} + 10^{8,5} \cdot 2) \right] \text{ dB}$$

$$L_{Ar} = 105,1 \text{ dB} \approx 105 \text{ dB}$$

2. Beispiel: (Tagesschicht mit mehr als 8 h)

$$L_{Aeq} = 90 \text{ dB}, T = 10 \text{ h}$$

$$L_{Aeq,8h} = 10 \lg \left(\frac{T}{T_r} \cdot 10^{0,1L_{Aeq}} \right) \text{ in dB}$$

$$\text{mit } T_r = 8 \text{ h!}$$

$$= 10 \lg (10^{0,9} \cdot 10^{9,0}) \text{ in dB}$$

$$L_{Aeq,8h} = 91 \text{ dB}$$

2. Berechnung des Beurteilungspegels nach Tabellen:

Die Berechnung des Beurteilungspegels erfolgt hier nach dem gleichen Prinzip wie bei der Pegelmittelung und bei der Pegeladdition nach Tabellen (Bild 3-12).

3. Beispiel: (Überprüfung von Lärminderungsmaßnahmen) – vgl. 1. Beispiel in diesem Abschnitt

Presse

$$\text{mit } L_{Aeq1} = 105 \text{ dB und } T_1 = 4 \text{ h}$$

Scheuertrommel

$$\text{mit } L_{Aeq2} = 111 \text{ dB und } T_2 = 1 \text{ h}$$

Säge

$$\text{mit } L_{Aeq3} = 95 \text{ dB und } T_3 = 1 \text{ h}$$

Grundgeräusch

$$\text{mit } L_{Aeq4} = 85 \text{ dB und } T_4 = 2 \text{ h}$$

$$T_r = 8 \text{ h}$$

$$L_{Aeq,8h} = L_{Ar} = 105 \text{ dB}$$

An dem hier durchgeführten Berechnungsbeispiel wird deutlich:

- die hohen Pegel (Presse und Scheuertrommel) beeinflussen im Wesentlichen den Beurteilungspegel,
- die Mittelungspegel für die Presse und die Scheuertrommel haben mit den dazugehörigen Teilzeiten etwa die gleiche Wirkung auf das Gehör,
- ohne rechnerischen Nachweis ist die Angabe des Beurteilungspegels, z.B. durch Schätzung, kaum möglich.

Das Beispiel lässt sich nachrechnen, z.B. für den Fall, dass die Presse gekapselt wird. Die Kapsel soll eine Schalldämmung von 20 dB(A) besitzen, also bis auf das Grundgeräusch dämmen. Der Beurteilungspegel beträgt dann noch 105 dB(A). Hier müssten also auch die Scheuertrommel und die Säge lärmgemindert werden, um 85 dB(A) zu erreichen.

Bild 3-12: Berechnung des Beurteilungspegels (BGV B3)

1	2	3	4	5	6	7	8
Messpunkt Arbeitsplatz oder Tätigkeit	Mittelungs- pegel $L_{Aeq,i}^{(1)}$ in dB	Mittelungs- pegel $L_{Aeq,i}^{(1)}$ in dB	Bezugs- pegel L_0 in dB	Pegel- differenz ΔL $= L - L_0$ in dB	Teilzeit T_i [min] ⁽²⁾ [h] ⁽¹⁾	Gewichts- faktor g_i aus Tabelle 1	$g_i \cdot T_i$
Presse	105	/	95	10	4	10,0	40,0
Scheuertrommel	111	/	95	16	1	40,0	40,0
Säge	95	/	95	0	1	1,0	1,0
Grundgeräusch	85	/	95	- 10	2	0,1	0,2
					$\Sigma T_i^{(2)}$	$\Sigma g_i \cdot T_i$	
					8	81,2	

Beurteilungszeit $T_r = 8$ [min], [h]⁽³⁾

$$g_m = \frac{\Sigma g_i \cdot T_i}{T_r} = \frac{81,2}{8} = 10,15$$

ΔL_m für g_m aus Tabelle 2 : $\Delta L_m = 10$ dB

Beurteilungspegel $L_{Ar} = L_0 + \Delta L_m = 95 + 10$ dB

$L_{Aeq,8h} = 105$ dB (L_{Ar} energieäquivalent)¹⁾

$L_{Aeq,8h} =$ dB (L_{Ar} imputsbewertet)²⁾

Beispiel:	
$L_1 = 105$ dB (A)	$T_1 = 4$ h
$L_2 = 111$ dB (A)	$T_2 = 1$ h
$L_3 = 95$ dB (A)	$T_3 = 1$ h
$L_4 = 85$ dB (A)	$T_4 = 2$ h

1) Nichtzutreffendes streichen

2) ΣT_i kann größer oder kleiner als T_r sein

3) Im Allg. 8h oder 480 min pro Tag; in Ausnahmefällen auch 40h pro Woche

3.5.3 Genauigkeitsklasse des Beurteilungspegels

Die Genauigkeit des Beurteilungspegels hängt ab von:

- der Genauigkeit des eingesetzten Messgerätes,
- dem Messverfahren,
- der Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig kennzeichnenden Geräuschsituation und
- der Abschätzung der Teilzeiten.

Unterschieden werden drei Genauigkeitsklassen (Bild 3-13), wie bei der Einteilung der Messgeräte (vgl. Abschnitt 3.2).

Die Genauigkeitsklasse bei den verschiedenen Messverfahren ist am größten bei geringem Pegelschwankungsbereich (< 5 dB) und beim Einsatz integrierender Schallpegelmesser; hier ist die Genauigkeitsklasse 1 mit ± 0 dB möglich.

Messungen mit Schalldosimetern und Messungen impulshaltiger Geräusche ohne Mittelung des Impulsschalldruckpegels L_{Aeq} sind nur der Genauigkeitsklasse 3 mit ± 6 dB zuzuordnen. Im Allgemeinen ist in der betrieblichen Praxis mit der Genauigkeitsklasse 2 mit ± 3 dB zu rechnen.

Die Erfassung der längerfristig kennzeichnenden Geräuschsituation ist bei unregelmäßigem Pegelverlauf dann am sichersten, wenn die Messzeit ausreichend lang gewählt wird. Wie die Genauigkeitsklasse mit der Zahl der Stichproben steigt und wie der Stichprobenumfang zu wählen ist, muss im Anhang zu DIN 45 645 Teil 2 nachgelesen werden. In jedem Fall muss der präventive Charakter der Unfallverhütungsvorschriften erhalten bleiben und Unsicherheiten dürfen nicht zu Lasten der Beschäftigten gehen. Im Allgemeinen ist die Genauigkeitsklasse 2 anzunehmen, d.h. es sind präventiv zum Messwert 3 dB zu addieren oder ausreichend lange Messzeiten zu wählen.

Von großem Einfluss auf die Genauigkeit des Beurteilungspegels ist die Teilzeit für eine Geräuschsituation, insbesondere bei hohen Mittelungspegeln (siehe Berechnungsbeispiele). Die Teilzeiten lassen sich durch Befragung der Beschäftigten und der Vorgesetzten, aus Arbeitsablaufstudien oder aus den Maschinenlaufzeiten ermitteln.

Wichtig ist der Vergleich des Beurteilungspegels mit den Grenzwerten 85 und 90 dB(A) gemäß Unfallverhütungsvorschriften "Lärm" (BGV B3) und "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (BGV A4). Eine Entscheidungshilfe bietet wiederum DIN 45 645 Teil 2 (Bild 3-13).

Bild 3-13: Genauigkeitsklassen (nach DIN 45 645 Teil 2)

Grenzwert L_g	Genauigkeitsklasse		
	1	2	3
	Differenz $L_r - L_g$ in dB		
unterschritten	$\leq 0^2$	$< - 3$	$< - 6$
keine Entscheidung möglich	–	$- 3$ bis $+ 3$	$- 6$ bis $+ 6$
überschritten	> 0	$> + 3$	$> + 6$

² Bei der Feststellung eines Lärmbereiches nach BGV B3 gilt für den Fall $L_r - L_g = 0$ dB der Grenzwert als überschritten, d.h. es liegt ein Lärmbereich vor.

4 Frequenzanalysen

4.1 Anwendung und Grundlagen

Momentanpegel, Mittelungspegel und Beurteilungspegel sagen im Allgemeinen nichts über die Zusammensetzung des Geräusches aus.

Um Informationen über das Vorhandensein und die Intensität eines Frequenzbereiches gewinnen zu können, sind Frequenzanalysen erforderlich (Bild 4-1).

Frequenzanalysen dienen

- der gezielten Lärminderung an einzelnen Bauteilen,
- der Auswahl von Gehörschützern in kritischen Fällen,
- der Nachprüfung von Liefervereinbarungen,
- der Beurteilung raumakustischer Verhältnisse in Fertigungshallen sowie
- dem Arzt bei der Beurteilung von Gehörschäden.

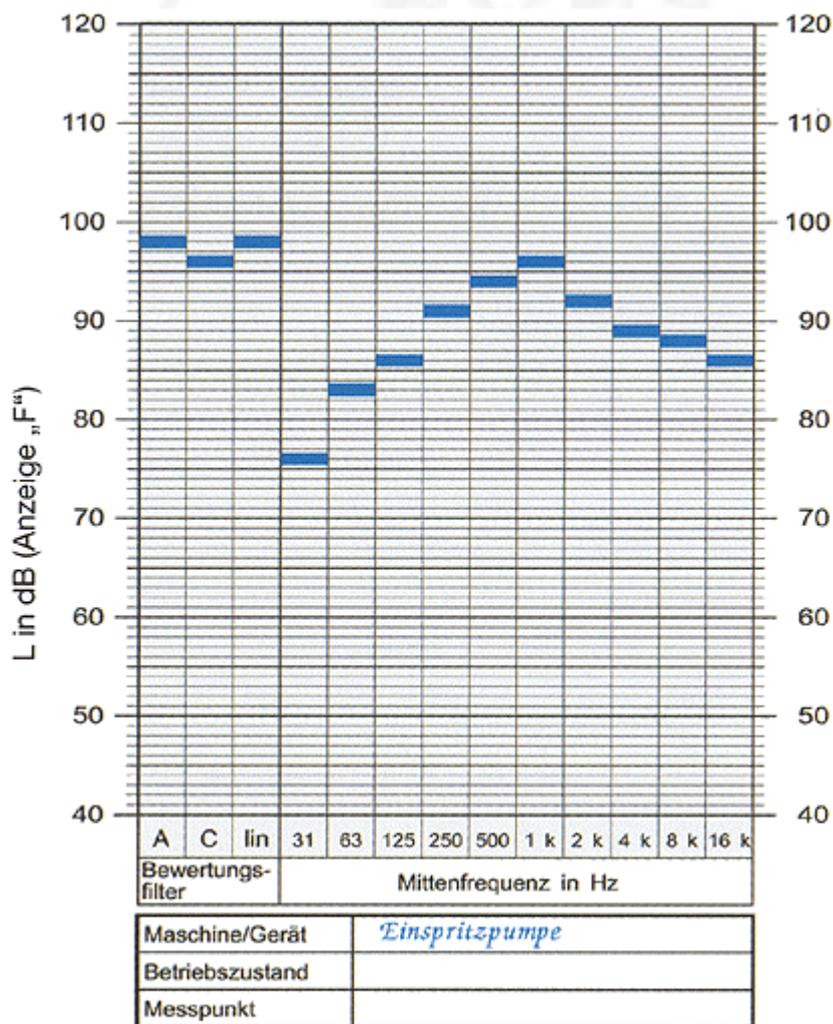


Bild 4-1: Oktav-Frequenzanalyse

Unterschieden werden Oktav-, Terz-, Schmalband- und Echtzeitanalysen. Mit zunehmender Aufteilung des Frequenzbereiches steigt die Aussagekraft der Frequenzanalyse, jedoch auch erheblich der gerätetechnische und zeitliche Aufwand. Die Oktavanalyse reicht für die meisten Anwendungsfälle aus. Bei der Messung wird dann das Oktav-Filter eingeschaltet. Die Oktavbandmittenfrequenz benachbarter Oktaven unterscheidet sich um den Faktor 2. So besteht z.B. der Bereich hörbaren Schalls von 16 bis 16 000 Hz aus 10 Oktaven.

Bei Terz-Analysen ist jede Oktave in drei Terzbereiche aufgeteilt.

Schmalbandanalysen unterteilen das Frequenzspektrum noch feiner.

Echtzeitanalysen erlauben unmittelbar die Bestimmung der Höhe der Pegel in den Frequenzen bei kurzzeitigen Schallereignissen.

4.2 Durchführung einer Frequenzanalyse

Bei der Oktav- oder Terzanalyse wird der Frequenzwahlschalter des Messgerätes auf "linear" geschaltet, d.h. es wird unbewertet gemessen. Die Anzeigedynamik wird auf "FAST" eingestellt. Die bei den einzelnen Frequenzen abgelesenen Schalldruckpegel werden dann in den Messbericht eingetragen (siehe Vordruck im Anhang).

Als zusätzliche Schalldruckpegel werden bei der Frequenzanalyse noch die Messwerte L_{lin} und L_A bzw. L_C abgelesen (vgl. Bild 4-1 Oktav-Frequenzanalyse). L_{lin} ist die Summe aller unbewerteten Schalldruckpegel der einzelnen Oktaven. Der C-bewertete Schalldruckpegel kommt aufgrund seiner in einem weiten Frequenzbereich flach verlaufenden Dämpfungscharakteristik dem unbewerteten Schalldruckpegel nahe und hat daher als Grundlage bei der Gehörschützerauswahl eine Bedeutung.

Bei der Gehörschützerauswahl wird durch die Auswertung von L_A und L_C eine überschlägige Frequenzanalyse durchgeführt.

Tieffrequente Geräusche weisen eine Differenz $L_C - L_A$ von mehr als 5 dB auf. Bei tieffrequenten Geräuschen ist der A-Schalldruckpegel L_A wegen der starken Dämpfung im unteren Frequenzbereich erheblich kleiner als der unbewertete Schalldruckpegel L_{lin} oder der C-bewertete Schalldruckpegel L_C .

Hoch- und mittelfrequente Geräusche weisen eine Differenz $L_C - L_A$ von weniger als 5 dB auf. Bei diesen Geräuschen ist der Anteil der durch den A-Bewertungsfilter gedämpften niedrigen Frequenzen gering.

Diesen Zusammenhang zeigen die Bilder 4-2 und 4-3.

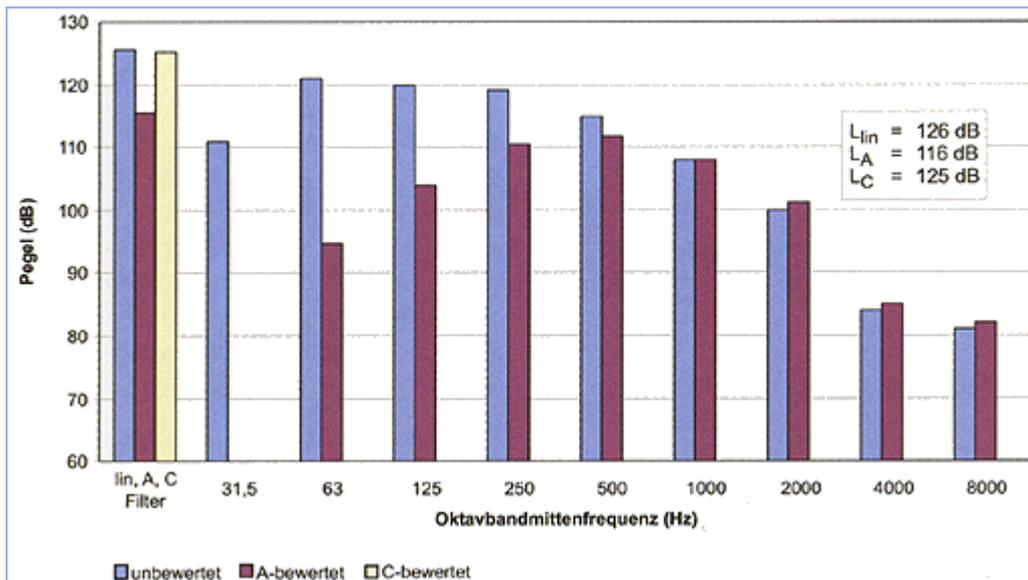


Bild 4-2: Tieffrequentes Geräusch (Oktavspektrum)

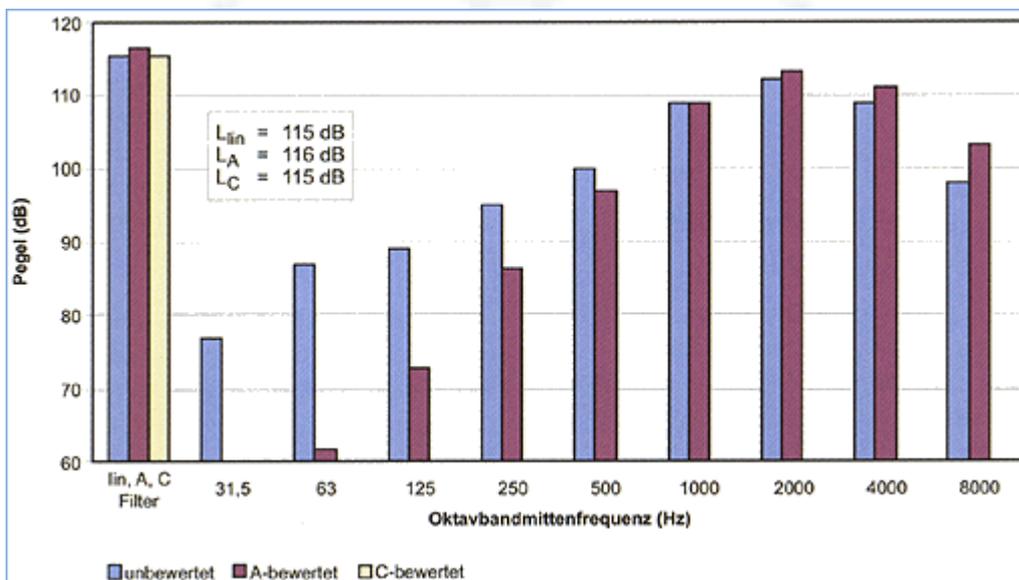


Bild 4-3: Hochfrequentes Geräusch (Oktavspektrum)

5 Grundlagen der Geräuschemission

Unter Geräuschemission einer Schallquelle versteht man die an die Umgebung abgestrahlte Schall-Leistung. Dabei ist es zunächst unerheblich, wo sich der Beschäftigte aufhält. Die Schall-Leistung ist also als Kennwert einer Maschine, eines Gerätes, einer Baugruppe oder anderer technischer Schallquellen zu verstehen, vergleichbar mit der Drehzahl, Tragfähigkeit oder anderen maschinenspezifischen Daten.

Die wichtigste Größe der Geräuschemission ist der Schall-Leistungspegel.

Er kann folgenden Zwecken dienen:

- dem Vergleich der Geräuschemission von Maschinen gleicher oder unterschiedlicher Art,

- dem Vergleich mit vorgegebenen Emissionswerten (z.B. Grenzwerten),
- der Festlegung von Kennzeichnungswerten,
- der Überprüfung vertraglich vereinbarter Werte,
- der Angabe in Betriebsanleitungen (Pflicht nach der 3./9. GSGV) und
- der Abschätzung von Geräuschemissionen bei Planungsaufgaben.

Im Rahmen dieser Broschüre können nur Prinzipien und die wichtigsten Daten der Geräuschemission genannt werden. Für den Praktiker reicht es im Allgemeinen, wenn er die Messungen und Auswertungen verstehen, Protokolle deuten und daraus Schlüsse ziehen kann und die wichtigsten Bestimmungen und technischen Regeln kennt.

5.1 Bestimmungen der Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3)

Unter "Arbeitsmittel" sind in § 3 Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3) die Anforderungen an die Geräuschemission beschrieben. Die Arbeitsmittel müssen unter anderem nach den fortschrittlichen, in der Praxis bewährten Regeln der Lärminderungstechnik beschaffen sein. In den Durchführungsanweisungen zu dieser Bestimmung wird auf DIN 45 635 "Geräuschemessung an Maschinen" und deren Folgeteile und auf DIN EN ISO-Normen der Reihen 3740 und 11 200 verwiesen.

Diese Norm beinhaltet ausschließlich die Ermittlung der Geräuschemission. In der BGV B3 selbst sind nur die Kenndaten (Messgrößen) angegeben, die zur Beurteilung der Emission erforderlich sind, jedoch noch keine Grenzwerte.

5.2 Normen und Richtlinien

Um den Stand der Lärminderungstechnik beschreiben zu können, müssen zunächst die Emissionskenngrößen nach DIN 45 635 und deren Folgeteile oder nach DIN EN ISO-Normen der Reihen 3740 und 11 200 und der produktbezogenen C-Normen bestimmt werden. Die Beurteilung erfolgt dann je nach Maschinentyp nach den VDI-Richtlinien "Emissionskennwerte technischer Schallquellen". In diesen so genannten "ETS-Richtlinien" werden Pegelwerte angegeben, die aufgrund statistischer Untersuchungen ermittelt wurden. Durch Vergleich der gemessenen Geräuschemission mit den Pegelbereichsangaben in den ETS-Richtlinien kann dann festgestellt werden, ob es sich um eine relativ leise oder um eine laute Maschine handelt.

Die Bestimmung und Beurteilung der Geräuschemission ist ungleich schwerer und aufwändiger als die Bestimmung der Geräuschemission (Bild 5-1), da für die Emissionsermittlung auf einer Hüllfläche gemessen werden muss (viele Messpunkte). Oftmals liegen auch keine speziell zutreffenden Normen vor und die ETS-Richtlinien sind auch erst für wenige Maschinen oder Geräte aufgestellt. Außerdem können die VDI-Richtlinien nur den Stand der Lärminderungstechnik, nicht jedoch den fortschrittlichen Stand beschreiben.

Dies zwingt im Allgemeinen zu relativ freien Vereinbarungen zwischen Lieferanten und Betreibern. Damit diese Vereinbarungen nicht missverständlich sind, müssen einige Grundkenntnisse vorhanden sein.

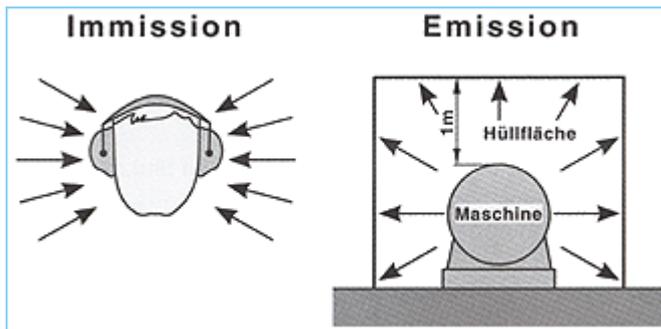


Bild 5-1: Immission-Emission

5.3 Kenngrößen für die Geräuschemission

Die Geräuschemission einer technischen Schallquelle wird beschrieben durch

- den Schall-Leistungspegel L_{WA} ,
- den Messflächen-Schalldruckpegel \bar{L}_{pA} ,
- den arbeitsplatzbezogenen Emissionswert L_{pA} ,
- die Impulshaltigkeit K_1 und
- den maximalen Impulsschalldruckpegel L_{AImax} .

Alle Kenngrößen werden unabhängig von Fremdgeräuschen ($K_1 = \text{Fremdgeräusch}$) und von den akustischen Eigenschaften der Umgebung ($K_2 = \text{Umgebung}$) angegeben. Die Betriebsbedingungen, z.B. Leerlauf/Bearbeitung und Art der Aufstellung, müssen zusätzlich angegeben werden.

Im Einzelnen haben die Kenngrößen folgende Bedeutung:

Der Schall-Leistungspegel L_{WA} ist ein Maß für die in der Zeiteinheit abgestrahlte Schallenergie.

$$L_{WA} = \bar{L}_{pA} + L_S \text{ in dB}$$

\bar{L}_{pA} – Messflächen-Schalldruckpegel

L_S = Messflächenmaß

$$= 10 \lg S/S_0$$

mit S = Messflächeninhalt
(Hüllfläche um die Maschine)

$$\text{und } S_0 = 1 \text{ m}^2$$

Das Messflächenmaß L_S stellt die Verbindung von Schalldruckpegeln auf der Messfläche zum Schall-Leistungspegel dar. Der Schalldruckpegel nimmt mit zunehmender Entfernung des Messpunktes von der Maschine ab, die Schall-Leistung bleibt jedoch konstant. Sie verteilt sich nur auf die größer werdende Fläche. Aus diesem Grund ist es an sich unerheblich, in welchem Abstand zur Schallquelle gemessen wird. Beim gleichen Messobjekt steigt also bei sinkendem Schalldruckpegel das Messflächenmaß an.

Die Summe von Schalldruckpegel und Messflächenmaß ergibt unabhängig vom Abstand den gleichen Wert.

Der Messflächen-Schalldruckpegel \bar{L}_{pA} ist der zeitlich über die Messfläche energetisch gemittelte Schalldruckpegel. Er ist also ein zeitlicher und ein räumlicher Mittelungspegel, der aus den einzelnen Schalldruckpegeln an den Messpunkten nach DIN 45 641 gemittelt wird.

In den meisten Fällen wird zweckmäßigerweise die Hüllfläche in 1 m Abstand von dem Messobjekt gelegt. Diese Anordnung der Messfläche ergibt dann den 1-m-Messflächen-Schalldruckpegel. Der arbeitsplatzbezogene Emissionswert L_{pA} ist der Schalldruckpegel an dem Arbeitsplatz, welcher der Maschine zugeordnet wird. Der arbeitsplatzbezogene Emissionsschalldruckpegel darf keinesfalls mit dem Beurteilungspegel verwechselt werden. Er ist im Gegensatz zum Beurteilungspegel fremdgeräusch- und umgebungsgeräuschkorrigiert und nicht z.B. auf eine achtstündige Arbeitsschicht bezogen.

Die Impulshaltigkeit K_1 und der maximale Impulsschalldruckpegel L_{AImax} oder der Spitzenwert des Schalldruckpegels L_{peak} sind Kenngrößen, die den Schall-Leistungspegel ergänzen können.

5.4 Durchführung und Auswertung der Emissionsmessungen

Die Durchführung der Geräuschemissionsmessungen ist ohne genaue Kenntnis der DIN 45 635 und deren Folgeteile und der DIN EN ISO-Normen der Reihen 3740 und 11 200 nicht möglich. Im Prinzip wird eine Hüllfläche in einem bestimmten Messabstand um das Messobjekt gelegt. Auf dieser Hüllfläche liegen dann die Messpunkte, an denen die A-Schalldruckpegel bestimmt werden (Bild 5-2).



Bild 5-2: Geräuschemissionsmessung an einem Industriestaubsauger. Die vier aufgestellten Stative legen die Hüllflächen fest

In weiteren Schritten wird unter Berücksichtigung des Fremdgeräuscheinflusses K_1 und der Umgebungsrückwirkung K_2 der Messflächen-Schalldruckpegel bestimmt.

Durch Addition des Messflächenmaßes L_S zum Messflächen-Schalldruckpegel \bar{L}_{pA} erhält man letztlich den Schall-Leistungspegel L_{WA} .

Das vereinfachte Ablaufdiagramm zur Ermittlung des Schall-Leistungspegels zeigt den Umfang der Messung und die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Pegeln auf (Bild 5-3).

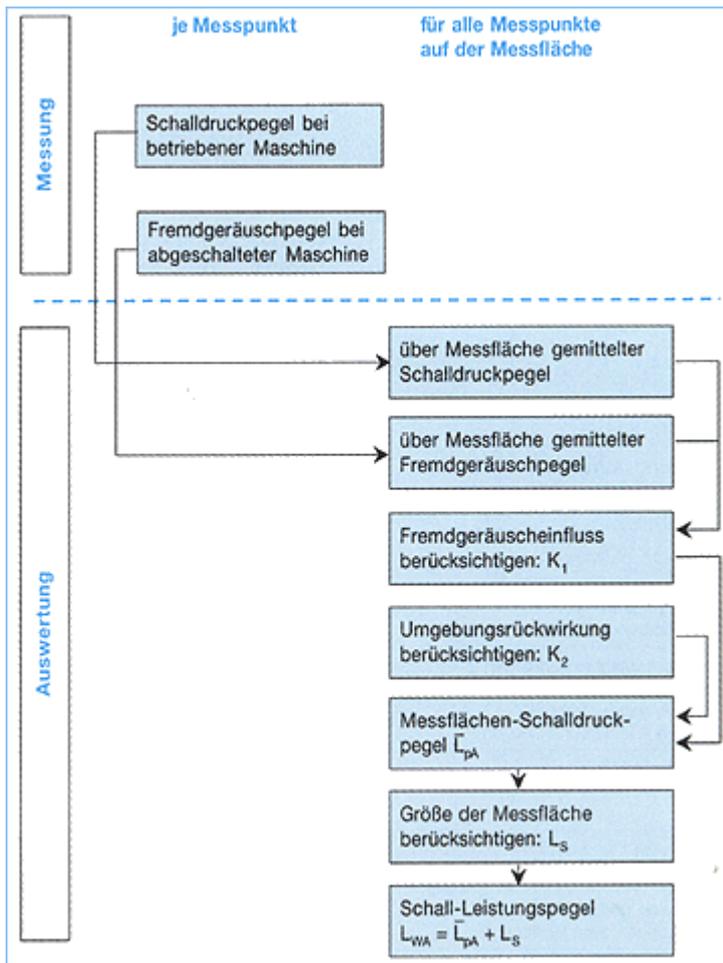


Bild 5-3: Ablaufdiagramm zur Ermittlung des Schall-Leistungspegels

5.5 Abgrenzung Immission – Emission

Die Abgrenzung zwischen Immission am Arbeitsplatz und der Emission von Arbeitsmitteln wird aus der tabellarischen Gegenüberstellung im Bild 5-4 deutlich.

Bild 5-4: Abgrenzung Immission – Emission

Geräuschimmission	Geräuschemission
Kenngroße: arbeitsplatzbezogen	Kenngroße: maschinenbezogen
beschreibt Gehörschadenrisiko, Erfolg von Lärminderungsmaßnahmen	beschreibt den Stand der Lärminderungstechnik
Summe der am Arbeitsplatz einwirkenden Geräusche: Geräusche am Arbeitsplatz selbst, von benachbarten Arbeitsplätzen, Reflexionsschall von Wänden und Decken	Summe der an die Umgebung abgegebenen Geräusche: unabhängig von Umgebungs- und Fremdgeräuscheinflüssen
Ermittlung nach DIN 45 645	Messung nach DIN 45 635 und Folgeteilen und der DIN EN ISO-Normen der Reihen 3740 und 11 200
mittlerer Wert über eine Arbeitsschicht/Arbeitswoche	unabhängig von Betriebsstundenzahl
Definition der Betriebs- und Aufstellungsbedingungen ohne Einfluss	definierte Betriebs- und Aufstellungs- bedingungen nach DIN und VDI-ETS
Messgrößen: Beurteilungspegel, orts- oder personenbezogen, $L_{A,r}$ mit Angabe der Zeitbewertung	Messgrößen: Schall-Leistungspegel L_{WA} Messflächen-Schalldruckpegel \bar{L}_{pA} arbeitsplatzbezogener Emissionswert L_{pA}

5.6 Praktische Hinweise und Bestellschreiben

Oftmals fehlt die Übung beim Umgang mit dem Messflächen-Schalldruckpegel und dem Schall-Leistungspegel. Schlimmstenfalls werden die Emissionskennwerte mit Immissionskennwerten, z.B. dem Beurteilungspegel, verwechselt.

- Der Messflächen-Schalldruckpegel \bar{L}_{pA} (meistens 1-m-Messflächen-Schalldruckpegel) und der Schall-Leistungspegel L_{WA} unterscheiden sich um das Messflächenmaß L_G . Dieses beträgt bei einem Würfel mit der Kantenlänge 2 m als für Handgeräte übliche Hüllfläche schon 13 dB.
- Zum arbeitsplatzbezogenen Emissionsschalldruckpegel L_{pA} müssen noch Geräusche benachbarter Arbeitsplätze und der Reflexionsschallanteil addiert werden, um an diesem Arbeitsplatz den äquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} für die Geräuschimmission zu erhalten.
- Unterschreiten der arbeitsplatzbezogene Emissionsschalldruckpegel L_{pA} und der 1-m-Messflächen-Schalldruckpegel \bar{L}_{pA} 75 dB(A), kann davon ausgegangen werden, dass der Beurteilungspegel von 85 dB(A) hinreichend sicher unterschritten wird (siehe § 3 Abs. 1 Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" [BGV B3]).

Bei der Beschaffung einer Maschine oder eines sonstigen technischen Arbeitsmittels müssen Lärmgrenzwerte in den Lieferbedingungen fest verankert werden. Nur so kann späteren Auseinandersetzungen vorgebeugt und das Gerätesicherheitsgesetz (GSG) sicher erfüllt werden. Wichtigstes Kriterium ist zunächst die Feststellung, ob es sich um einen Immissions- oder Emissionswert handelt. – Gerade in diesem Punkt treten häufig Missverständnisse auf.

Bestellschreiben mit Immissionsgrenzwerten (Anhang 7) sind im Prinzip so abzufassen, dass der Mittelungspegel nach DIN 45 645 unter Berücksichtigung der Betriebs- und Aufstellungsbedingungen am Arbeitsplatz im Höchstfall 84 dB(A) betragen darf.

Lieferbedingungen mit Emissionsgrenzwerten sollen folgende Angaben enthalten:

- Emissionskennwert (Schall-Leistungspegel, 1-m-Messflächen-Schalldruckpegel, arbeitsplatzbezogener Emissionsschalldruckpegel, Impulshaltigkeit und maximaler Impulsschalldruckpegel),
- Betriebs- und Aufstellungsbedingungen (Last- und Leerlauf),
- Fremdgeräuscheinfluss,
- Umgebungsgeräuscheinfluss,
- Messung nach DIN 45 635 und Folgeteilen sowie der DIN EN ISO-Normen der Reihen 3740 und 11 200, C-Normen,
- Beurteilung nach VDI-ETS (soweit vorhanden) und
- Genauigkeit der Messwerte.

Das Muster eines Bestellschreibens zur Geräuschemission befindet sich im Anhang 8.

Gemäß § 3 Abs. 2 Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3) hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass ihm bei der Beschaffung neuer Arbeitsmittel sachdienliche Informationen über deren Geräuschemission zur Verfügung stehen.

Dazu gehören auch die Betriebs- und Aufstellungsbedingungen, unter denen die Geräuschemission bestimmt worden ist. Unterstrichen wird dies auch seit 1991 durch die "Dritte Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz – Maschinenlärminformations-Verordnung" (3. GSGV) und der "Maschinenverordnung" (9. GSGV). Diese Verordnungen verpflichten Hersteller und Importeure technischer Arbeitsmittel, in der Betriebsanleitung Angaben über das bei üblichen Einsatzbedingungen von den Arbeitsmitteln ausgehende Geräusch zu machen (Bild 5-5).

Die Emissionskennwerte sind sehr detailliert festgelegt und müssen mit der Betriebsanleitung mitgeliefert werden.

Bild 5-5: Emissionskennwerte nach der "Maschinenlärminformations-Verordnung – 3. GSGV" (Auszug) – bzw. "Maschinenverordnung – 9. GSGV"

§ 1 Abs. 2 Nr. 1	Emissionskennwert in dB/dB(A)	Angaben in Betriebsanleitungen in dB/dB(A)
a)	$L_{pA} > 70$ und ≤ 85 $L_{pA} \leq 70$	$L_{pA} = \dots$ $L_{pA} = 70$
b)	$L_{pA} > 85$	$L_{pA} = \dots$ $L_{WA} = \dots$
	Wenn große Maschinen, dann statt L_{WA} Angabe von L_{pA} für bestimmte Stellen des Maschinenumfeldes	$L_{pA} = \dots$
c)	$L_{pCpeak} > 130$ an Arbeitsplätzen	$L_{pCpeak} = \dots$
d)	L_{pAmax} (in 1 m Abstand und 1,6 m über Standfläche, wenn kein L_{pA} möglich)	$L_{pAmax} = \dots$ mit Messpunktangabe

6 Technische Lärminderungsmaßnahmen Lärmbekämpfung

Das Ziel aller Lärminderungsmaßnahmen muss die Senkung des Beurteilungspegels sein. Dabei ist die Rangfolge der Schutzmaßnahmen nach § 4 Arbeitsschutzgesetz auch bei der Einhaltung der Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3) zu beachten.

6.1 Rangfolge und Maßnahmen der Lärmbekämpfung

Die wirkungsvollste und oft auch wirtschaftlichste Maßnahme der Lärmbekämpfung ist die technische Lärminderung. Technische Lärminderungsmaßnahmen sollten deshalb Vorrang haben vor organisatorischen Maßnahmen und vor der Bereitstellung von Gehörschutz (Bild 6-1).

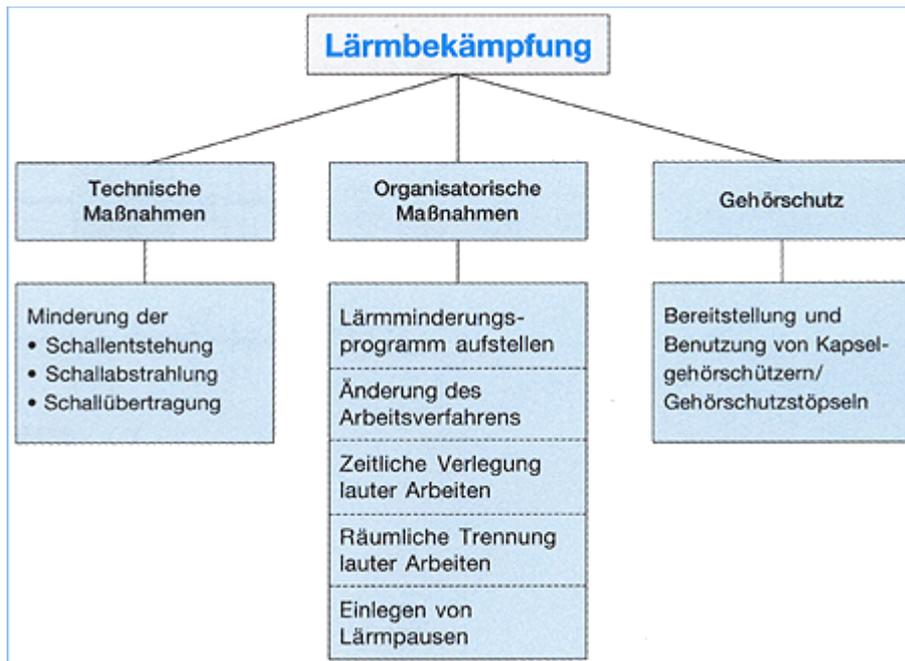


Bild 6-1: Lärmbekämpfung

Zu den technischen Maßnahmen zählen die Minderung der Schallentstehung, der Schallabstrahlung und der Schallübertragung. – Diese Maßnahmen werden anschließend ausführlich behandelt.

Auch durch organisatorische Maßnahmen ist Lärminderung erreichbar, z.B. durch Zusammenfassen von Lärmbereichen, Einsparen lärmintensiver Transport- und Ablagevorgänge.

Sie sind jedoch in der Praxis nicht immer durchführbar. So scheitert beispielsweise die Möglichkeit der räumlichen und zeitlichen Verlegung lärmintensiver Arbeiten in kleineren Unternehmen häufig schon an den betrieblichen Gegebenheiten. Auch sind Lärmpausen nicht sehr wirksam. Bedeutet doch eine Halbierung der Lärmexposition nur eine Senkung des Beurteilungspegels um 3 dB(A).

6.2 Grundbegriffe der Lärminderung

Die Begriffe Luftschall, Flüssigkeitsschall und Körperschall haben wir schon in Abschnitt 1 kennen gelernt. Bei der technischen Lärminderung ist jetzt noch zu unterscheiden zwischen der Dämpfung (= Absorption) und Dämmung (= Reflexion) von Luft- bzw. Körperschall.

Bei der Dämpfung wird Schallenergie in Wärme umgewandelt und kann damit nicht mehr als Schall abgestrahlt werden. Bei der Dämmung wird der Schall an seiner weiteren Ausbreitung gehindert, d.h. reflektiert.

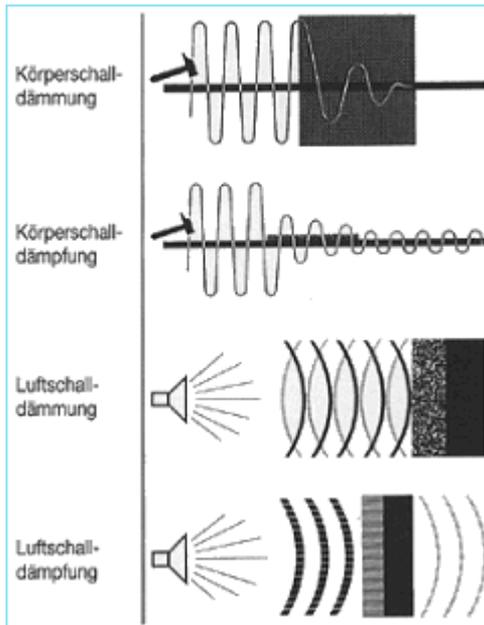


Bild 6-2: Schallarten und deren Minderung (nach Teroson)

Meistens treten Kombinationen aus Luft- und Körperschall und aus Dämmung und Dämpfung auf (Bild 6-3). Im Allgemeinen steht die Minderung des Luftschalles im Vordergrund.

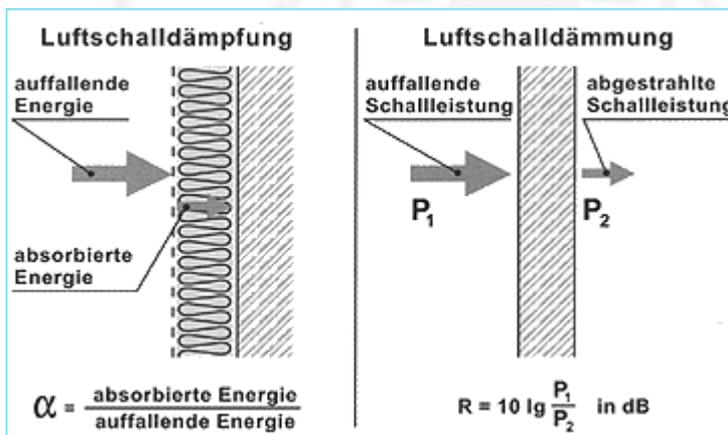


Bild 6-3: Luftschalldämpfung, -dämmung

Die Kenngrößen sind:

Maß für Luftschalldämpfung:

Schallabsorptionsgrad $\alpha = \frac{\text{absorbierte Energie}}{\text{auffallende Energie}}$

Maß für Schalldämmung:

Schalldämm-Maß $R = 10 \lg P_1/P_2$ in dB

P_1 = auffallende Schall-Leistung

P_2 = abgestrahlte Schall-Leistung

Die Tabelle in Bild 6-4 verdeutlicht die Zusammenhänge der Schallarten und deren Minderung. Sowohl die Schalldämmung als auch die Schalldämpfung der Werkstoffe sind frequenzabhängig (Bild 6-5 und Bild 6-6).

Bild 6-4: Luftschall/Körperschall und Dämmung/Dämpfung

Schallart-Minderung	Wirkungsweise	Materialauswahl (Beispiele)	Anwendungsbeispiele	Kenngroße
Körperschall-dämmung	Minderung der Schallausbreitung an Querschnittsprüngen oder Trennflächen verschiedener Werkstoffe	Gummi-Metall-Elemente	Schwingungsisierte Aufstellung von Maschinen, Schlauch in Rohrleitungen, elastische Wellenkupplung	Schalldämm-Maß R in dB
Körperschall-dämpfung	Umwandlung mechanischer Schwingungen in Wärme	Entdröhnungsbeläge, Verbundblech, Gusseisen statt Stahl	Rutschen für Materialtransport, Behälter, Dämpfungsbeläge, Schutzhauben an Maschinen	Impedanz oder Schwingwiderstand Z
Luftschall-dämmung	Minderung der Schallausbreitung an Wänden, Decken usw. durch Reflexion	Werkstoffe mit hohem Flächengewicht (mit Frequenz steigt Reflexion)	Kapselungen von Maschinen, Trennwände	Schalldämm-Maß R in dB
Luftschall-dämpfung	Umwandlung der Schallenergie in Wärme	faserige oder poröse Werkstoffe, wie Mineralwolle, Kunststoffschäum (mit Frequenz steigt Absorption)	Innenbeschichtung von Kapseln, Abschirmungen, raumakustische Maßnahmen	Schallabsorptionsgrad α

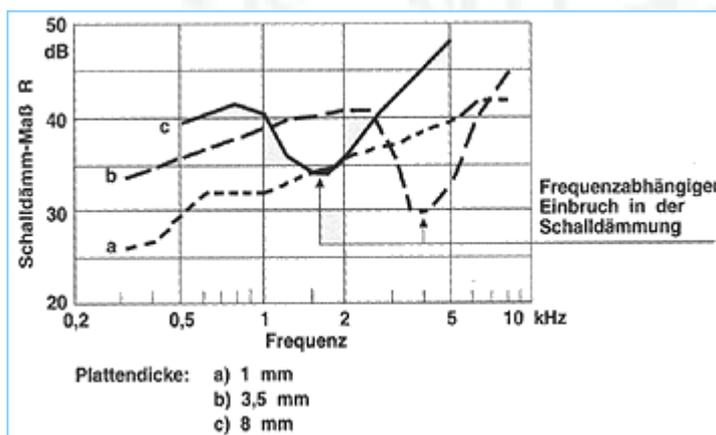


Bild 6-5: Schalldämm-Maß von Stahlblech (nach BG-Information "Geräuschminderung durch Kapselung; Hinweise zur Gestaltung von Kapseln einfacher Bauart" [BGI 789])

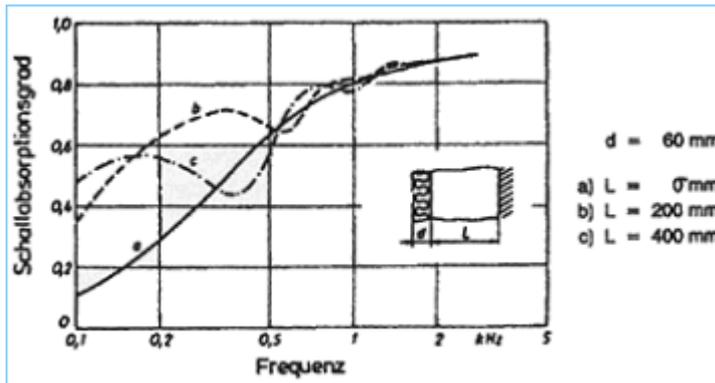


Bild 6-6: Schallabsorption bei Vorsatzschale (nach BG-Information "Geräuschminderung in Fertigungshallen; Grundlagen und Auswahlkriterien zur Schallabsorption" [BGI 674])

6.3 Lärminderung an der Schallentstehungsstelle

Lärminderungsmaßnahmen an der Schallentstehungsstelle müssen im Allgemeinen schon beim Hersteller von Maschinen, Geräte usw. getroffen werden, möglichst schon am Reißbrett. Zahlreiche Maßnahmen lassen sich jedoch auch beim Betreiber durchführen.

Bild 6-7: Primärmaßnahmen (allgemein)

Maßnahme Werkstoff/Bauelement	Einsatzmöglichkeit/Wirkung	Quellenangaben
Auswerfer – mechanisch	Ersatz für Werkstücktransport mit Druckluft	VDI 3720 Blatt 2
Mehrloch-Druckluftdüsen	Ausblasen und Reinigen mit Druckluft	BGI 682 Abschnitt 3.1 BGI 680, BGI 681
Entdröhnen (z.B. mit Dämmfolie, -platten, Spachtel, Lack, Magnetfolie)	Dämmen von Luft- und Körperschall	BGI 682 Abschnitt 2.4
Gummi-Metall-Elemente	Schwingungsisolierung	BGI 682 Abschnitt 2.6
Hämmer – rückschlagfrei	allgemein	BGI 682 Abschnitt 3.3 BGI 796
Sägeblätter	Holz- und Metallbearbeitung	BGI 682 Abschnitt 3.4
Schalldämpfer	Dämpfung des Luftaustrittes	BGI 682 Abschnitt 2.7 BGI 792
Schleifscheiben – lärmarm	Schruppschleifen	BGI 682 Abschnitt 3.2 BGI 760
Schnittschlagdämpfer	Schnittgeräusch an Pressen dämpfen	BGI 682 Abschnitt 2.6
Schrauber – lärmgemindert	Montage	BGI 793
Verbundblech	Entdröhnen von Luft- und Körperschall	BGI 682 Abschnitt 2.4

6.3.1 Konstruktive Maßnahmen

Zum Handwerkszeug eines jeden Konstrukteurs sollte die VDI-Richtlinie 3720 gehören. Nachfolgend sind einige Grundprinzipien zusammengestellt. Vermieden werden sollten

- der Zusammenstoß fester Körper,
- hohe Drehzahlen bzw. Umfangsgeschwindigkeiten,
- hohe Strömungsgeschwindigkeiten,
- hohe Beschleunigungen und Verzögerungen,
- Verdichtungsstöße bzw. plötzliche Druckwechsel,
- hohe Reibungskräfte,
- pulsierende Antriebskräfte,
- Unwuchten,
- Resonanzen,
- zu große Fertigungstoleranzen (Lagerspiele),
- Einsatz von Werkstoffen mit geringer innerer Dämpfung und
- große Oberflächenrauigkeit.

Lösungsmöglichkeiten bietet die VDI-Richtlinie. Wegen der Vielfalt der Möglichkeiten, den Lärm an der Entstehungsstelle zu mindern, kann hier nicht auf Einzelheiten eingegangen werden.

6.3.2 Lärmarme Arbeitsverfahren

Durch die Wahl lärmarmen Arbeitsverfahren kann die Gehörgefährdung der Beschäftigten gesenkt werden (Bilder 6-8 und 6-9).



Bild 6-8: Absaugen von Guss-Spänen an einer Fräsmaschine. Ursprünglich wurden die Späne abgeblasen. Pegelminderung von 95 auf 83 dB(A)



Bild 6-9: Bolzenschweißen bei der Plattenstoßmontage im Schiffbau. Dieses Verfahren ersetzt das Anschweißen von z.B. Knacken, die später mit erheblichem Lärm abgetrennt werden müssen. Senkung des Beurteilungspegels um ca. 10 dB(A)

Die Bedeutung lärmarmen Arbeitsverfahren wird dadurch unterstrichen, dass z.B. in der Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3) diese Maßnahme in einer gesonderten Bestimmung geregelt ist. Selbstverständlich ist bei der Auswahl lärmarmen Arbeitsverfahren zu berücksichtigen, ob die Geräuscharmheit mit sicherheitstechnischen Nachteilen verbunden ist.

Im Bild 6-10 sind lärmarme Arbeitsverfahren den geräuschintensiven Verfahren tabellarisch gegenübergestellt.

Bild 6-10: Lärmarme Arbeitsverfahren

Verfahren/Arbeitsprinzip	
lärmarm	geräuschintensiv
Ablegen	Abwerfen
Absaugen	Abblasen
Ankörnen mit Zentrierbohrer	Ankörnen mit Körner
Bohren	Stanzen
Bohrhammer	Schlagbohrmaschine
Bolzenschweißen (Schiffbau)	Anschweißen von z.B. Knacken
Drehschrauber	Schlagschrauber
Elektroantrieb	Verbrennungsmotor
Gießen	Schmieden
Gleitlager	Wälzlager
hydraul. Verformen (Kraftformer)	Bördeln mit Hammer
hydraul. Ziehen/Drücken	Richten mit Hammer
Kleben	Nieten
Laserschneidmaschine	Nibbelmaschine
Optische Signalgebung	Akustische Signalgebung
Oszillierende Säge	Trennschleifen
Plasmaschneiden	Trennen mechanisch
Prägen (z.B. Stempelabrollen)	Schlagstempeln
Pressen	Schlagen
Riementrieb	Kettentrieb
Rundfeilen	Schleifen
Sägen	Trennschleifen
Schrauben	Nieten
Schweißen	Nieten
Schweißnähte rollen	mit Hammer verdichten
Schweißtrennmittel aufsprühen	Schweißspritzer abschlagen
Stempelmaschine (z.B. für Rohre)	Schlagzahlen einschlagen
Taumelnieten	Schlagnieten
Transport kontinuierlich	Transport stoßweise

6.3.3 Minderung der Schallabstrahlung

Unter Minderung der Schallabstrahlung sind Maßnahmen zu verstehen, die verhindern, dass Körperschall als Luftschall von Oberflächen abgestrahlt wird (Bilder 6-11 bis 6-19).

Folgende Möglichkeiten bieten sich an:

- abstrahlende Oberflächen möglichst klein halten,
- abstrahlende Flächen lochen (ab 20 % Lochanteil),
- Abstrahlflächen biegeweich ausführen,
- Steifigkeit vergrößern durch dickere Wände, Rippen usw.,
- Dämpfungsmaterial (Bild 6-12) aufbringen (entdröhnen),
- Zusatzmassen anbringen,
- schwingende Teile fest einspannen,
- Trennelemente zwischen Schallquelle und abstrahlender Fläche einbauen,
- Werkstoffe mit hoher innerer Dämpfung (Grauguss, Verbundblech, Kunststoff) verwenden,
- doppelschalige Ausführung von Trennschichten und Ausfüllung der Zwischenschicht mit Absorptionsmaterial,
- Schalldämpfer an Luftaustrittsöffnungen anschließen bzw. Öffnungen schließen oder möglichst klein halten.

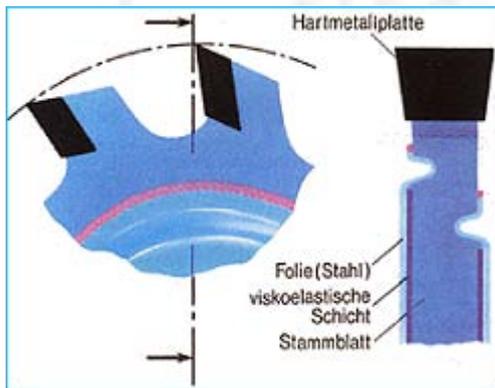


Bild 6-11: Die axialen Biegeschwingungen werden an diesem als Verbundblattkörper ausgebildeten Kreissägeblatt gemindert. Pegelsenkung bis 10 dB(A)

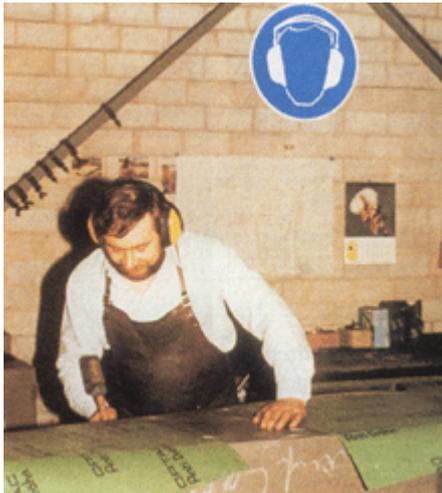


Bild 6-12: Die Schallabstrahlung bei Nacharbeiten an dünnwandigen Schutzhauben wird hier durch das Auflegen von Magnetfolien (Fa. Optac) um 10 dB(A) gemindert

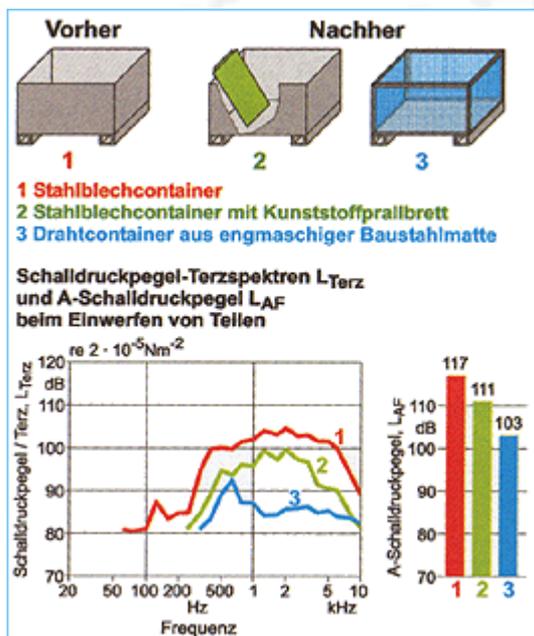


Bild 6-13: Lärminderung beim Einsatz verschiedener Container (nach K.-P. Schmidt)

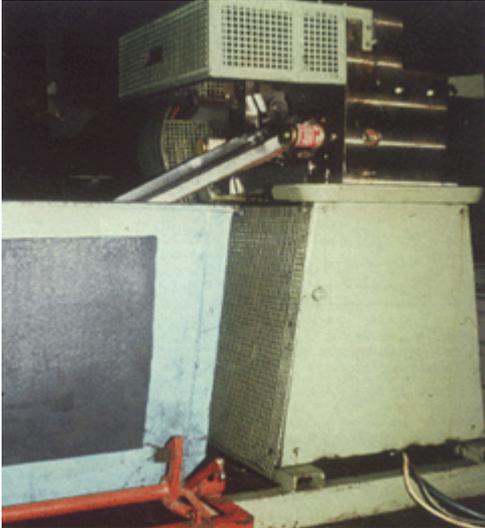


Bild 6-14: Verkleidung am Zerhacker aus Lochblech. Mit Magnetfolien entdröhnte Behälter und die Rutsche mindern das Aufschlaggeräusch

Minderung von Strömungsgeräuschen

Strömungsgeräusche treten überall dort auf, wo gasförmige Medien ausströmen und sich entspannen.

So vielschichtig wie Druckluft einsetzbar ist, sind auch die Geräuschquellen.

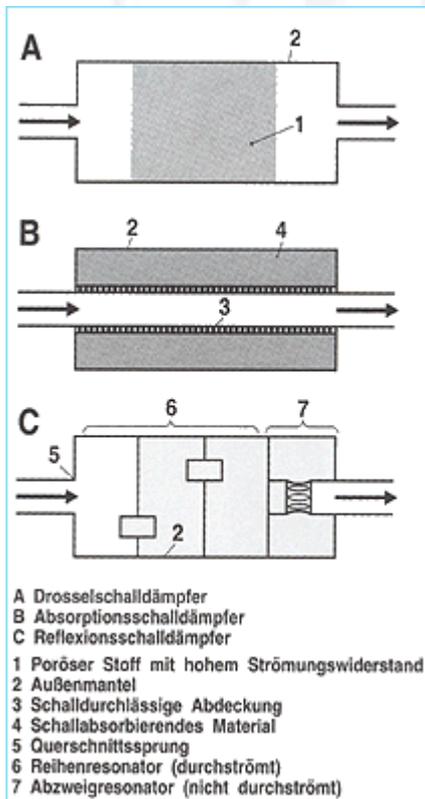


Bild 6-15: Schalldämpferbauarten

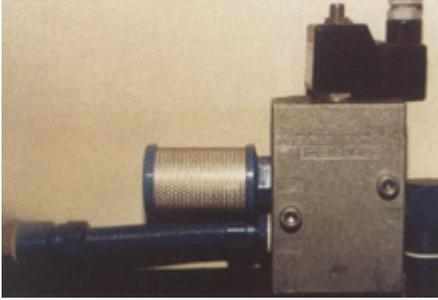


Bild 6-16: Drosselschalldämpfer an Ausströmöffnung von pneumatischer Steuerung

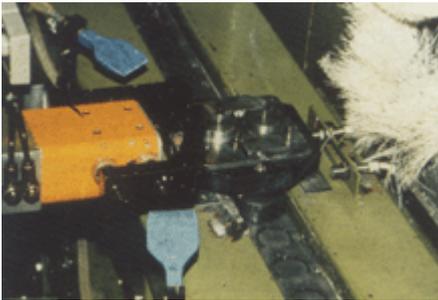


Bild 6-17: Abblasvorrichtung an einer Universal-Werkzeugmaschine zum Entfernen von Spänen und Kühlflüssigkeit. Pegelminderung von 98 auf 85 dB(A)

Weit verbreitet sind in den Betrieben Druckluftdüsen zum Reinigen und Kühlen von Werkzeugen und Werkstücken und zum Auswerfen und Transportieren von Werkstücken und Abfallmaterial. Werden hier Mehrlochdüsen (Vielröhrchendüsen) statt Einlochdüsen eingesetzt (Bild 6-18), ist eine Minderung der Geräuschabstrahlung aufgrund geringerer Wirbelbildungen und verbesserter Strahlrichtwirkung möglich.

Besonders schädlich sind die hochfrequenten Pfeifgeräusche, die sich durch Wirbelbildung an schnell drehenden Werkzeugen bilden.

Beispiele hierfür liefern Holzbearbeitungsmaschinen. Durch konstruktive Maßnahmen können hier Strömungsgeräusche gemindert werden.

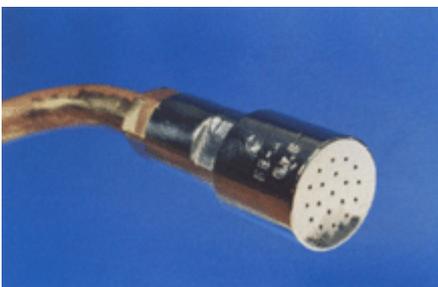


Bild 6-18: Mehrlochbrenner für Anwärmarbeiten. Die Pegelminderung liegt gegenüber Einlochbrennern bei 5 dB(A)

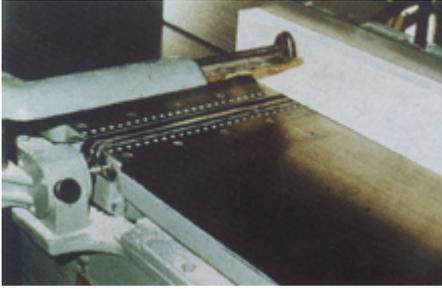


Bild 6-19: Minderung der Schallabstrahlung an einer Abrichthobelmaschine. Durch die Bohrungen in den Tischslippen wird der Drehklang herabgesetzt. – Der Durchmesser der Bohrung darf nicht größer als 8 mm sein und muss mit dem Hersteller abgespröchen werden

6.3.4 Kombinationen von Lärminderungsmaßnahmen

In den meisten Fällen reicht eine einzelne Maßnahme zur Lärminderung nicht aus. Erst die Kombination von mehreren Maßnahmen verspricht Erfolg. Am Beispiel von Pressen, häufig Hauptlärmquellen in den Betrieben, werden die Primärmaßnahmen aufgezeigt, die sich in der Praxis bewährt haben. Diese Beispiele zeigen auch, dass die Schallarten, deren Entstehung und Minderung nicht immer getrennt werden können. Wichtig ist jedoch, dass zunächst die Hauptlärmquelle gemindert wird (siehe Abschnitt 3.4.2 "Pegeladdition").

Eine weitere Senkung des Geräuschpegels an Pressen bieten Sekundärmaßnahmen, wie Kapselungen. Insgesamt wird die Wirkung von Kapselungen verbessert, wenn durch Primärmaßnahmen der Schall so weit wie möglich zuvor abgebaut wird.

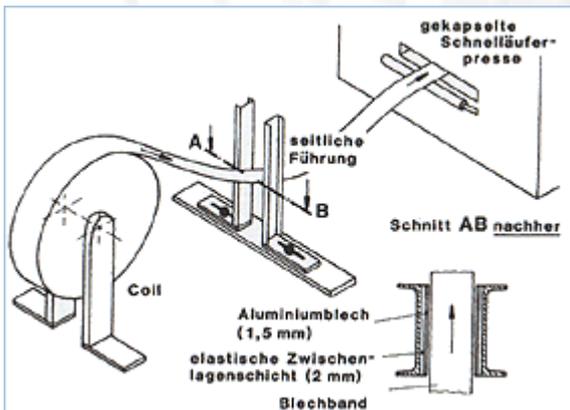


Bild 6-20: Geräuschgeminderte Führung des Blechbandes zwischen Coil und Presse, Pegelminderung bis 15 dB(A) (nach K.-P. Schmidt)

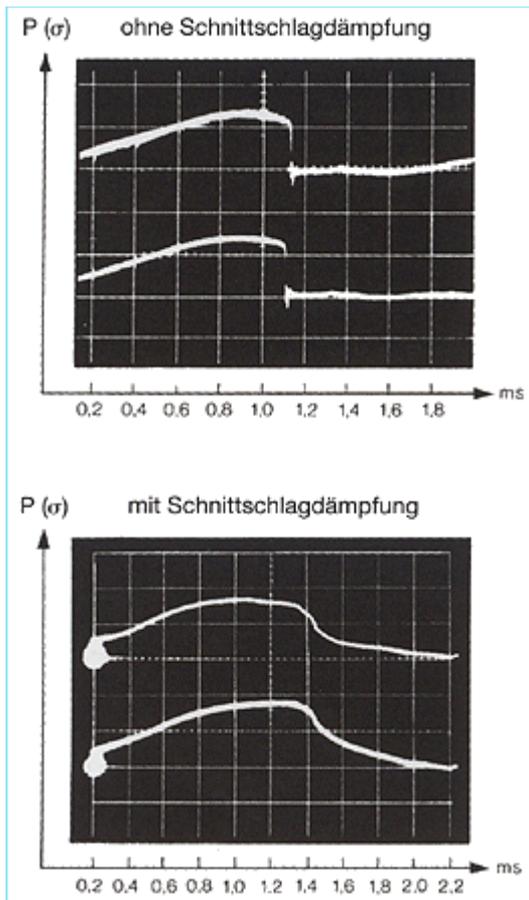


Bild 6-21: Schnittvorgang an einer hydraulischen Presse mit/ohne Schnit Schlagdämpfung. Geräuschminderung im Mittel 6 dB(A) (nach Hylatechnik)

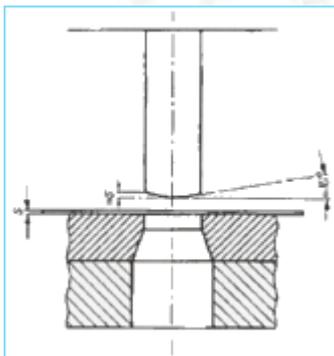


Bild 6-22: Dach- und Schrägschnitte an Pressenwerkzeugen dehnen zeitlich den Schneidenvorgang und bauen damit Impulsspitzen ab

Bild 6-23: Primärmaßnahmen zur Lärminderung an Pressen

Lärmquelle	Maßnahmen	Quellenangabe
Schaltgeräusche	Geplante Instandhaltung der Lager- und Führungsspiele, Nachstellen von Kupplung und Bremse, Teilkapselung von Kupplung und Bremse	VDI 3752 Blatt 1 BGI 789
Schalldämpfer	Auswahl geeigneter Schalldämpfer (Selbstreinigung beachten)	ZH 1/457
Leerlaufgeräusche	Überwachung des Verschleißes, Teilkapselung des Antriebs und des Getriebes	BGI 682
Schutzverkleidungen	Einsatz entdröhnter Bleche, Vermeidung starrer Verbindungen	BGI 862 Abschn. 2.6
Lastgeräusche	Zeitliche Dehnung der Belastungsänderung	VDI 3752 Blatt 1
Schnittschlag	Einsatz von Schnittschlagdämpfern	VDI 3720 Blatt 2 VDI 3752 Blatt 1 BGI 682 Abschn. 2.6
Werkzeug	Dach- oder Schrägschnitt, Stufen- oder Wellenschnitt, Minimierung des Schneidspaltes und der Eintauchtiefe	VDI 3720 Blatt 2
Aufstellung/ Fundament	Schwingungsisolierte Aufstellung der Presse	VDI 2062 Blatt 2 BGI 682 Abschn. 2.6
Hydraulik	Installation von Schläuchen statt Rohrleitungen, lärmarme Aufstellung der Hydraulikaggregate und Teilkapselung	VDI 3733 BGI 789
Transportgeräusche	Vermeidung schlag- oder stoßartiger Bewegungen	VDI 3759
Ausblasgeräusche	Einsatz von Mehrlochdüsen gegenüber Einlochdüsen, Minimierung des Abstandes der Düse vom Werkstück, Einsatz von Impulsauswertern, Ersetzen der Druckluftdüsen durch mechanische Auswerfer	BGI 680 BGI 681
Rinnen, Rutschen, Trichter	Einsatz von entdröhntem Blech oder Verbundblech, Rollgang aus Kunststoffrollen, Ersetzen der Vibrierförderrinnen durch elastische Transportbänder oder Magnetförderbänder	VDI 3759 VDI 3720 Blatt 2
Behälter	Container aus Holz oder Drahtgewebe statt aus Vollblech, Einsatz von Kunststoff-Prallbrettern, Abdecken der Behälter mit geschlitzten Deckeln, Verringerung der Fallhöhe durch die Bereitstellung von Hubtischen	VDI 3720 Blatt 2
Vorschubapparate	Minderung des Geräusches beim Zusammenschlagen und Öffnen der Klemmbacken von Zangenvorschüben durch den Einsatz von Kunststoffzwischenlagen, Einsatz von Walzenvorschüben, Ersatz der festen Anschläge durch das Anbringen von Dämpfern aus Kunststoff	BGI 682 Abschn. 2.6 VDI 3720
Coilführung	Dämpfung der seitlichen Führung durch das Anbringen abriebfester Kunststoffbeläge, Rollenführung statt seitlicher U-Profile	BGI 682 Abschn. 2.6 VDI 3720 VDI 3759

6.4 Lärminderung auf den Schallübertragungswegen

Lärminderungsmaßnahmen auf den Schallübertragungswegen sollen bewirken, dass der von einer maschinellen Einrichtung abgestrahlte Schall möglichst wenig zur Geräuschemission 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, Hauben),
- Abschirmung (Schallschirme, Abschirmwände),
- raumakustische Maßnahmen,
- Schallschutzkabinen (Leitstände, Pausenräume).

6.4.1 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 6-24 dargestellt.

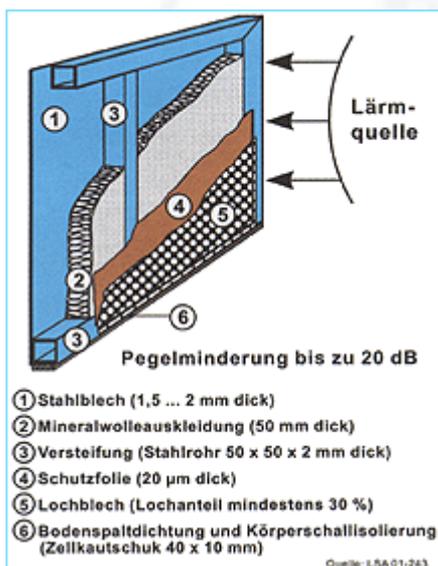


Bild 6-24: Aufbau einer Kapselwand

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 (abhängig vom Flächengewicht der Schale und der Frequenz des Maschinengeräusches) den Schall, der die Absorptionsschicht passiert hat. Der jetzt reflektierte Schall gelangt so noch mal in die Absorptionsschicht. Ohne die Absorptionsschicht würde in der Kapsel eine Schallpegelerhöhung auftreten und die Wirkung der Kapsel wäre wesentlich eingeschränkt. – Auf die Brandsicherheit der Baumaterialien wird hingewiesen.

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 Einfügungsdämm-Maß 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 6-25.

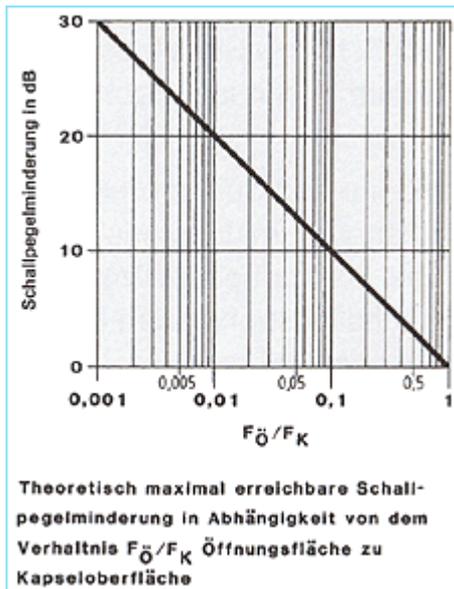


Bild 6-25: Einfluss der Öffnungen in Kapselwänden auf die Pegelminderung (nach BG-Information "Geräuschminderung durch Kapselung; Hinweise zur Gestaltung von Kapseln einfacher Bauart" [BGI 789])

Die Abdichtung der Spalte und Ähnliches und eventuell der Anbau von Schalldämpferstrecken an erforderliche Öffnungen bestimmen im Wesentlichen die Wirkung und auch die Kosten für eine Kapsel. Die Kosten müssen auch unter dem Gesichtspunkt betrachtet werden, dass Kapseln zugleich auch andere Schutzfunktionen übernehmen können (Handschutzvorkehrungen, Verkleidung an Antrieben). Es muss auf eine ausreichende Kühlung der gekapselten Maschine geachtet werden, sonst steht die Kapsel immer offen. Also Achtung!



Bild 6-26: Die Öffnung für die Materialzufuhr wurde bei dieser voll gekapselten Presse als Schalldämpferstrecke ausgebildet

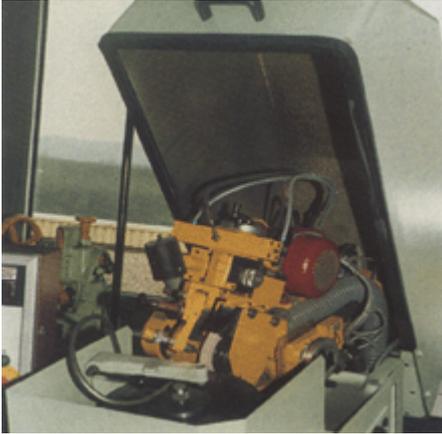


Bild 6-27: Sägeblatt-Schleifmaschine. Die Schalldämmhaube ist in die Maschinenkonstruktion integriert



Bild 6-28: Selbst gefertigte Vollkapsel für eine Kleinteil-Zählmaschine – Haube geschlossen und Haube geöffnet. Erforderlichenfalls ist die Brandsicherheit des Absorptionsmaterials zu beachten!

Teilkapselungen sind prinzipiell so zu bauen und zu bewerten wie Vollkapselungen. Weil Teilkapselungen noch stärker in die Maschine integriert werden als Vollkapselungen, könnten sie auch den Primärmaßnahmen zugerechnet werden.

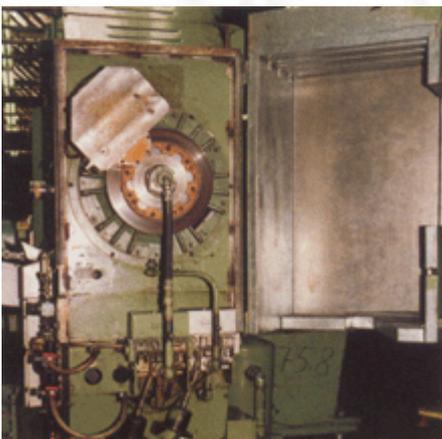


Bild 6-29: Teilkapsel (geöffnet) an einer Exzenterpresse

6.4.2 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.

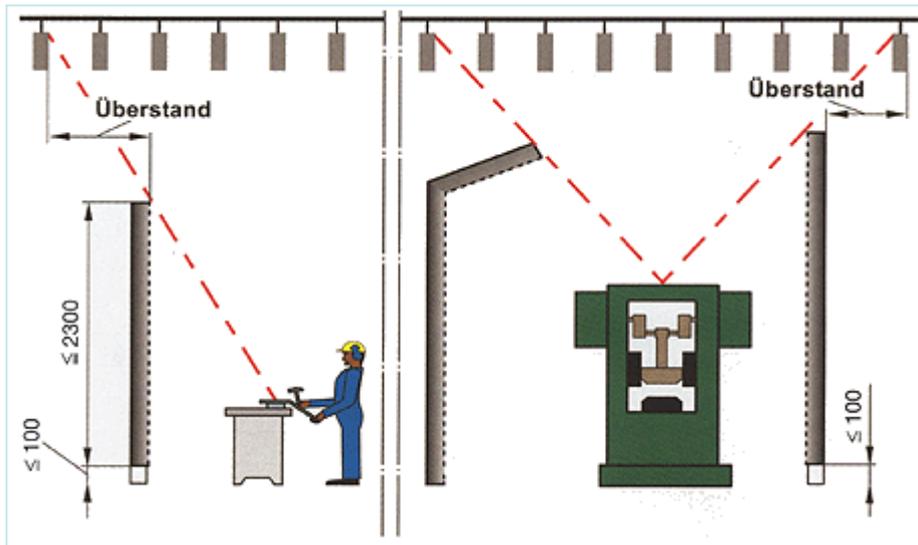


Bild 6-30: Prinzipbild einer Abschirmung (die Absorber an der Decke symbolisieren eine Akustikdecke; bei Beachtung des Taupunktes könnten die Absorber auch waagrecht verlegt werden)

Pegelminderungen von 5 bis 10 dB(A) sind jedoch möglich, wenn die im Bild 6-30 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 und
- variable Verwendungsmöglichkeiten vorsehen (eventuell verfahrbare Schirme).

Einzelheiten enthält die VDI 2720.



Bild 6-31: Beweglicher Schallschutzvorhang an zwei Seiten einer Spindelschlagpresse. Dieser Schallschutzvorhang ist auf der Seite der Presse absorbierend ausgeführt



Bild 6-32: Abgeschirmte Gesenkbiegepresse; über den Abschirmwänden befinden sich zylinderförmige Absorber



Bild 6-33: Trennwände aus Lochziegeln mit waagrecht liegenden Löchern zwischen Gussputz-Arbeitsplätzen

6.4.3 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 6-34 zusammengestellten Arbeitsbereichen und Betriebsstätten zu.

Bild 6-34: Werkstätten/Arbeitsbereiche mit – im Allgemeinen – einem Beurteilungspegel ≥ 85 dB(A)

Behälterbau
Blechverarbeitung
Gießerei
Landmaschinen-Instandhaltung
Leichtmetallbau
Leistungsprüfstand für Kfz
Lkw-Instandsetzung
Pkw-Karosserie-Instandsetzung
Putzerei
Schlosserei
Schmiede
Schweißerei
Stahlbauhalle
Stanzerei
Werkzeugschleiferei

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 als Rechtsnorm in § 5 Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3) und der dazugehörigen Durchführungsanweisung ausführlich geregelt.

6.4.3.1 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 Beurteilungspegel durch eine raumakustische Gestaltung von Fertigungshallen gesenkt werden kann. In günstig gestalteten Hallen mit schallabsorbierenden Wand- und Deckenmaterialien kann die Schallpegelminderung 3 bis 5 dB(A) betragen.

Es gelten folgende Beurteilungskriterien:

- Nachhallzeit,
- mittlerer Schallabsorptionsgrad,
- mittlere Schallausbreitungsminderung
und
- reflexionsbedingte Schallpegelerhöhung am Arbeitsplatz.

Die Nachhallzeit eines Raumes lässt sich dadurch bestimmen, dass der Knall einer Starterpistole auf einem Pegelschrieb aufgezeichnet wird (Bild 6-35).

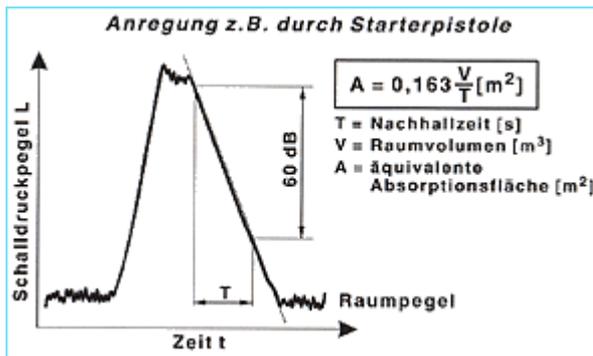


Bild 6-35: Ermittlung der äquivalenten Absorptionsfläche durch Nachhallzeitmessung

Als Nachhallzeit wird diejenige Zeit bezeichnet, in welcher der Schalldruckpegel um 60 dB(A) abnimmt. Aus dieser Zeit lässt sich dann die äquivalente Schallabsorptionsfläche bzw. der mittlere Schallabsorptionsgrad berechnen:

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

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 m²

α_i = Schallabsorptionsgrade der Einzelflächen

S = ∑S_i = Gesamtoberfläche des Raumes in m²

Daraus folgt der mittlere Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$

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

Nach BGV B3 (§ 5) soll $\bar{\alpha}$ mindestens 0,3 betragen.

Weil Nachhallzeit und Hallenvolumen direkt proportional sind, hängt die Größe der Nachhallzeit von der Größe des Hallenvolumens ab. Außerdem ist die Formel für die Nachhallzeit nur anzuwenden, wenn die größte und kleinste Raumabmessung das Verhältnis 3 : 1 nicht überschreitet. Aus diesem Grund hat die Nachhallzeit nur in Verbindung mit der Angabe des Raumvolumens eine Aussagekraft. Als Anhaltswerte können jedoch mit den oben genannten Einschränkungen zur Hallengeometrie genannt werden:

- Raumvolumen bis 3 000 m³
1s Nachhallzeit und
- Raumvolumen 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 Nachhallzeitmessung 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 6-36 aufgeführt. Die Absorptionsgrade sind hier über die Oktaven 500 bis 4 000 Hz arithmetisch gemittelt und gerundet.

Bild 6-36: Schallabsorptionsgrade α von Baumaterialien

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
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		

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 "Faserstäube").

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 1000 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 der Einrichtungsgegenstände (Streukörper) 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 45 635 Teil 1 (vgl. Abschnitt 5) ermöglicht eine Kontrolle des errechneten Absorptionsvermögens eines Raumes (Bild 6-37).

Bild 6-37: Abschätzung des mittleren Schallabsorptionsgrades α (nach DIN 45 635 Teil 1)

α	Beschreibung des Raumes
0,1	Raum ohne schallschluckende Einbauten mit wenigen Einrichtungen (Streukörpern)
0,15	Raum ohne schallschluckende Einbauten mit hoher Streukörperdichte
0,2	Raum ohne schallschluckende Einbauten mit hoher Streukörperdichte und besonders leichten Begrenzungsflächen (Aluminium-Trapez) oder zahlreichen Öffnungen oder hoher Raum ($h \geq 10$ m) mit mäßiger Akustikdecke ($\alpha \geq 0,5$)
0,25	Hoher Raum ($h \geq 10$ m) mit guter Akustikdecke ($\alpha \geq 0,9$) oder niedriger Raum ($h = 3$ bis 5 m) mit mäßiger Akustikdecke ($\alpha \geq 0,5$)
0,3	Flachhalle ($h = 5$ bis 10 m) mit mäßiger Akustikdecke ($\alpha \geq 0,5$) oder Raum wie für $\bar{\alpha}$ beschrieben, jedoch mit zusätzlicher absorbierender Wand- oder Stellwandfläche $F \geq 1/2$ Deckenfläche
0,35	Flachhalle ($h = 5$ bis 10 m) mit guter Akustikdecke ($\alpha \geq 0,9$) oder mäßiger Akustikdecke ($\alpha \geq 0,5$) und zusätzlicher absorbierender Wand- oder Stellwandfläche $F \geq 1/2$ Deckenfläche
0,4	Niedriger Raum ($h = 3$ bis 5 m) mit guter Akustikdecke ($\alpha \geq 0,9$) oder Flachhalle ($h = 5$ bis 10 m) mit guter Akustikdecke ($\alpha \geq 0,9$) und zusätzlicher absorbierender Wand- oder Stellwandfläche $F \geq 1/2$ Deckenfläche

Die mittlere Schallausbreitungsminderung ist vor allem ein Kennwert für die Geräuschbeeinflussung benachbarter Arbeitsplätze untereinander. Aus der vereinfachten Darstellung im Diagramm (Bild 6-38) 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 Schallausbreitungsminderung ist zwar frequenzabhängig, doch es genügt, wenn mit einem Mittelwert der Pegelminderung in den Oktaven 500 bis 4 000 Hz ermittelt wird. Die Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGV B3) fordert einen Wert von mindestens 4 dB pro Abstandsverdoppelung (Bild 6-38).

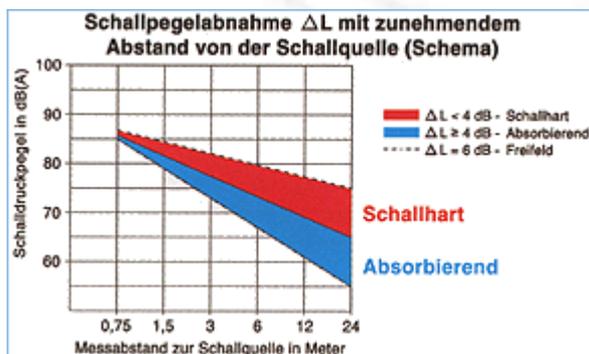


Bild 6-38: Mittlere Schallpegelabnahme bei Abstandsverdoppelung von der Schallquelle (Schema)

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 und Stand der Lärminderungstechnik vor.

Haben z.B. benachbarte Arbeitsplätze einen Abstand von 12 Metern, beträgt die Pegelminderung 8 bis 16 dB(A).

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.

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.

6.4.3.2 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 Stahltrapezblech, 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) und
- Kosten.

Die Vielzahl der Einflussgrößen zeigt, dass bei der Auswahl der Baustoffe (Bilder 6-39 bis 6-43) 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 6-39: Leistungsprüfstand für Pkws mit absorbierenden Wänden aus Lochziegeln



Bild 6-40: Schallabsorbierend gestaltete Decke in einem Karosserie-Instandsetzungsbetrieb



Bild 6-41: Raumakustisch günstig gestaltete Werkhalle eines Metall verarbeitendes Betriebes. Mineralwolleplatten als Akustikdecke. Die freien Wandflächen bestehen z. T. aus Lochziegeln mit hinterlegter Mineralwolle



Bild 6-42: Akustikdecke in der Dreherei



Bild 6-43: Walzenförmige Absorber in einer Werkzeugschleiferei. Staubablagerungen auf den Absorbern müssen gegebenenfalls entfernt werden

6.4.3.3 Gestaltungsmöglichkeiten

Prinzipiell haben absorbierend gestaltete Wände und Decken den gleichen Aufbau wie Kapselwände (siehe Abschnitt 6.4.1). Die Bilder 6-44 und 6-45 zeigen den Aufbau von absorbierend gestalteten Begrenzungsflächen. Die weiteren Bilder zeigen Ausführungsbeispiele aus verschiedenen Betriebsbereichen.

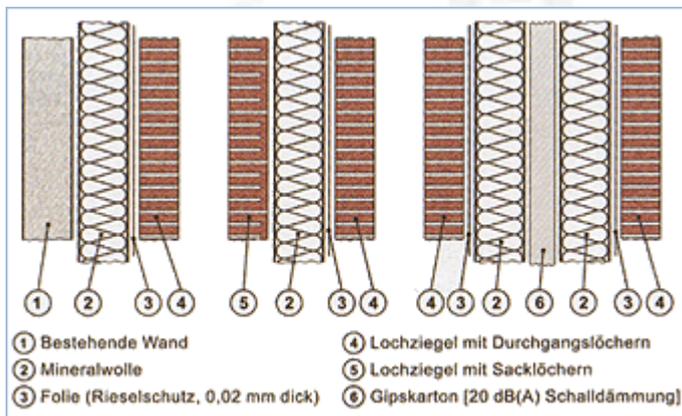


Bild 6-44: Schallabsorbierende Gestaltung von Hallenwänden (nach BG-Information "Geräuschminderung in Fertigungshallen; Grundlagen und Auswahlkriterien zur Schallabsorption" [BGI 674])

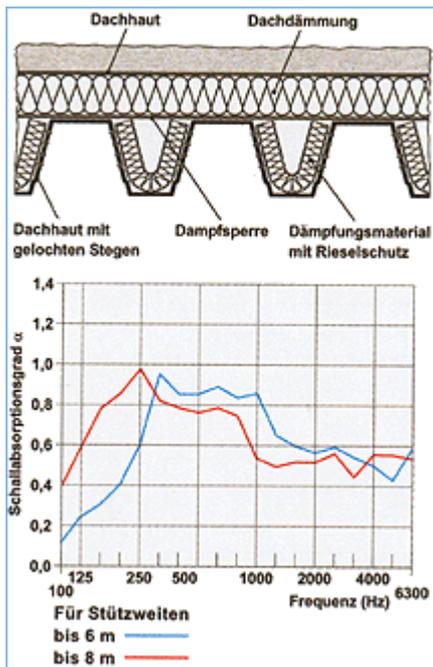


Bild 6-45: Schallabsorbierend ausgelegtes Dachsystem aus Stahl-Trapezblech mit gelochten Stegen und hinterlegtem Dämpfungsmaterial (nach BGI 674)

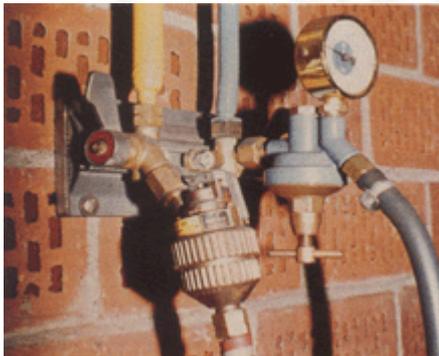


Bild 6-46: Schallabsorbierend gestaltete Wand in einer Schweißerei

6.4.4 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 Einfügungsdämm-Maß von bis zu 50 dB.

7 Lärminderungsprogramm

Die Aufstellung und Durchführung eines Lärminderungsprogramms (§ 6 Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" [BGV B3]) besagt, dass auch für vorhandene Maschinen und Anlagen, bei denen der Beurteilungspegel von 90 dB(A) erreicht oder überschritten wird, der Stand der Lärminderungstechnik eingehalten werden soll (Bild 7-1).

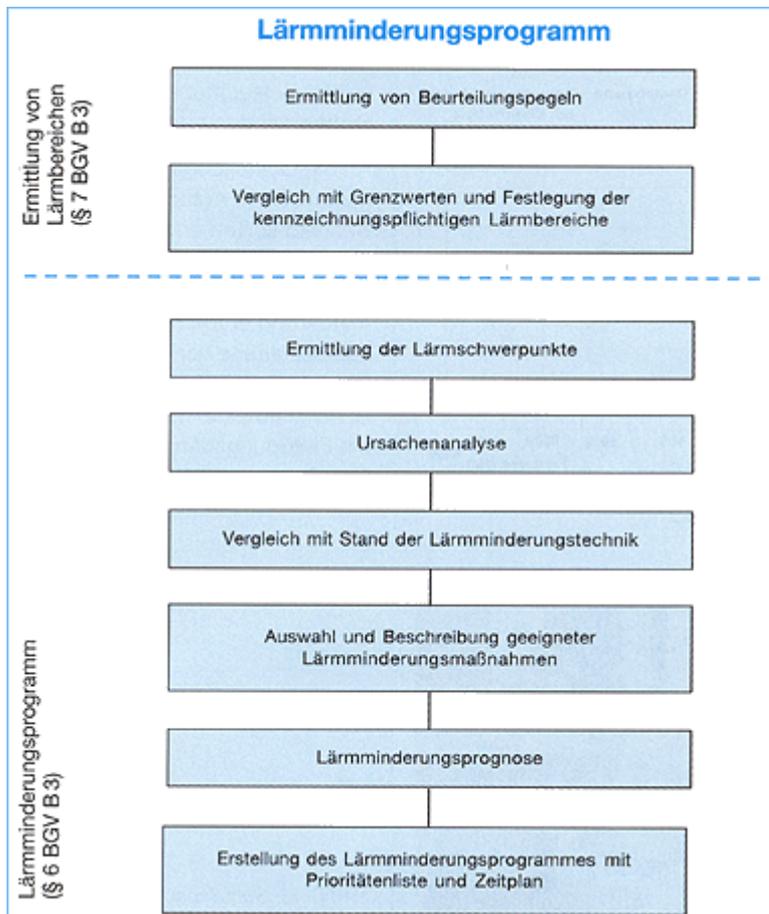


Bild 7-1: Arbeitsschritte zur Erstellung eines Lärmierungsprogrammes (nach BG-Information "Geräuschminderung im Betrieb; Lärmierungsprogramm nach § 6 Unfallverhütungsvorschrift 'Lärm'" [BGI 675])

Dabei bezieht sich der Stand der Technik auf den Zeitpunkt, zu dem das Programm aufgestellt wird. Entsprechend muss das Programm bei einer Weiterentwicklung der Lärmierungsstechnik erneuert werden. Ziel ist es, eine Lärmgefährdung zu vermeiden, d.h. mindestens den Beurteilungspegel von 85 dB(A) deutlich zu unterschreiten.

Ein Lärmierungsprogramm muss enthalten:

- die Ermittlung und Darstellung der Geräuschimmission am Arbeitsplatz,
- die Tätigkeit am Arbeitsplatz,
- die Analyse der Geräuschquellen (Ursachenanalyse),

- die Auswahl und Beurteilung der technischen Lärminderungsmaßnahmen, die für die Arbeitsmittel, die Arbeitsverfahren und die Arbeitsräume zutreffend sind,
- die Beurteilung des Entwicklungsstandes der technischen Maßnahmen der Arbeitsstätten und Einrichtungen,
- Zeitplan und Prioritäten der Maßnahmen,
- Tragen des Gehörschutzes nur für eine begrenzte Dauer,
- Prognose, welche Werte der Geräuschemission für die Arbeitsmittel, Arbeitsverfahren und welche Werte der Geräuschmission einschließlich der Berücksichtigung der Impulshaltigkeit durch Lärminderungsmaßnahmen erreicht werden können.

Weitere Hinweise enthält die BG-Information "Geräuschminderung im Betrieb; Lärminderungsprogramm nach § 6 Unfallverhütungsvorschrift "Lärm" (BGI 675).

Bei vielen dieser Fragen ist die Beratung durch externe Fachleute anzuraten. Oftmals bietet sich auch eine Kombination zwischen Arbeits- und Nachbarschaftsschutz an.

Der Vorteil beim Aufstellen eines Lärminderungsprogramms ist die systematische Vorgehensweise und die Prognose der Pegelreduzierung. So werden teure Misserfolge vermieden.

8 Persönlicher Gehörschutz

Erreicht der Beurteilungspegel 85 dB(A), ist bekanntlich mit einer Gehörgefährdung zu rechnen.

Ab diesem Wert sollte deshalb Gehörschutz benutzt werden und nicht erst ab 90 dB(A), wie es für Beschäftigte in gekennzeichneten Lärmbereichen vorgeschrieben ist.



Bild 8-1: Gebotsschild M03 "Gehörschutz benutzen"

8.1 Arten von Gehörschützern

Bei der Auswahl und Bereitstellung von Gehörschützern muss mit großer Sorgfalt vorgegangen werden, um die erforderliche Schutzwirkung sicher zu erzielen. Das folgt schon aus der großen Zahl der betroffenen Mitarbeiter, der Vielzahl unterschiedlicher Arbeitsbereiche und dem Angebot der auf dem Markt befindlichen Gehörschützer (Bild 8-2).



Bild 8-2: Gehörschutz

Die Schallschutzmittel werden unterteilt in:

- Gehörschutzstöpsel (fertig geformt, vor Gebrauch zu formen und Otoplastiken),
- Kapselgehörschützer (mit Kopfbügel, Nackenbügel, Kinnbügel und Universalbügel).

8.2 Vorteile und Nachteile verschiedener Gehörschützer

Bevor ein bestimmter Gehörschützer ausgewählt wird, müssen grundsätzlich erst die Vor- und Nachteile der Gehörschützer abgewogen werden. Bei der Auswahl der Gehörschützerarten ist die jeweilige Arbeitsumgebung (Bild 8-3) zu berücksichtigen, und zwar

- Exposition im Dauerlärm oder wiederholte kurzzeitige Lärmexposition,
- informationshaltige Arbeitsgeräusche,
- Warnsignale,
- Ortung von Schallquellen,
- Sprachkommunikation,
- hohe Temperaturen,
- Staub und
- persönliche Unverträglichkeiten des Benutzers.

Bild 8-3: Eignung der Gehörschützer für bestimmte Einsatzfälle

Arbeitsbedingungen	Gehörschutztyp					
	Kapselgehörschützer	Stöpsel zum mehrmaligen Gebrauch	Stöpsel zum einmaligen Gebrauch	Bügelstöpsel	Schnurstöpsel	Otoplastiken
a) Hohe Temperatur und Feuchtigkeit	– ³	+	+	+	+	+
b) Staub	– ³	–	+	–	–	+/-
c) Wiederholte kurzzeitige Lärmexposition	+	–	–	+	–	–
d) Informationshaltige Arbeitsgeräusche	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
e) Warnsignale, Sprachkommunikation	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
f) Ortung von Schallquellen	–	+	+	+	+	+
g) Vibration und schnelle Kopfbewegungen	–	+	+	–	–	+
h) Arbeitsstoffe, Schmutz (auch Keime) und Metallspäne an den Händen	+	–	+	+/-	–	–
i) Bewegte Maschinenteile	+	+	+	+/-	–	+

8.3 Allgemeine Auswahlkriterien

Als wesentliche Auswahlkriterien gelten die Akzeptanz des Gehörschützers und der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz. Der Beurteilungspegel bedingt die erforderliche Schalldämmung des Gehörschützers. Die Schalldämmung muss ausreichend sein, sie darf jedoch keineswegs zu hoch angesetzt werden, weil dann der Gehörschützer nicht akzeptiert wird. Wird gleichermaßen der Beurteilungspegel aus übertriebener Vorsicht zu hoch angenommen und ein zu stark dämmender Gehörschützer eingesetzt, leiden darunter die Sprachverständigung sowie das Erkennungsvermögen von akustischen Signalen und informationshaltigen Arbeitsgeräuschen. Die Folge ist Ablehnung oder wenig Tragebereitschaft der Benutzer. Die Schalldämmung eines Gehörschützers ist optimal, wenn der verbleibende Beurteilungspegel zwischen 75 und 80 dB(A) liegt.

Früher wurde häufig empfohlen, bis 100 dB(A) Watte, bis 105 dB(A) Stöpsel und über 105 dB(A) Kapseln zu benutzen. Aus der Zusammenstellung der Vor- und Nachteile der Gehörschützerarten wird deutlich, dass dies falsch war. Stöpsel und Kapseln erreichen heute annähernd die gleiche Schalldämmung. Grundsätzlich sollte man zunächst den Mitarbeitern die Entscheidung überlassen, welche Art von Gehörschutz sie benutzen möchten. Danach kann die Eignung des Modells überprüft werden.

Aus dem Diagramm mit den frequenzabhängigen Dämmwerten für Kapseln und Stöpsel (Bild 8-4) wird deutlich, dass sich die Dämmwerte teilweise überlagern, d.h. für eine Lärmsituation gibt es eine größere Auswahl geeigneter Gehörschützer.

³ mit schweißabsorbierender Zwischenlage: +

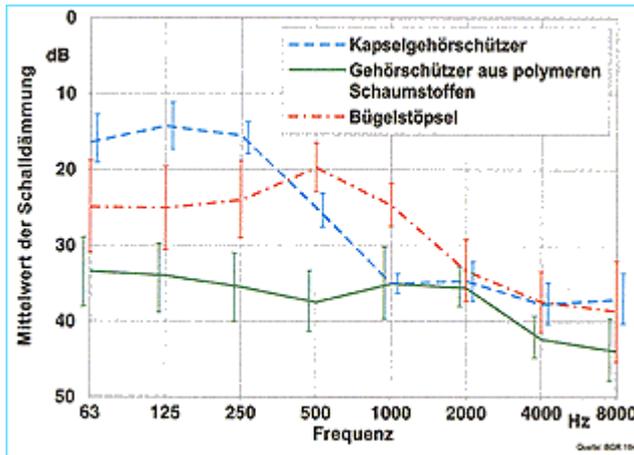


Bild 8-4: Schalldämmung von Gehörschützern

Die Auswahl von Gehörschützern nach ihrer Schalldämmwirkung erfolgt am einfachsten nach den Pegel-/Einsatzbereichen, die in der Liste der geprüften Gehörschützer angegeben sind.

Das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitssicherheit (BIA) bietet ein Auswahlprogramm für Gehörschützer an.

Auf Basis gemessener Lärmpegel und der allgemeinen Situation am Arbeitsplatz werden geeignete Gehörschützer vorgeschlagen. Der Download dieses Programms befindet sich unter der Adresse:

<http://www.hvbg.de/d/bia/fac/softwa/psasw/index.html>

Die Prüf- oder Zertifizierungsstelle, die Prüfzeugnisnummer und die Anschrift des Herstellers oder Lieferers benennt die Berufsgenossenschaft auf Anfrage.

Bild 8-5: Liste der geprüften Gehörschützer, Stand Januar 2003

Alle dem BIA gemeldeten Gehörschützer mit EG-Baumusterprüfbescheinigung						Stand: 23.01.2003
Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Kapselgehörschützer mit pegelabhängiger Dämmung						
3M United Kingdom	1470	BIA	BIA	-110	-105	
Bilsom GmbH	707 Impact	BIA/INSPEC	BIA	-106	-103	
Bilsom GmbH	Targo electronic	BIA	BIA	-111	-105	
Ceotronics AG	ASR	BIA	BIA	-107	-102	
Hellberg Safety AB	Active	BIA	BIA	-112	-105	
Hurricane Communications	EED 1	BIA	BIA	-102	-98	
Sordin AB	CutOff Type 3	BIA	BIA	-110	-105	
Kapselgehörschützer mit pegelabhängiger Dämmung und UKW-Radio						
Bilsom GmbH	799 Electro	BIA	BIA	-109	-103	
Hellberg Safety AB	React	BIA	BIA	-112	-105	
Sordin AB	37000	BIA	BIA	-107	-101	
Kapselgehörschützer mit Einwege-Kommunikation, pegelabhängiger Dämmung und UKW-Radio						
Dalloz Safety AB	Bilsom 799 COM	BIA	BIA	-109	-103	Sprechfunk
Kapselgehörschützer mit Einwege-Kommunikation und pegelabhängiger Dämmung						
3M United Kingdom	3M 1545	BIA	BIA	-110	-105	
Dalloz Safety AB	708 COM	BIA	BIA	-109	-103	15 Helme
Dalloz Safety AB	Bilsom WorkCom Pro	BIA	BIA	-106	-101	Sprechfunk
Dalloz Safety GmbH	707 COM	BIA	BIA	-109	-103	
Sordin AB	Supreme 75000, 75100 und 75200	BIA	BIA	-110	-105	

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Kapselgehörschützer mit UKW-Radio						
3M United Kingdom	1475	BIA	BIA	94-108	88-102	
3M United Kingdom	1476	BIA	BIA	96-110	89-103	
Bilsom GmbH	797 Radio	BIA/INSPEC	BIA	97-111	89-103	
Hellberg Safety AB	Relax	BIA	BIA	97-111	89-103	
Husqvarna AB	Husqvarna FM1 + type 1	BIA	BIA	96-110	89-103	
Jonsered AB	Jonsered FM 1+ type 1	BIA	BIA	96-110	89-103	
Partner AB	Partner FM1 + type 1	BIA	BIA	96-110	89-103	
Sordin AB	FM Radio Type 1	BIA	BIA	94-108	88-102	
Sordin AB	FM 1 + type 1	BIA	BIA	96-110	89-103	
Kapselgehörschützer mit Einwege-Kommunikation und UKW-Radio						
Sordin AB	WWFM type 1	BIA	BIA	96-110	89-103	
Kapselgehörschützer mit Einwege-Kommunikation						
3M United Kingdom	1440L	BIA	BIA	92-106	87-101	
Dalloz Safety AB	Bilsom 777 Transceiver	BIA	BIA	96-110	88-102	
Dalloz Safety AB	Bilsom 787 Flex II	BIA	BIA	96-110	88-102	
Dalloz Safety AB	Bilsom WorkCom	BIA	BIA	96-110	89-103	Sprechfunk
Hurricane Communications	200/2-P	BIA	BIA	97-111	92-106	
Hurricane Communications	200-P	BIA	BIA	92-106	86-100	
Hurricane Communications	210/2-P	BIA	BIA	97-111	92-106	
Hurricane Communications	210-P	BIA	BIA	92-106	86-100	
Sordin AB	CC HS type 1/2	BIA	BIA	96-110	88-102	
Sordin AB	Type 1 COM	BIA	BIA	92-106	87-101	
Sordin AB	WWHS type 1	BIA	BIA	93-107	86-100	

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Kapselgehörschützer mit Universalbügel						
Bilsom GmbH	2452 (als Kopfbügel)	INSPEC	BIA	95-109	87-101	
Bilsom GmbH	2452 (als Nackenbügel)	INSPEC	BIA	95-109	87-101	
Bilsom GmbH	Blau 2450 (als Kopfbügel)	INSPEC	BIA	95-109	87-101	
Bilsom GmbH	Blau 2450 (als Nackenbügel)	INSPEC	BIA	95-109	86-100	
Bilsom GmbH	Comfort 2420 (als Kopfbügel)	INSPEC	BIA	94-108	85-99	
Bilsom GmbH	Comfort 2420 (als Nackenbügel)	INSPEC	BIA	93-107	85-99	
Bilsom GmbH	Pocket 2428 (als Kopfbügel)	BIA	BIA	92-106	84-98	L
Bilsom GmbH	Pocket 2428 (als Nackenbügel)	BIA	BIA	91-105	83-97	L
Bilsom GmbH	Viking 2421 (als Kopfbügel)	INSPEC	BIA	98-112	89-103	
Bilsom GmbH	Viking 2421 (als Nackenbügel)	INSPEC	BIA	97-111	89-103	
Dalloz Safety AB	Bilsom 822 NST (als Kinnbügel)	INSPEC	BIA	97-111	93-107	S,V,W
Dalloz Safety AB	Bilsom 822 NST (als Kopfbügel)	INSPEC	BIA	99-113	95-109	S,W
Dalloz Safety AB	Bilsom 822 NST (als Nackenbügel)	INSPEC	BIA	97-111	94-108	S,V,W
Dalloz Safety AB	Bilsom Blue Comfort (als Kinnbügel)	BIA	BIA	92-106	84-98	
Dalloz Safety AB	Bilsom Blue Comfort (als Kopfbügel)	BIA	BIA	93-107	84-98	
Dalloz Safety AB	Bilsom Blue Comfort (als Nackenbügel)	BIA	BIA	92-106	83-97	

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle	Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
			HM	L	
Kapselgehörschützer mit Universalbügel					
Howard Leight Europe	QM 24+ (als Kinnbügel)	BIA	BIA	92-106	84-98
Howard Leight Europe	QM 24+ (als Kopfbügel)	BIA	BIA	93-107	85-99
Howard Leight Europe	QM 24+ (als Nackenbügel)	BIA	BIA	93-107	84-98
Silenta Ltd.	Bella (als Kinnbügel)	FIOH	FIOH	90-104	84-98
Silenta Ltd.	Bella (als Kopfbügel)	FIOH	FIOH	90-104	83-97
Silenta Ltd.	Bella (als Nackenbügel)	FIOH	FIOH	90-104	84-98
Silenta Ltd.	Silenta Bel II (als Kinnbügel)	FIOH	FIOH	88-102	82-96
Silenta Ltd.	Silenta Bel II (als Kopfbügel)	FIOH	FIOH	88-102	82-96
Silenta Ltd.	Silenta Bel II (als Nackenbügel)	FIOH	FIOH	88-102	82-96
Silenta Ltd.	Silenta Universal (als Kinnbügel)	FIOH	FIOH	93-107	84-98
Silenta Ltd.	Silenta Universal (als Kopfbügel)	FIOH	FIOH	94-108	85-99
Silenta Ltd.	Silenta Universal (als Nackenbügel)	FIOH	FIOH	94-108	86-100
Silenta Ltd.	Super (als Kinnbügel)	FIOH	FIOH	100-114	92-106
Silenta Ltd.	Super (als Kopfbügel)	FIOH	FIOH	97-111	88-108
Silenta Ltd.	Super (als Nackenbügel)	FIOH	FIOH	95-109	87-101

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Kapselgehörschützer mit Kopfbügel						
3M Deutschland GmbH	1435	BIA	BIA	92-106	85-99	
3M Deutschland GmbH	1440	BIA	BIA	94-108	86-100	
3M United Kingdom	1445	BIA	BIA	99-113	93-107	S,W
Adolf Würth GmbH	Würth Type 1	BIA	BIA	94-108	86-100	
Artlux Herzig AG	Arton 1000	BIA	BIA	94-108	86-100	
Artlux Herzig AG	Arton 2000	BIA	BIA	97-111	89-103	
Artlux Herzig AG	Arton 2200	BIA	BIA	90-104	84-98	
Artlux Herzig AG	Arton Pocket 1000	BIA	BIA	95-109	87-101	
Artlux Herzig AG	Arton Pocket 2000	BIA	BIA	97-111	89-103	
Artlux Herzig AG	Profi 1000	BIA	BIA	91-105	83-97	
ASSI Arbeitsschutz GmbH	2000	BIA	BIA	90-104	83-97	
ASSI Arbeitsschutz GmbH	4000	BIA	BIA	92-106	83-97	H,L
ASSI Arbeitsschutz GmbH	6000	BIA	BIA	96-110	90-104	H,L
Bacou Intersafe	Nobelsafe Super	BIA	BIA	88-102	83-97	
Bacou-Dalloz AB	Bilsom Junior	BIA	BIA	92-106	90-104	S,W
Bilsom GmbH	715	BIA	BIA	93-107	85-99	
Bilsom GmbH	717	INSPEC	BIA	94-108	86-100	
Bilsom GmbH	727	INSPEC	BIA	97-111	88-102	
Bilsom GmbH	737	INSPEC	BIA	97-111	89-103	
Bilsom GmbH	747	BIA	BIA	99-113	98-112	S,V,W
Bilsom GmbH	Loton 2401/2403	BIA	BIA	94-108	86-100	L
Bilsom GmbH	Marksman Pro 2902	INSPEC	BIA	98-112	89-103	
Dalloz Safety AB	Bilsom 815 NST	BIA	BIA	94-108	89-103	W
Dalloz Safety AB	Bilsom 817 II NST	INSPEC	BIA	92-106	90-104	S,W
Dalloz Safety AB	Bilsom 847 II NST	INSPEC	BIA	102-116	99-113	S,V,W
Dalloz Safety GmbH	Bilsom 817 NST	BIA	BIA	94-108	90-104	W
Dalloz Safety GmbH	Bilsom 847 NST	BIA	BIA	99-113	98-112	S,V,W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Kapselgehörschützer mit Kopfbügel						
E/D/E GmbH	Format 4000	BIA	BIA	92-106	83-97	L,H
E/D/E GmbH	Format 4010	BIA	BIA	96-110	90-104	L,H
Electrolux Motor AB	Husqvarna	BIA	BIA	92-106	85-99	
Electrolux Motor AB	Jonsered	BIA	BIA	92-106	85-99	
Electrolux Motor AB	Partner	BIA	BIA	92-106	85-99	
Elvex Corporation	Equalizer	BIA	BIA	97-111	88-102	
Elvex Corporation	HB-25	BIA	BIA	95-109	87-101	
Elvex Corporation	HB-35	BIA	BIA	98-112	88-102	
Elvex Corporation	SuperSonic	BIA	BIA	101-115	92-106	
ENHA GmbH	3001 Star	BIA	BIA	90-104	83-97	
ENHA GmbH	ENHA 3003	BIA	BIA	92-106	83-97	L,H
ENHA GmbH	ENHA 3004	BIA	BIA	96-110	90-104	L,H
Fondermann GmbH	Compac 2000 FB	BIA	BIA	87-101	82-96	H,L
Fondermann GmbH	Systac 5001 SD	BIA	BIA	92-106	84-98	H,L
Fondermann GmbH	Varigard 4000 SE	BIA	BIA	89-103	82-96	L
Fondermann GmbH	Vario 5001	BIA	BIA	92-106	84-98	L
Fondermann GmbH	Vario 5001 SD	BIA	BIA	91-105	83-97	H,L
Fondermann GmbH	Vario Vol 2000	BIA	BIA	98-112	90-104	H
Fondermann GmbH	Vario Vol 2000 SD	BIA	BIA	97-111	90-104	H
General Protection AB	XLS	BIA	BIA	92-106	85-99	
Gerin S.A.	Model 285	INRS	INRS	96-110	87-101	
Gerin S.A.	Model 286	INRS	INRS	93-107	84-98	
Hellberg Safety AB	Mark 10	BIA	BIA	97-111	88-102	
Hellberg Safety AB	Mark 12	BIA	BIA	101-115	92-106	
Hellberg Safety AB	Mark 8	BIA	BIA	95-109	85-99	
Hellberg Safety AB	Mark I	BIA	BIA	92-106	85-99	W
Hellberg Safety AB	Mark V	BIA	BIA	96-110	89-103	W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle	Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen	
			HM	L		
Kapselgehörschützer mit Kopfbügel						
Hellberg Safety AB	Mark X	BIA	BIA	97-111	89-103	
Hellberg Safety AB	Primus	BIA	BIA	91-105	83-97	
Ho Cheng Enterprise	A812X	BIA	BIA	95-109	85-99	
Howard Leight Europe	LM 77	INSPEC	INSPEC	99-113	90-104	
Howard Leight Europe	LM-777	BIA	BIA	100-114	91-105	
Lasogard GmbH	LA 3001	BIA	BIA	90-104	83-97	
Lasogard GmbH	LA 3002 Bolt	BIA	BIA	90-104	84-98	
Lasogard GmbH	LA 3003 Shot	BIA	BIA	92-106	83-97	L,H
Lasogard GmbH	LA 3004 Jet	BIA	BIA	96-110	90-104	L,H
Optac GmbH	Opticom C	BIA	BIA	87-101	82-96	
Optac GmbH	Vario	BIA	BIA	91-105	84-98	
Optac GmbH	Vario 5005 SD	BIA	BIA	91-105	84-98	H
Optac GmbH	Vario Vol	BIA	BIA	98-112	90-104	
Optac GmbH	Vario Vol 1 SD	BIA	BIA	97-111	89-103	H
Peltor AB	H10A	FIOH	FIOH	101-115	92-106	L
Peltor AB	H3A	INSPEC	INSPEC	96-110	86-100	
Peltor AB	H61FA/V	INSPEC	INSPEC	94-108	85-99	
Peltor AB	H64FB/V	INSPEC	INSPEC	92-106	84-98	
Peltor AB	H6A	INSPEC	INSPEC	91-105	82-96	
Peltor AB	H6F	INSPEC	INSPEC	91-105	82-96	
Peltor AB	H7A	FIOH	FIOH	98-112	89-103	
Peltor AB	H7F	FIOH	FIOH	97-111	88-102	
Peltor AB	H9A	FIOH	FIOH	93-107	84-98	
SIBOL s.a.l.	Silent I	INRS	INRS	96-110	87-101	
SIBOL s.a.l.	Silent II	INRS	INRS	95-109	86-100	
SIBOL s.a.l.	Silent III	INRS	INRS	93-107	84-98	
Silenta Ltd.	Ergomax	FIOH	FIOH	100-114	92-106	

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Kapselgehörschützer mit Kopfbügel						
Silenta Ltd.	Mil	FIOH	FIOH	87-101	81-95	
Silenta Ltd.	Silenta Ergo II	FIOH	FIOH	96-110	87-101	
Silenta Ltd.	Sportmil	FIOH	FIOH	89-103	81-95	
Silenta Ltd.	Sportmil 2000	FIOH	FIOH	92-106	85-99	
Silenta Ltd.	Sportmil 2001	FIOH	FIOH	97-111	89-103	
Silenta Ltd.	Sportmil plus	FIOH	FIOH	95-109	85-99	
Silenta Ltd.	Supermil	FIOH	FIOH	92-106	84-98	
Silenta Ltd.	Supermil 4000	FIOH	FIOH	93-107	86-100	
Silenta Ltd.	Supermil 4001	FIOH	FIOH	98-112	90-104	
Sordin AB	HPE type 1	BIA	BIA	99-113	93-107	S,W
Sordin AB	Type 1 EXC	BIA	BIA	94-108	86-100	
Unico Graber AG	Sonico 2000	BIA	BIA	88-102	83-97	
Unico Graber AG	Sonico 85	BIA	BIA	88-102	83-97	
Unico Graber AG	Sonico Standard	BIA	BIA	90-104	82-96	
Uvex Arbeitsschutz GmbH	dB ex 2300+	BIA	BIA	90-104	83-97	
Uvex Arbeitsschutz GmbH	dB ex 2500+	BIA	BIA	92-106	83-97	L,H
Uvex Arbeitsschutz GmbH	dB ex 2800+	BIA	BIA	96-110	90-104	L,H
Kapselgehörschützer mit Nackenbügel						
Fondermann GmbH	Vario 5001 N	BIA	BIA	90-104	82-96	
Peltor AB	H10B	FIOH	FIOH	101-115	91-105	
Peltor AB	H7B	INSPEC	INSPEC	99-113	89-103	
Peltor AB	H9B	INSPEC	INSPEC	92-106	83-97	
Kapselgehörschützer mit integrierter Schutzbrille						
Howard Leight Europe	OM-77/OM-77-L	INSPEC	INSPEC	94-108	87-101	
Kapselgehörschützer am Schutzhelm mit pegelabhängiger Dämmung						
3M United Kingdom	1480	BIA	BIA	-110	-105	19 Helme
Bilsom GmbH	708 Impact	BIA	BIA	-106	-103	1 Helm

Sordin AB	CutOff Type 4	BIA	BIA	-110	-105	11 Helme
Kapselgehörschützer am Schutzhelm mit pegelabhängiger Dämmung und UKW-Radio						
Dalloz Safety GmbH	Bilsom 798 Electo	BIA	BIA	-109	-103	13 Helme
Sordin AB	37500	BIA	BIA	-107	-107	11 Helme
Kapselgehörschützer am Schutzhelm mit Einwege-Kommunikation, pegelabhängiger Dämmung und UKW-Radio						
Dalloz Safety GmbH	Bilsom 798 COM	BIA	BIA	-109	-103	15 Helme
Kapselgehörschützer am Schutzhelm mit UKW-Radio						
3M United Kingdom	1485	BIA	BIA	91-105	86-100	19 Helme
3M United Kingdom	1486	BIA	BIA	96-110	89-103	20 Helme
Husqvarna AB	Husqvarna FM2+ type 2	BIA	BIA	96-110	89-103	11 Helme
Jonsered AB	Jonsored FM2+ type 2	BIA	BIA	96-110	89-103	11 Helme
Partner AB	Partner FM2+ type 2	BIA	BIA	96-110	89-103	11 Helme
Sordin AB	FM2+ type 2	BIA	BIA	96-110	89-103	11 Helme
Sordin AB	Type 2 FM radio	BIA	BIA	91-105	86-100	9 Helme
Kapselgehörschützer am Schutzhelm mit Einwege-Kommunikation und UKW-Radio						
Sordin AB	WWFM type 2	BIA	BIA	96-110	89-103	11 Helme, Handy
Kapselgehörschützer am Schutzhelm mit Einwege-Kommunikation						
3M United Kingdom	1450L	BIA	BIA	90-104	85-99	20 Helme
Dalloz Safety AB	Bilsom 778 Transceiver	BIA	BIA	94-108	86-100	15 Helme
Dalloz Safety AB	Bilsom 788 Flex II	BIA	BIA	94-108	86-100	15 Helme
Dalloz Safety AB	Bilsom WorkCom HF	BIA	BIA	96-110	88-102	15 Helme
Dalloz Safety GmbH	Bilsom 788 Flex	BIA	BIA	93-107	86-100	1 Helm
Sordin AB	CC HS type 3/4	BIA	BIA	94-108	87-101	11 Helme
Sordin AB	Type 2 COM	BIA	BIA	90-104	85-99	8 Helme
Sordin AB	WWHS type 2	BIA	BIA	96-110	89-103	11 Helme

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
An Schutzhelmen befestigte Kapselgehörschützer						
3M United Kingdom	1455	BIA	BIA	98-112	92-106	1 Helm
3M United Kingdom	3M 1450	BIA	BIA	93-107	85-99	21 Helme
Bacou-Dalloz AB	Bilsom 818 NST	BIA	BIA	93-107	89-103	7 Helme, W
Bacou-Dalloz AB	Bilsom 818 NST	BIA	BIA	93-107	89-103	6 Helme, W
Bilsom AB	718	INSPEC	BIA	89-103	83-97	7 Helme
Bilsom AB	718	INSPEC	BIA	93-107	85-99	8 Helme
Bilsom GmbH	728	INSPEC	BIA	96-110	88-102	15 Helme
Dalloz Safety GmbH	Bilsom 818 NST	BIA	BIA	93-107	89-103	2 Helme, W
Dalloz Safety GmbH	Bilsom 848 NST	BIA	BIA	98-112	94-108	14 Helme, S,V,W
Elvex Corporation	Elvex HM 25	BIA	BIA	93-107	85-99	1 Helm
ENHA GmbH	3015	BIA	BIA	90-104	83-97	1 Helm
ENHA GmbH	3016	BIA	BIA	94-108	88-102	1 Helm, W
Hellberg Safety AB	Mark 10-K	BIA	BIA	97-111	88-102	3 Helme
Hellberg Safety AB	Mark 12-K	BIA	BIA	100-114	91-105	3 Helme
Hellberg Safety AB	Mark 8-K	BIA	BIA	94-108	86-100	6 Helme
Lasogard GmbH	LA 3013 Shot	BIA	BIA	88-102	82-96	1 Helm
Lasogard GmbH	LA 3014 Jet	BIA	BIA	95-109	89-103	1 Helm, W
Lasogard GmbH	LA 3015 Shot	BIA	BIA	90-104	83-97	1 Helm
Lasogard GmbH	LA 3016 Jet	BIA	BIA	94-108	88-102	1 Helm, W
Peltor AB	H10P3	FIOH	FIOH	101-115	93-107	35 Helme
Peltor AB	H31P3	FIOH	FIOH	96-110	86-100	35 Helme
Peltor AB	H3P3	FIOH	FIOH	95-109	87-101	35 Helme
Peltor AB	H6P3	FIOH	FIOH	90-104	82-96	35 Helme
Peltor AB	H7P3	FIOH	FIOH	97-111	88-102	35 Helme
Peltor AB	H9P3	FIOH	FIOH	93-107	84-98	35 Helme
Sordin AB	HPE type 2	BIA	BIA	98-112	92-106	2 Helme

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Sordin AB	Type 2 EXC	BIA	BIA	93-107	85-99	10 Helme
Sordin AB	XLS type 2	BIA	BIA	95-109	88-102	1 Helm
Unico Graber AG	Sonicclip	BIA	BIA	90-104	82-96	1 Helm
Uvex Arbeitsschutz GmbH	dB ex 2500	BIA	BIA	88-102	82-96	1 Helm
Uvex Arbeitsschutz GmbH	dB ex 2800	BIA	BIA	95-109	89-103	1 Helm, W
Uvex Arbeitsschutz GmbH	dBex 2500 H	BIA	BIA	90-104	83-97	1 Helm
Uvex Arbeitsschutz GmbH	dBex 2800 H	BIA	BIA	94-108	88-102	1 Helm, W
Fertig geformte Gehörschutzstöpsel zum einmaligen Gebrauch bestimmt						
Bilsom GmbH	202 S/L und 203 S/L	INSPEC	BIA	94-108	92-106	S,V,W
Bilsom GmbH	ECO 5910/5920/5930	BIA	BIA	91-105	90-104	S,W
Bilsom GmbH	Light 5100, 5110, 5120	PTB	PTB	88-102	87-101	S,W
Bilsom GmbH	P.O.P	BIA	BIA	87-101	85-99	W
Bilsom GmbH	Soft 5035, 5045, 5055	PTB	PTB	93-107	89-103	
Dalloz Safety AB	Bilsom 202/203 NST	INSPEC	BIA	94-108	93-107	S,V,W
Dalloz Safety AB	Bilsom NST Disposable Plug	BIA	BIA	89-103	88-102	S,V,W
Delta Plus Group	Conic202	BIA	BIA	94-108	92-106	S,V,W
Safety Handels GmbH	Conus	BIA	BIA	86-100	84-98	S,W
Safety Handels GmbH	Phonstop G	BIA	BIA	88-102	86-100	W
Fertig geformte Gehörschutzstöpsel zum mehrfachen Gebrauch bestimmt						
3M Deutschland GmbH	1220/1225 und 1230/1235	INSPEC	BIA	97-111	95-109	S,W
3M Deutschland GmbH	1261/1271	INSPEC	BSI	92-106	90-104	S,V,W
Adolf Würth GmbH	Würth Art.-Nr.: 899300130	BIA	BIA	95-109	94-108	S,W
Alpine gehoorbescherming B.V.	AOP III (Filter F10)	TNO	TNO	92-106	90-104	S,W
Alpine gehoorbescherming B.V.	AUV I (Filter UF 5)	TNO	TNO	84-98	82-96	W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Fertig geformte Gehörschutzstöpsel zum mehrfachen Gebrauch bestimmt						
Artelli nv/sa	Artelli Plug Cord	BIA	BIA	85-109	94-108	S,W
Bilsom GmbH	PerFit Detectors 5605/5606	BIA	BIA	90-104	89-103	S,V,W
Bilsom GmbH	PerFit 5603/5604	BIA	BIA	90-104	89-103	S,V,W
Bilsom GmbH	Quietzone	BIA	BIA	94-108	94-108	S,V,W
Bilsom GmbH	Whisper	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
C.K. European Ltd.	Silent fit /Sonar	BIA	BIA	90-104	88-102	W
Cabot Safety Ltd.	EAR Express	INSPEC	INSPEC	94-108	92-106	S,V,W
Cabot Safety Ltd.	EAR Tracers	INSPEC	INSPEC	91-105	90-104	S,V,W
Cabot Safety Ltd.	Ultrafit	INSPEC	INSPEC	92-106	90-104	S,V,W
Cabot Safety Ltd.	Ultratech	INSPEC	INSPEC	88-102	86-100	S,V,W
Dalloz Safety AB	Bilsom 655/656 NST	BIA	BIA	89-103	87-101	W
Dalloz Safety AB	Bilsom Professional	BIA	BIA	89-103	87-101	W
Dalloz Safety GmbH	Bilsom 555/556 S/L	BIA	BIA	95-109	94-108	S,W
EARmo B.V.	EARfoon EF 4 (rot)	TNO	TNO	86-100	84-98	W
EARmo B.V.	EARfoon EF 4 (weiß)	TNO	TNO	84-98	81-95	W
Elvex Corporation	Quattro	BIA	BIA	92-106	91-105	S,V,W
Howard Leight Europe	Airsoft	INSPEC	INSPEC	97-111	95-109	S,W
Howard Leight Europe	Quiet	INSPEC	INSPEC	92-106	90-104	S,W
Moldex-Metric AG	Rockets 6400	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
Moldex-Metric AG	Rockets Cord 6401	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
Moldex-Metric AG	Rockets Detect 6409	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
North Safety Products	Com-Fit (S,M,L)	INSPEC	INSPEC	93-107	92-106	S,W
Safety Handels GmbH	4 SC	BIA	BIA	89-103	88-102	W
Werner Wegener	Werofit	BIA	BIA	86-100	83-97	W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Vor Gebrauch zu formende Gehörschutzstöpsel zum einmaligen Gebrauch bestimmt						
3M Deutschland GmbH	1100, 1110, 1100DS	BIA	BIA	97-111	95-109	W
3M Deutschland GmbH	Boots Soft Foam Ear Plugs	BIA	BIA	97-111	95-109	S,V,W
Artelli nv/sa	Artelli Plug	BIA	BIA	99-113	99-113	S,V,W
Bacou-Dalloz AB	XD 3	BIA	BIA	102-116	101-115	S,V,W
Bilsom GmbH	303 S/L und 304 S/L	INSPEC	BIA	99-113	99-113	S,V,W
Bilsom GmbH	313	BIA	BIA	100-114	97-111	S,V,W
Bilsom GmbH	Form 5801/5811/5820	PTB	PTB	101-115	101-115	S,V,W
Bilsom GmbH	Propp II	BIA	BIA	86-100	82-96	
Cabot Safety Ltd.	EAR classic	INSPEC	INSPEC	94-108	92-106	W
Delta Plus Group	Conic01	BIA	BIA	99-113	99-113	S,V,W
Howard Leight Europe	LaserLite LL-1/LL-30	BIA	BIA	102-116	101-115	S,V,W
Howard Leight Europe	Laser-Trak LT 30	BIA	BIA	102-116	101-115	S,V,W
Howard Leight Europe	Max 1	INSPEC	INSPEC	100-114	97-111	S,W
Howard Leight Europe	Max Lite	BIA	INSPEC	102-116	101-115	S,V,W
Howard Leight Europe	Multimax MM-1	BIA	BIA	102-116	102-116	S,V,W
Howard Leight Europe	TC3 / TC3-30	BIA	BIA	102-116	101-115	S,V,W
Moldex-Metric AG	Ohropax Color Plux	BIA	BIA	99-113	95-109	S,W
Moldex-Metric AG	Pura-Fit 7700	BIA	BIA	102-116	96-110	S,V,W
Moldex-Metric AG	Pura-Fit Cord 6900	BIA	BIA	102-116	96-110	S,V,W
Moldex-Metric AG	Spark-plug 7800/7801	BIA	BIA	99-113	95-109	S,W
North Safety Products	Decidamp	INSPEC	INSPEC	99-113	96-110	S,W
Ohropax GmbH	Ohropax	PTB	PTB	93-107	91-105	W
Peltor AB	Expand	FIOH	FIOH	101-115	100-114	S,V,W
Vandeputte International N.V.	Hirado	BIA	BIA	102-116	96-110	S,V,W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Vor Gebrauch zu formende Gehörschutzstöpsel zum mehrfachen Gebrauch bestimmt						
AAFI Trading GmbH	MACK's Earplugs	BIA	BIA	86-100	84-98	W
Amplisilence SLR	Mufflets	BIA	BIA	85-99	85-99	
Cabot Safety Ltd.	Cabocord	INSPEC	INSPEC	96-110	93-107	S,W
Degania Silicone Ltd.	Gentle plugs	BIA	BIA	87-101	85-99	
Moldex-Metric AG	Ohropax Soft	BIA	BIA	99-113	98-112	S,V,W
Otoplastiken						
Alpine gehoorbescherming B.V.	AOP III (Filter F7)	TNO	TNO	89-103	84-98	
Alpine gehoorbescherming B.V.	AOP III (Filter F8)	TNO	TNO	91-105	87-101	
AWECO GmbH & Co. KG	AS	BIA	BIA	91-105	89-103	W
AWECO GmbH & Co. KG	AS+	BIA	BIA	92-106	89-103	W
Dreve Otoplastik GmbH	DLO Acryl (Filter: DL-20)	INSPEC	BIA	88-102	82-96	
Dreve Otoplastik GmbH	DLO Acryl (Filter: DL-30)	INSPEC	BIA	88-102	86-100	W
Dreve Otoplastik GmbH	DLO Silikon	BIA	BIA	90-104	89-103	S,W
EARmo B.V.	EARfoon EMF-R4 (rot)	TNO	TNO	96-110	93-107	S,W
EARmo B.V.	EARfoon EMF-W2 (weiß)	TNO	TNO	92-106	85-99	
EARmo B.V.	EARfoon ES8 (weiß)	TNO	TNO	94-108	88-102	
EARmo B.V.	EARfoon ES9 (rot)	TNO	TNO	95-109	90-104	S,W
EARmo B.V.	EARmo MC B-R3 (rot)	TNO	TNO	93-107	89-103	W
EARmo B.V.	EARmo MC B-W1 (weiß)	TNO	TNO	88-102	81-95	
EARmo B.V.	EARmo MC G-R5 (grün+rot)	TNO	TNO	93-107	88-102	W
EARmo B.V.	EARmo MC W-R7 (weiß+rot)	TNO	TNO	95-109	91-105	S,W
EARmo B.V.	EARmo MC Y-R6 (gelb+rot)	TNO	TNO	94-108	90-104	W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Otoplastiken						
Ergotec B.V.	Varifoon (100)	BIA	BIA	95-109	92-106	S,V,W
Ergotec B.V.	Varifoon (110)	BIA	BIA	96-110	92-106	S,W
Ergotec B.V.	Varifoon (120)	BIA	BIA	99-113	97-111	S,V,W
Ergotec B.V.	Varifoon (90)	BIA	BIA	91-105	87-101	W
Espace de l'Audition	A.B.R. Cutnoise	INRS	INRS	89-103	97-101	S,W
Eurodition	Protop 1	INRS	INRS	88-102	83-97	
Eurodition	Protop 2	INRS	INRS	88-102	82-96	
Eurolam	Instamold	INRS	INRS	95-109	94-108	S,W
Faazen Gehoorbescherming	Facom (100)	BIA	BIA	92-106	88-102	S,V,W
Faazen Gehoorbescherming	Facom (110)	BIA	BIA	93-107	91-105	S,V,W
Faazen Gehoorbescherming	Facom (90)	BIA	BIA	88-102	84-98	W
Fields B.V.	Earguard (Einstellung: 34)	BIA	BIA	99-113	97-111	S,V,W
Groeneveld Dordrecht	Elacin Compact (AEP-M22)	BIA	BIA	93-107	89-103	S,W
Groeneveld Dordrecht	Elacin Compact (AEP-ML01)	TNO/BIA	BIA	95-109	90-104	S,W
Groeneveld Dordrecht	Elacin Compact (AEP-MM02)	TNO/BIA	BIA	94-108	89-103	S,W
Groeneveld Dordrecht	Elacin Compact (AEP-MM12)	TNO/BIA	BIA	90-104	83-97	
Groeneveld Dordrecht	ER 15 / ER 15 Concha	TNO/BIA	BIA	84-98	84-98	S,V,W
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Biopact (ML01)	BIA	BIA	96-110	95-109	S,V,W
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Biopact (MM02)	BIA	BIA	94-108	92-106	S,V,W
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Biopact (MM12)	BIA	BIA	90-104	84-98	
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Biopact (MM22)	BIA	BIA	90-104	87-101	W
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Concha L01	BIA	BIA	99-113	98-112	W
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Concha M12	BIA	BIA	89-103	84-98	

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Otoplastiken						
Groeneveld Elcea B.V.	Elacin Concha M22	BIA	BIA	89-103	84-98	
Group Olbinski	Protector	INRS	INRS	91-105	89-103	S,W
Intracenter S.N.C.	Sine sonum (morbid)	BIA	BIA	86-100	82-96	
Intracenter S.N.C.	Sine sonum (rigido)	BIA	BIA	86-100	82-96	
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 10	BIA	BIA	89-103	82-96	
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 14	BIA	BIA	94-108	89-103	
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 16	BIA	BIA	96-110	92-106	W
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 18	BIA	BIA	96-110	93-107	S,W
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 20	BIA	BIA	97-111	94-108	S,W
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 22	BIA	BIA	98-112	96-110	S,V,W
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 24	BIA	BIA	100-114	98-112	S,V,W
Jrenum Gehörschutz	Jrenum SK-LD 26	BIA	BIA	101-115	99-113	S,V,W
Lammers B.V.	Reduson (Filter A grün)	BIA	BIA	86-100	81-95	
Lammers B.V.	Reduson (Filter B blau)	BIA	BIA	93-107	88-102	
Les Embouts Monier	AB 001/002	INRS	INRS	89-103	86-100	W
Maier GmbH	Sonus PRE 40	PTB	PTB	89-103	86-100	S,W
Noise Audiophone GmbH	Audiophone (100)	BIA	BIA	92-106	88-102	S,V,W
Noise Audiophone GmbH	Audiophone (110)	BIA	BIA	93-107	91-105	S,V,W
Noise Audiophone GmbH	Audiophone (90)	BIA	BIA	88-102	84-98	W
OTOcenter	OPT 8 (mit Belüftungskanal)	BIA	BIA	87-101	82-96	
OTOcenter	OPT 8 (ohne Belüftungskanal)	BIA	BIA	92-106	90-104	S,W
Sanomed Medizintechnik GmbH	Sanocryl (Filter: DL-20)	INSPEC	BIA	88-102	82-96	
Sanomed Medizintechnik GmbH	Sanocryl (Filter: DL-30)	INSPEC	BIA	88-102	86-100	W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle	Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen	
			HM	L		
Otoplastiken						
Sanomed Medizintechnik GmbH	Sanosol O	BIA	BIA	90-104	89-103	S,W
Sarffa	Audifiltre Atlas 01, incolore	INRS	INRS	88-102	83-97	
Sarffa	Audifiltre Atlas 01, rosé	INRS	INRS	88-102	83-97	
Schinko-Neuroth GmbH	Neuroth-Antilärm (100)	BIA	BIA	92-106	88-102	S,V,W
Schinko-Neuroth GmbH	Neuroth-Antilärm (110)	BIA	BIA	93-107	91-105	S,V,W
Schinko-Neuroth GmbH	Neuroth-Antilärm (90)	BIA	BIA	88-102	84-98	W
Stemal S.N.C.	an-1	BIA	BIA	89-103	88-102	S,W
Tympanitec	Tympro Sound Safe (15)	BIA	BIA	97-111	94-108	S,V,W
Tympanitec	Tympro Sound Safe (25)	BIA	BIA	99-113	97-111	S,V,W
Variophone Benelux NV	Noise-Ban (Filter: DL-20)	INSPEC	BIA	88-102	82-96	
Variophone Benelux NV	Noise-Ban (Filter: DL-30)	INSPEC	BIA	88-102	86-100	W
Bügelstöpsel						
3M Deutschland GmbH	1300 (als Kinnbügel)	INSPEC	BIA	90-104	88-102	
3M Deutschland GmbH	1300 (als Nackenbügel)	INSPEC	BIA	91-105	89-103	
3M United Kingdom	1310 (als Kinnbügel)	INSPEC	BSI	92-106	89-103	
3M United Kingdom	1310 (als Nackenbügel)	INSPEC	BSI	91-105	88-102	
Adolf Würth GmbH	899 300 301 (als Kinnbügel)	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
Adolf Würth GmbH	899 300 301 (als Kopfbügel)	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
Adolf Würth GmbH	899 300 301 (als Nackenbügel)	BIA	BIA	92-106	92-106	S,V,W
AEARO LTD.	Reflex (als Kinnbügel)	INSPEC	INSPEC	93-107	92-106	S,W
AEARO LTD.	Reflex (als Kopfbügel)	INSPEC	INSPEC	92-106	88-102	W
AEARO LTD.	Reflex (als Nackenbügel)	INSPEC	INSPEC	91-105	88-102	W
Artelli nv/sa	Artelli Plug Bend	BIA	BIA	90-104	88-102	S,W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Bügelstöpsel						
Bacou-Dalloz AB	PerForm (als Kinnbügel)	BIA	BIA	89-103	87-101	W
Bilsom GmbH	PerCap (als Kinn-, Kopf-, Nackenbügel)	BIA	BIA	90-104	88-102	S,W
Bilsom GmbH	PerFlex (als Kinnbügel)	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
Bilsom GmbH	PerFlex (als Kopfbügel)	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
Bilsom GmbH	PerFlex (als Nackenbügel)	BIA	BIA	92-106	92-106	S,V,W
Bilsom GmbH	PerFlex Detectors (als Kinnbügel)	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
Bilsom GmbH	PerFlex Detectors (als Kopfbügel)	BIA	BIA	91-105	90-104	S,V,W
Bilsom GmbH	PerFlex Detectors (als Nackenbügel)	BIA	BIA	92-106	92-106	S,V,W
Cabot Safety Ltd.	Caboflex (als Kinnbügel)	INSPEC	INSPEC	87-101	85-99	
Cabot Safety Ltd.	Caboflex (als Nackenbügel)	INSPEC	INSPEC	86-100	83-97	
Cabot Safety Ltd.	EAR Cap (als Kinnbügel)	INSPEC	INSPEC	89-103	87-101	
Cabot Safety Ltd.	EAR Cap (als Nackenbügel)	INSPEC	INSPEC	87-101	85-99	
Elvex Corporation	GelCaps GC 20 (als Kinnbügel)	BIA	BIA	89-103	89-103	S,W
Elvex Corporation	GelPods GP-10	BIA	BIA	88-102	86-100	W
Hellberg Safety AB	Access	BIA	BIA	88-102	86-100	W
Howard Leight Europe	LPB-3 (als Kinnbügel)	BIA	BIA	88-102	86-100	W
Howard Leight Europe	QB 2	INSPEC	INSPEC	91-105	89-103	
Howard Leight Europe	QB 3	INSPEC	INSPEC	91-105	89-103	W
Howard Leight Europe	QB1 HYG (als Kinnbügel)	BIA	BIA	92-106	91-105	S,W

Bescheinigungsinhaber	Typbezeichnung*)	Prüf- bzw. Zertifizierungsstelle		Einsatzbereich in dB(A)		Bemerkungen
				HM	L	
Bügelstöpsel						
Howard Leight Europe	QB2 HYG (als Kinnbügel)	BIA	BIA	90-104	89-103	W
Howard Leight Europe	QB3 HYG (als Kinnbügel)	BIA	BIA	89-103	87-101	W
Moldex-Metric AG	Jazz-Band 6700 (als Kinnbügel)	BIA	BIA	88-102	86-100	S,W
Moldex-Metric AG	Jazz-Band 6700 (als Nackenbügel)	BIA	BIA	89-103	88-102	S,W
Moldex-Metric AG	Pura-Band 6500 (als Kinnbügel)	BIA	BIA	89-103	88-102	S,W
Moldex-Metric AG	Pura-Band 6500 (als Nackenbügel)	BIA	BIA	90-104	88-102	S,W
Moldex-Metric AG	Pura-Band 6600 (als Kinnbügel)	BIA	BIA	88-102	87-101	S,W
Kombinationen Gehörschutzstöpsel und Kapselgehörschützer						
3M Deutschland GmbH	1440 und 1100	BIA	–	109-123	107-121	S,V,W
Bilsom GmbH	727 und 303 L	BIA	–	109-123	107-121	S,V,W
Hellberg Safety AB	Mark 12 und EAR classic	BIA	–	109-123	106-120	S,V,W
Howard Leight Europe	LM 77 und Max	INSPEC	–	109-123	105-119	S,V,W
Erläuterungen:						
*) Typbezeichnung	= Die Angabe in Klammern (Kopf-, Kinn- oder Nackenbügel) bezieht sich auf die Tragweise von Universalbügeln!					
Einsatzbereich HM	= hoch-/mittelfrequenter Lärm ($L_C - L_A \leq 5$ dB), HML-Check nach EN 458					
Einsatzbereich L	= tieffrequenter Lärm ($L_C - L_A > 5$ dB), HML-Check nach EN 458					
Bemerkungen S/V	= Signalthören im Gleisoberbau/Straßenverkehr möglich					
Bemerkungen W	= Kriterien "Warnsignalhören allgemein", "informationshaltige Geräusche" und "Sprachverständlichkeit" erfüllt					
Bemerkungen L	= Sonderanforderung "Tiefe Temperatur" bestanden (nur bei Kapselgehörschützern)					
Bemerkungen H	= Sonderanforderung "Hohe Temperatur" bestanden (nur bei Kapselgehörschützern)					

Die Entscheidung, welcher Geräuschkategorie das Arbeitsgeräusch zuzuordnen ist, kann nach dem subjektiven Klangeindruck oder nach der BG-Regel "Einsatz von Gehörschützern" (BGR 194) direkt oder in Anlehnung an die darin aufgeführten Maschinen oder Tätigkeiten erfolgen. Messungen mit Oktavanalysen sind nur in Sonderfällen erforderlich, zumal etwa 85 % aller Industrieräusche hoch- bis mittelfrequenz sind.

Arbeiten Beschäftigte in Bereichen, die verschiedenen Geräuschkategorien zuzuordnen sind, wird zunächst ein Gehörschützer der Geräuschkategorie HM ausgewählt und anschließend geprüft, ob der Beurteilungspegel auch im empfohlenen Pegelbereich für die Geräuschkategorie L enthalten ist.

Dafür müssen lediglich bekannt sein:

- Einsatzbereich/Geräuschkategorie (hoch-/mittelfrequenz HM oder tieffrequenz L)
- und
- Beurteilungspegel am Arbeitsplatz.

Bild 8-6: Einteilung von Arbeitsgeräuschen nach Geräuschkategorien (nach BGR 194 – Auszug)

Geräuschkategorie HM/ hoch- bis mittelfrequenz $L_C - L_A \leq 5$ dB	Geräuschkategorie L/ überwiegend tieffrequenz $L_C - L_A > 5$ dB
Brennschneider	Bagger
Dragiertrommeln	Elektro-Umformersatz
Druckluftdüsen	Elektro-Schmelzöfen
Elektronagler	Verbrennungsöfen
Gussputzarbeiten	Feuerungen
Holzbearbeitungsmaschinen	Hochofenanlagen
Honmaschinen	Kollergänge
Hydraulikpumpen	Kompressor-Anlagen
Rüttelformmaschinen	Konverter-Anlagen
Schlagschrauber	Kupolöfen
Schleifmaschinen	Metall-Druckgießmaschinen
Schmiedehämmer	Planierraupen
Trennschleifmaschinen	Strahlanlagen
Zentrifugen	

Beispiel:

Geräusch: Schleif- und Richtarbeiten

Geräuschkategorie:

Hoch- bis mittelfrequenz
also Geräuschkategorie HM.

Beurteilungspegel:

$L_{Ar} = 95$ dB(A), also "Lärmbereich".

Gehörschützer:

Es soll z.B. Gehörschutz Bilsom/Soft ausgewählt werden, mit einem in der Liste genannten Einsatzbereich für Geräuschkategorie HM von 93 bis 107 dB(A).

Beurteilung:

Der Gehörschützer Bilsom/Soft ist für den Beschäftigten an diesem Arbeitsplatz geeignet, weil der Beurteilungspegel innerhalb des Pegelbereiches liegt. Der Gehörschützer wäre auch geeignet bei gleichem Beurteilungspegel in der Geräuschkategorie L (89 bis 103 dB[A]).

In Einzelfällen kann es erforderlich sein, dass der am Ohr des Beschäftigten tatsächlich wirksame Beurteilungspegel ermittelt werden muss. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn

- der Beurteilungspegel oberhalb des empfohlenen Pegelbereiches liegt oder
- aufgrund einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung besondere Anforderungen an den Gehörschützer gestellt werden.

Einzelheiten zu diesem Auswahlverfahren sind in der BG-Regel "Einsatz von Gehörschützern" (BGR 194) beschrieben. Aus den bisherigen Ausführungen ergibt sich, dass nur Gehörschützer ausgewählt werden sollten, die in der "Positivliste" aufgeführt sind. Nur diese Gehörschützer gewährleisten eine ausreichende Schalldämmung und die Erfüllung sicherheitstechnischer Anforderungen gemäß Angaben der Hersteller oder Lieferanten. Für diese Gehörschützer liegt ein Prüfzeugnis einer anerkannten Prüfstelle mit positiver Beurteilung vor. Diese Gehörschützer sind mit dem CE-Zeichen versehen.

In der Positivliste sind auch pegelabhängig dämmende Kapselgehörschützer enthalten. Bei abgeschalteter Elektronik wirken diese Gehörschützer wie herkömmliche Kapselgehörschützer. Bei eingeschalteter Elektronik werden Schallpegel unter 80 dB(A) verstärkt und über 80 dB(A), insbesondere Impulsspitzen, gedämmt. Die Sprachfrequenzen werden nicht gefiltert, sodass die Sprachverständlichkeit bei ungleichförmigen Geräuschen gegenüber herkömmlichen Gehörschützern als besonders positiv empfunden wird.

Ähnlich positiv werden diese Gehörschützer von Beschäftigten bei Überwachungsaufgaben an Maschinen beurteilt, weil Störungen mit diesem Gehörschützer besser wahrgenommen werden.

8.4 Besondere Anforderungen bei der Auswahl von Gehörschützern

Neben den allgemeinen Auswahlkriterien sind in Einzelfällen Besonderheiten an den Einsatzorten und individuelle Belange der Beschäftigten zu beachten (Bild 8-7). Diese Besonderheiten sind in der Liste der geprüften Gehörschützer zum Teil gekennzeichnet.



Bild 8-7: Das Benutzen von Gehörschutzstöpseln erleichtert diesem Mitarbeiter das Tragen der Schutzbrille. Kapselgehörschützer wären hier problematischer

Die Signalerkennung (Sprache und akustische Gefahrensignale) kann insbesondere bei hörgeschädigten Mitarbeitern zu Schwierigkeiten führen, sofern der Gehörschutz gedankenlos ausgewählt wurde. Die Schwierigkeiten lassen sich in der Regel beseitigen, wenn Gehörschützer mit annäherungsweise frequenzunabhängiger Dämmwirkung eingesetzt werden. Das Erkennen der Signale ist im Zweifelsfall durch Hörproben sicherzustellen.

Das Richtungshören spielt bei Transportarbeiten, beim Einsatz auf Fahrzeugen, Kranen usw. oftmals eine erhebliche Rolle. Empfindet ein Mitarbeiter bei der Benutzung von Kapselgehörschützern Beeinträchtigungen, sollte er Gehörschutzstöpsel vorziehen.

Bei Brillenträgern ist besonders auf die Gestaltung der Dichtungskissen von Kapselgehörschützern zu achten. Die Kissen sollen weich und breit ausgebildet sein und vorzugsweise eine Luft- oder Flüssigkeitsfüllung enthalten. Eng am Kopf anliegende schmale Bügel der Brillen vermindern das Risiko einer Undichtigkeit. Hier sind im Allgemeinen Gehörschutzstöpsel vorzuziehen.

Der Hygiene muss ausreichend Aufmerksamkeit geschenkt werden, um Infektionen im Gehörgang zu vermeiden. Bei der mehrfachen Benutzung von Gehörschutzstöpseln ist eine regelmäßige Reinigung nach dem Gebrauch erforderlich. Die Stöpsel müssen während der Arbeitspausen in einer geschlossenen Verpackung aufbewahrt und dürfen nur mit sauberen Fingern eingesetzt werden. Kommt es trotzdem zu Pilzinfektionen im Gehörgang, sollten Gehörschutzstöpsel ausgewählt werden, die für eine ausreichende Belüftung des Gehörganges sorgen und die entstehende Feuchtigkeit aufnehmen oder abführen. Geeignet sind in diesen Fällen Gehörschutzwatte mit perforierter Folie oder Stöpsel mit offenporigem Schaum.

Dichtungskissen von Kapselgehörschützern sind gleichermaßen – möglichst täglich – nach den Anweisungen des Herstellers zu reinigen. Darüber hinaus müssen Dichtungskissen austauschbar sein, weil sie nach der vom Hersteller angegebenen Gebrauchsdauer nicht mehr die erforderliche Dämmung aufweisen und ersetzt werden müssen.

Bei großer Hitze an den Arbeitsplätzen kann die Dämmwirkung der Gehörschützer vermindert werden. Alle Gehörschützer mit dem Kennbuchstaben "H" sind beständig gegen Temperaturen bis zu 60 °C. Bis zu dieser Temperatur lässt also bei Kapselgehörschützern die Andruckkraft des Bügels nicht wesentlich nach, sodass die Dämmwirkung nicht gemindert ist.

Bei tiefen Temperaturen an den Einsatzorten könnte die Schutzwirkung der Gehörschützer fraglich werden. Für derartige Sonderfälle stehen ebenfalls geeignete Stöpsel und Kapselgehörschützer zur Verfügung. Gehörschützer, die mit einem "L" in der Spalte "Bemerkungen" gekennzeichnet sind, sind beständig gegenüber tiefen Temperaturen bis -20 °C.

Geprüfte Gehörschützer haben alle die Prüfung auf Entflammbarkeit bestanden; dies wird nicht gesondert ausgewiesen.

Bei sehr hohen Beurteilungspegeln mit überwiegend tief- und mittelfrequenten Anteilen kann eine Kombination aus Stöpseln und Kapseln erforderlich sein. So wird eine höhere Schalldämmung erreicht. Dabei ist zu beachten, dass eine Addition der einzelnen Dämmwerte nicht zulässig und eine Faustformel zur Berechnung der Kombination nicht bekannt ist (siehe "Positivliste" geprüfter Gehörschützer). In diesen Sonderfällen sollte sich das Unternehmen an die Berufsgenossenschaft wenden.

8.5 Gewöhnung und Akzeptanz

An Lärm kann man sich angeblich leicht gewöhnen, an Gehörschützer weniger. Der Gewöhnung an Lärm liegt eine Selbsttäuschung zugrunde; die Betroffenen haben nämlich schon einen Gehörschaden erlitten und nehmen den Lärm deshalb nicht mehr in voller Stärke auf.

Eine einfache Skizze (Bild 8-8) macht deutlich, dass man sich an Gehörschutz gewöhnen kann, wenn man die Benutzungsdauer täglich ausdehnt. Schon nach relativ kurzer Zeit wird der Lärm als lästiger empfunden als der Gehörschutz.

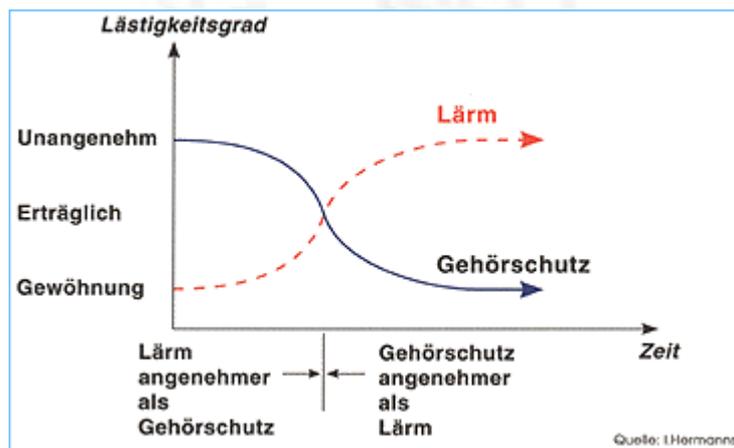


Bild 8-8: Gewöhnung an Gehörschutz (nach I. Hermanns)

Problematisch ist die Benutzung von Gehörschutz bei unterbrochener Lärmeinwirkung. Dann fehlten oftmals die Übung und die Gewöhnung oder der Gehörschutz ist nicht griffbereit, wenn der Lärm einsetzt. Zudem wird kurzzeitige Lärmeinwirkung unterschätzt.

Dass Lärm mit 100 dB(A) über 15 Minuten so gehörschädigend wirkt wie Lärm mit 85 dB(A) über 8 Stunden, haben wir bereits gesehen. Wenn diese 15 Minuten nun noch in mehrere Lärmphasen aufgesplittet sind, führt es häufig zur Nichtbenutzung von Gehörschützern.

Auch das gelegentliche Absetzen des Gehörschützers im Lärmbereich kann sich gehörschädigend auswirken.

Dies soll an folgendem Beispiel verdeutlicht werden:

In der Fertigungshalle beträgt der Beurteilungspegel 96 dB(A). Der Mitarbeiter benutzt einen Kapselgehörschützer mit einer Dämmung von 19 dB(A). Er wird regelmäßig aufgesetzt, jedoch bei Gesprächen mit Vorgesetzten und Kollegen, beim Gang zur Werkzeugausgabe oder ähnlichen Tätigkeiten abgenommen.

Im Bild 8-9 ist der Lärmpegel am Ohr unter dem Gehörschutz in Abhängigkeit von der Tragedauer dargestellt. Das Bild 8-9 veranschaulicht, dass bereits 30 Minuten Dauerlärm ohne Gehörschutz genauso gehörschädigend wirkt, wie achtstündiger Dauerlärm von 85 dB(A).

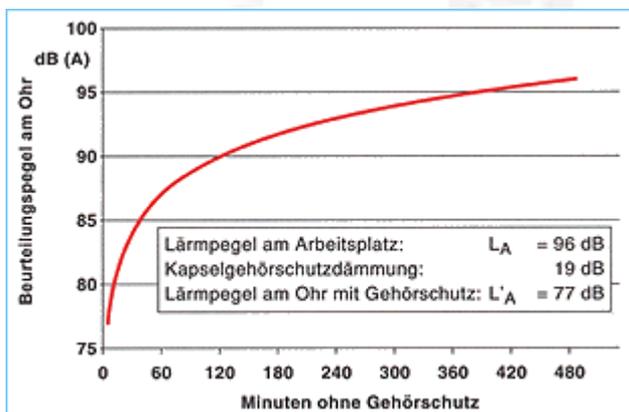


Bild 8-9: Effektive Schalldämmung eines Gehörschützers (Beispiel)

9 Gehör-Vorsorgeuntersuchungen

Durch Gehör-Vorsorgeuntersuchungen soll sichergestellt werden, dass Lärmschwerhörigkeiten nicht entstehen oder sich verschlimmern. Sie ermöglichen darüber hinaus eine individuelle Beratung der Mitarbeiter durch einen Facharzt.

9.1 Gesetzliche Grundlagen

Rechtsgrundlage für die Vorsorgeuntersuchungen ist die Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (BGV A4). Danach müssen alle Beschäftigten, die "Tätigkeiten im Lärm" ausüben, durch Vorsorgeuntersuchungen überwacht werden. Diese Untersuchungen dürfen nur von ermächtigten Ärzten vorgenommen werden. Der Unternehmer hat die Kosten der Untersuchungen zu tragen.

Der Begriff "Tätigkeit im Lärm" ist in der BGV A4 für jede Tätigkeit in einem Bereich mit einem Beurteilungspegel von 85 dB(A) oder mehr festgelegt (Lärmbereich). Damit fallen auch Beschäftigte unter die Vorsorgeuntersuchungen, die nur zeitweise oder vorübergehend in Lärmbereichen tätig sind.

Angaben über Art und Umfang der durchzuführenden Untersuchungen, über die bei der Beurteilung anzuwendenden Kriterien und einzusetzenden Messgeräte (Audiometer) enthält der "Berufsgenossenschaftliche Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen" G 20 "Lärm". Dieser Grundsatz ist verbindlich, er ist praktisch als "allgemein anerkannte Regel der Arbeitsmedizin" anzusehen.

9.2 Untersuchungsarten und Fristen

Es wird unterschieden zwischen der Erstuntersuchung, die vor Aufnahme der Tätigkeit mit gehörschädigendem Lärm durchzuführen ist und Nachuntersuchungen während dieser Tätigkeit.

Bei beiden Untersuchungsarten wird wiederum unterschieden zwischen dem Siebstest und der Ergänzungsuntersuchung. In beiden Fällen wird ein Tonaudiogramm erstellt (Bild 9-1). In Sonderfällen kann bei Ergänzungsuntersuchungen, die im Rahmen von Nachuntersuchungen durchgeführt werden, eine "Erweiterte Ergänzungsuntersuchung" erforderlich sein.

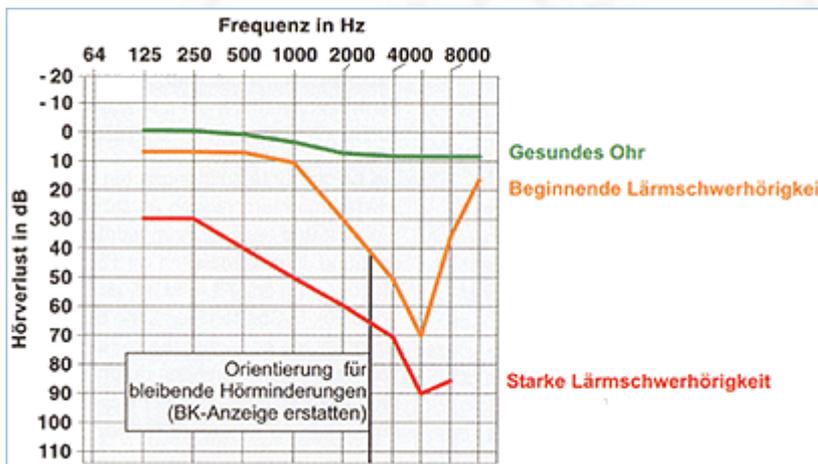


Bild 9-1: Tonschwellenaudiogramm (Siebstest)

Nachuntersuchungen unterscheiden sich von der Erstuntersuchung nur in der Beurteilung, nicht in der Durchführung. Der Siebstest besteht außer in der Beantwortung von anamnestischen Fragen in der Aufnahme eines Ton-Luftleitungsaudiogramms bei den Frequenzen 1 bis 6 kHz.

Er ist insofern kein eigentlicher Siebstest im Sinne einer einfachen Ja-Nein-Entscheidung, denn er führt auch zur Feststellung der Luftleitungshörschwelle. Für den Fall, dass der Siebstest Anhaltspunkte gibt, dass das Gehörempfinden wesentlich beeinträchtigt ist bzw. sich gegenüber der Voruntersuchung verschlechtert hat, folgt eine Ergänzungsuntersuchung. Eine erweiterte Ergänzungsuntersuchung kann erforderlich sein, wenn bei einer Nachuntersuchung "dauernde gesundheitliche Bedenken" erwogen werden.

Der Siebstest kann von hierfür besonders ausgebildeten Hilfskräften unter Leitung und Aufsicht eines ermächtigten Arztes vorgenommen werden. Die Ergänzungsuntersuchung darf nur der ermächtigte Arzt selbst durchführen.

Bei den Untersuchungsfristen sind im Wesentlichen drei Termine zu beachten

- **Erstuntersuchung:**
vor der Beschäftigung im Lärmbereich,
- **erste Nachuntersuchung:**
spätestens nach 12 Monaten,
- **weitere Nachuntersuchungen:**
spätestens nach 36 Monaten bei Beurteilungspegeln ab 90 dB(A) und
spätestens nach 60 Monaten bei Beurteilungspegeln von 85 bis 89 dB(A).

Die Fristen können im Einzelfall verkürzt werden. Eine Verkürzung der Fristen kann sich ergeben, wenn ein Verdacht auf ein gesundheitliches Risiko bis zum sonst üblichen nächsten Untersuchungstermin besteht.

9.3 Arbeitsmedizinische Kriterien und Dokumentation

Der ermächtigte Arzt bescheinigt das Untersuchungsergebnis nach den in den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen verwendeten Kriterien:

- keine gesundheitlichen Bedenken,
- keine gesundheitlichen Bedenken unter bestimmten Voraussetzungen,
- befristete gesundheitliche Bedenken
oder
- dauernde gesundheitliche Bedenken.

Der Unternehmer erfährt aus Gründen der ärztlichen Schweigepflicht und des Datenschutzes nur die o. g. Ergebnisse der Untersuchung, nicht jedoch die Befunde.

Für den Fall gesundheitlicher Bedenken hat der Unternehmer dem ermächtigten Arzt ausdrücklich aufzufordern,

- ihm schriftlich eine Überprüfung des Arbeitsplatzes zu empfehlen, wenn der Mitarbeiter infolge der Arbeitsplatzverhältnisse gefährdet erscheint und
- den Mitarbeiter in schriftlicher Form medizinisch zu beraten, z.B. Verhaltensempfehlungen, Empfehlungen bestimmter medizinischer Maßnahmen, Aufforderung zum Aufsuchen eines niedergelassenen Arztes.

Der Unternehmer darf den Mitarbeiter bei gesundheitlichen Bedenken infolge der Arbeitsplatzverhältnisse nur beschäftigen oder weiter beschäftigen, wenn die Wirksamkeit aller zum Gesundheitsschutz getroffenen Maßnahmen (siehe § 2 Unfallverhütungsvorschrift "Grundsätze der Prävention" [BGV A1]) an dem Arbeitsplatz überprüft worden ist und die Bedenken nicht mehr bestehen. Der Unternehmer hat hierüber sowohl die Betriebsvertretung als auch die Berufsgenossenschaft zu unterrichten.

Dokumentiert werden die Untersuchungen auf folgenden Formularen:

- Untersuchungsbogen "Lärm I"
(Siebtest),
- Untersuchungsbogen "Lärm II"
(Ergänzungsuntersuchung),

- Untersuchungsbogen "Lärm III" (Erweiterte Ergänzungsuntersuchung),
- ärztliche Bescheinigung,
- Gesundheitskartei.

Die Untersuchungsbögen "Lärm I", "Lärm II" und "Lärm III" verbleiben beim Arzt und dienen der Verlaufskontrolle. Nur der Beschäftigte kann von den hier eingetragenen Untersuchungsbefunden auf Verlangen Kenntnis erlangen. Die ärztliche Bescheinigung mit dem Ergebnis der Untersuchung erhält der Unternehmer und führt danach die Gesundheitskartei.

Scheidet ein Beschäftigter aus dem Unternehmen aus, müssen ihm die ärztliche Bescheinigung und die Gesundheitskartei ausgehändigt werden.

Bild 9-2: Übersicht über Gehör-Vorsorgeuntersuchungen nach Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (BGV A4) und dem Grundsatz G 20 "Lärm"

	Erstuntersuchung	Nachuntersuchungen		
		Erste Nachuntersuchung	Weitere Nachuntersuchungen	
Beurteilungspegel L_{Ar} in dB	≥ 85	≥ 85	≥ 90	≥ 85 < 90
Untersuchungsfristen	vor Aufnahme der Tätigkeit	nach 12 Monaten	nach 36 Monaten	nach 60 Monaten
mögliche Untersuchungsarten	Siebttest – Lärm I Ergänzungsuntersuchung – Lärm II	Siebttest – Lärm I Ergänzungsuntersuchung – Lärm II Erweiterte Ergänzungsuntersuchung – Lärm III		
arbeitsmedizinische Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> • dauernde gesundheitliche Bedenken • befristete gesundheitliche Bedenken • keine gesundheitlichen Bedenken unter bestimmten Voraussetzungen • keine gesundheitlichen Bedenken 			
Befunddokumentation	Untersuchungsbogen ärztliche Bescheinigung Gesundheitskartei Nachweis über Gehöruntersuchungen			
Beratung	Beratung zum persönlichen Gehörschutz			

9.4 Lärmpause, Untersuchungsraum und Beratung durch den Arzt

Vor einer Untersuchung soll das Gehör mindestens 14 Stunden lang nicht unter Schalleinwirkung mit einem Mittelungspegel $L_{Aeq} > 80$ dB gestanden haben. Dies kann in der Regel durch die Benutzung ausreichenden Gehörschutzes vor der Untersuchung gewährleistet werden.

Um ein unverfälschtes Audiogramm aufnehmen zu können, darf die Untersuchung nicht durch Störlärm beeinträchtigt werden. Sind die leisen Prüftöne des Audiometers durch Umgebungsgeräusche verdeckt, werden zu große Hörverluste vorgetäuscht. Das kann zu an sich überflüssigen Ergänzungsuntersuchungen und damit zu unnötigen Kosten führen. Der Siebttest wird mit schalldämmenden Kopfhörern durchgeführt, sodass hierfür keine stationären Hörprüfkabinen oder -räume erforderlich sind. Dieser Test kann auch in Hörprüfkabinen auf Audiomobilen oder in ruhigen Räumen im Unternehmen (Bild 9-3) durchgeführt werden.



Bild 9-3: Gehör-Vorsorgeuntersuchung im Betriebsbüro eines Ausbesserungswerkes für Güterwagen

Bei Ergänzungsuntersuchungen werden an die Störfreiheit des Untersuchungsraumes hohe Anforderungen gestellt. Deshalb können diese Untersuchungen im Allgemeinen nur in Hörprüfkabinen beim Arzt durchgeführt werden. Diese Untersuchung fällt zahlenmäßig zwar nicht häufig an, ist jedoch kostenintensiv. Unnötigerweise werden diese Kosten verursacht, wenn der Siebtest durch Störschall nicht regulär durchgeführt werden konnte oder wenn das Gehör zum Zeitpunkt des Tests vertäubt war. Mit einer Vertäubung ist zu rechnen, wenn der Beschäftigte vor dem Test unter Lärmeinwirkung bzw. ohne die Benutzung von Gehörschutz gearbeitet hat.

Eine wichtige Aufgabe des Arztes bei den Gehör-Vorsorgeuntersuchungen ist die Beratung des Probanden über die Art und Benutzung des Gehörschutzes. Grundlage dieser Beratung ist der bisher benutzte Gehörschützer, deshalb sollten die Beschäftigten ihren Gehörschutz zur Untersuchung mitbringen. So sollen Gehör-Vorsorgeuntersuchungen auch dazu beitragen, die Beschäftigten zu motivieren, konsequent geeignete Gehörschützer zu benutzen.

10 Vorschriften und Regeln

10.1 Unfallverhütungsvorschriften

- "Grundsätze der Prävention" (BGV A1)
- "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (BGV A4)
- "Lärm" (BGV B3)

(Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft
oder
Carl Heymanns Verlag KG,
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

10.2 BG-Regeln, BG-Informationen und sonstige Schriften

- "Einsatz von Gehörschützern" (BGR 194)
- "Tragen von Gehörschützern bei der Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr" (BGI 673)
- "Geräuschminderung in Fertigungshallen; Grundlagen und Auswahlkriterien zur Schallabsorption" (LSA 01-234) (BGI 674)
- "Geräuschminderung im Betrieb; Lärmminderungsprogramm nach § 6 Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“" (LSA 01-305) (BGI 675)
- "Geräuschminderung in der Antriebstechnik; Lärmgeminderte Zahnriementriebe" (LSA 01-310) (BGI 676)
- "Geräuschminderung in Fertigungshallen; Anwendungsbeispiele raumakustisch optimierter Fertigungsräume" (LSA 02-234) (BGI 678)
- "Geräuschminderung bei der Fertigung; Lärmarme Technologien und Arbeitsverfahren; Metallerzeugung und -verarbeitung" (LSA 02-300) (BGI 679)
- "Geräuschminderung an pneumatischen Anlagen; Geräuschgeminderte Druckluftdüsen; Marktübersicht, Schallpegel, Blaskraft und Luftverbrauch aus Labormessungen" (LSA 05-351) (BGI 680)
- "Geräuschminderung an pneumatischen Anlagen; Geräuschgeminderte Druckluftdüsen; Anwendungsbeispiele aus der betrieblichen Praxis" (LSA 06-351) (BGI 681)
- "Geräuschminderung an Arbeitsplätzen; Bezugsquellen für Werkstoffe, Bauelemente und Werkzeuge" (LSI 01-200) (BGI 682)
- "Geräuschmessung an Arbeitsplätzen; Bezugsquellen für Messgeräte" (LSI 01-400) (BGI 683)
- "Vorsorgeuntersuchungen bei Beschäftigten in Lärmbereichen; Hörprüfräume und -kabinen" (LSI 01-820) (BGI 684)
- "Vorsorgeuntersuchungen bei Beschäftigten in Lärmbereichen; Audiometer" (LSI 02-820) (BGI 685)
- "Gehörschutz-Kurzinformation für Personen mit Hörverlust" (BGI 686)
- "Geräuschminderung bei der spanabhebenden Metallbearbeitung; Lärmgeminderte Schleifscheiben" (LSI 01-320) (BGI 760)

- "Gehörschutz-Kurzinformation"
Herausgeber: Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften
- "Geräuschkinderung durch Kapselung; Hinweise zur Gestaltung von Kapseln einfacher Bauart" (LSA 01-243) (BGI 789)
- "Geräuschkinderung an hydraulischen Anlagen; Schalldämpfer an Auslässen für verunreinigte Druckluft" (LSA 04-351) (BGI 792)
- "Geräuschkinderung bei der Montage; Lärmgeminderte mechanische Schrauber" (LSA 01-330) (BGI 793)
- "Geräuschkinderung an Arbeitsplätzen; Lärmschutz bei Strahlarbeiten" (LSA 01-300) (BGI 795)
- "Geräuschkinderung bei der Montage; Rückschlagfreie Kunststoffhämmer" (LSA 02-330) (BGI 796)
- "Geräuschkinderung in Fertigungshallen; Schallausbreitungsminderung, Reflexionsbedingte Schallpegelerhöhung, Messverfahren" (LSA 03-234) (BGI 797)
- "Ärztliche Beratung zum Gehörschutz" (BGI 823)

(Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft
oder
Carl Heymanns Verlag KG,
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

10.3 BG-Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

- Grundsatz G 20 "Lärm"

10.4 Gesetze und Verordnungen

- "Arbeitsstättenverordnung" (ArbStättV) vom 23. März 1975
- "Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm" (TA Lärm) vom 26. August 1998
- "Maschinenlärminformations-Verordnung" (3. GSGV) vom 18. Januar 1991
- "Arbeitsschutzgesetz" (ArbSchG) vom 7. August 1996

(Bezugsquelle: Carl Heymanns Verlag KG,
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln)

10.5 DIN-Normen

- DIN EN 352 "Gehörschützer; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen; ..."
Teil 1/10.93 ... Kapselgehörschützer,
Teil 2/10.93 ... Gehörschutzstöpsel,
Teil 3/02.97 ... Gehörschützer in Kombination mit Industrie-Schutzhelmen,
Teil 4/04.01 ... Pegelabhängig dämmende Kapselgehörschützer
- DIN EN 457/04.92 "Sicherheit von Maschinen; Akustische Gefahrensignale; Allgemeine Anforderungen, Gestaltung und Prüfung"
- DIN EN 458/03.94 "Gehörschützer; Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung"

- DIN EN ISO 11 688/10.98 "Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Maschinen und Geräte"
 - DIN EN ISO 11690 "Richtlinien für die Gestaltung maschinenbestückter Arbeitsstätten"
Teil 1/02.97 Allgemeine Grundlagen,
Teil 2/02.97 Lärminderungsmaßnahmen,
Teil 3/01.99 Schallausbreitung und Vorausberechnung der Geräuschsituation
 - DIN 1318/09.70 "Lautstärkepegel; Begriffe, Messverfahren"
 - DIN 1320/06.97 "Akustik; Grundbegriffe"
 - DIN 4109/11.89 "Schallschutz im Hochbau"
 - DIN 46 630 Teil 1/12.71 "Grundlagen der Schallmessung; Physikalische und subjektive Größen von Schall"
 - DIN 45 630 Teil 2/09.67 "Normalkurven gleicher Lautstärkepegel"
 - DIN 45 635 und Folgeteile/04.84 u.a. "Geräuschmessung an Maschinen; Luftschallemission, Hüllflächen-Verfahren; Rahmenverfahren für 3 Genauigkeitsklassen"
 - DIN 45 641/06.90 "Mittelung von Schallpegeln"
 - DIN 45 645 Teil 2/07.97 "Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen; Geräuschmissionen am Arbeitsplatz"
 - DIN EN 60 651/05.94 "Schallpegelmesser"
 - DIN EN 60 804/01.02 "Integrierende mittelwertbildende Schallpegelmesser"
 - DIN EN 61 672 Teil 1/10.03 "Schallpegelmesser; Anforderungen"
- (Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH,
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin)

10.6 VDI-Richtlinien

- VDI 2058 Blatt 2/06.88 "Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung"
- VDI 2058 Blatt 3/02.99 "Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten"
- VDI 2062 Blatt 2/01.76 "Schwingungsisolierung; Isolierelemente"
- VDI 2081/03.83 "Geräuscherzeugung und Lärminderung in raumlufttechnischen Anlagen"
- VDI 2159/07.85 "Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Getriebegeräusche"
- VDI 2560/12.83 "Persönlicher Schallschutz"
- VDI 2561/07.68 "Die Geräuschemission von Gesenk- und Freiformschmieden und Maßnahmen zu ihrer Minderung"
- VDI 2566 "Schallschutz an Aufzugsanlagen..."
Blatt 1/12.01 ...mit Triebwerksraum
Blatt 2/08.01 ...ohne Triebwerksraum
- VDI 2711/06.78 "Schallschutz durch Kapselung"

- VDI 2714/01.88 "Schallausbreitung im Freien"
- VDI 2719/08.87 "Schalldämmung von Fenstern und Zusatzeinrichtungen"
- VDI 2720 Blatt 1/03.97 "Schallschutz durch Abschirmung im Freien"
- VDI 2720 Blatt 2/04.83 "Schallschutz durch Abschirmung in Räumen"
- VDI 2720 Blatt 3/02.83 "Schallschutz durch Abschirmung im Nahfeld; teilweise Umschließung"
- VDI 3720 Blatt 2/11.82 "Lärmarm konstruieren; Beispielsammlung"
- VDI 3723 Blatt 1/05.93 "Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung schwankender Geräuschmissionen"
- VDI 3723 Blatt 2/10.95 "Kennzeichnung von Geräuschmissionen; Erläuterung von Begriffen zur Beurteilung von Lärm in der Nachbarschaft"
- VDI 3727 Blatt 1/02.84 "Schallschutz durch Körperschalldämpfung; Physikalische Grundlagen und Abschätzungsverfahren"
- VDI 3727 Blatt 2/11.84 "Anwendungshinweise"
- VDI 3729 u.a. "Emissionskennwerte technischer Schallquellen"
- VDI 3733/07.96 "Geräusche bei Rohrleitungen"
- VDI 3752 Blatt 1/07.93 "Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Werkzeugmaschinen; Pressen zum Schneiden von Blech (Schneidpressen)"
- VDI 3755/02.00 "Schalldämmung und Schallabsorption abgehängter Unterdecken"
- VDI 3759/07.86 "Lärminderung beim Transport von Blechen, Profilen, Hohlkörpern"
- VDI 3760/02.96 "Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen"

(Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH,
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin)

10.7 Videos/CDs

- "Hör mal...mit Gehörschutz", 1988 (16 Minuten)
- "Lärmbekämpfung am Arbeitsplatz – Blech verarbeitender Betrieb", 1981 (40 Minuten)
- "Damit Hörens Wertes hörbar bleibt", 1993 (22 Minuten)
- "Lärm und Gehörschutz. Ein Lehr- und Lernprogramm auf Audio-CD", 1995 (60 Minuten)

(können bei Ihrer Berufsgenossenschaft ausgeliehen werden; Laufzeit [... Minuten])

10.8 Literatur

- BAU
"Produkte zur Lärminderung", Luftschallabsorbierende Werkstoffe; Bauteile und Systeme
– Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln 1995
- BAU
"Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, Forschungsergebnisse für die Praxis"
– Lärminderung – Beispielsammlung
– Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund
- BAU
"Geräuschangaben für Maschinen – Informationen für den Maschineneinkauf"
– Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 1998
- BIA
"BIA-Handbuch" Ergänzbare Sammlung der sicherheitstechnischen Informations- und Arbeitsblätter für die betriebliche Praxis
– Erich Schmidt Verlag, Bielefeld
- "BIA-Report" (7/94) Schalldämmung durch Abschirmungen aus Absorptionsmaterial
– Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin 1994
- Brokmann
"Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz", Messtechnisches Taschenbuch für den Betriebspraktiker
– Verlag J. P. Bachem, Köln 1994
- Christ/Fischer
"Lärminderung an Arbeitsplätzen", Grundlagen für Sicherheitsfachkräfte und Unternehmenspraxis, Leitfaden für Aus- und Fortbildung
– Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1999
- G. Neugebauer u.a.
"Der Mensch im Lärm"
– Verlag Technik & Information e.K., Bochum 1999
- G. Neugebauer
"Lärmmessung im Betrieb"
– Verlag Technik & Information e.K., Bochum 2001
- G. Neugebauer
"Lärminderungsprogramme im Arbeitsschutz"
– Verlag Technik & Information e.K., Bochum 1996
- Hoffmann/v. Lüpke/Maue
"0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel"
Einführung in die Grundbegriffe und die quantitative Erfassung des Lärms
– Erich Schmidt Verlag, Berlin 2003

- Jungkind/Nohl
"Handlungshilfe Lärm",
Anwendungsorientierte Erfassung und Beurteilung von Lärmimmissionen im Betrieb
– Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln 1986
- K.-P. Schmidt
"Grundwissen der Konstruktionsakustik",
– ILK Institut für lärmarme Konstruktion, Mettmann 1979
- ZfS
"Lärminderung durch raumakustische Maßnahmen", Präventiver Lärmschutz für Neu- und Umbauten von Werkhallen durch Verwendung schallabsorbierender Baustoffe
– Herausgeber: Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Strahlenschutz und Kerntechnik des Landes Nordrhein-Westfalen (ZfS), Düsseldorf 1986
- Nötel
"Handbuch PSA"
Ecomed Verlag Fortsetzungsbezug



Anhang 1

Bericht zur Geräuschmessung – Geräuschimmission (Muster)

Unternehmen :
 Veranlassung :
 Tag der Messung :
 Teilnehmer :
 Bearbeiter :
 Messort :
 Messausrüstung :
 Kalibrator :
 Zeitbewertung :
 Grundgeräusch :
 Fremdgeräusch :

- Messung: personen-/ortsbezogen¹⁾

Messpunkt	Arbeitsbereich	Max. Pegel	Mittelungs- pegel	Teilzeit	Beurteilungs- pegel	Impuls- haltigkeit
Lfd.-Nr.	Maschine Tätigkeit	L _A max in dB	L _A Seq ¹⁾ L _A F _{eq} ¹⁾ in dB	T _I [min] ¹⁾ [h] ¹⁾	L _{Ar} in dB	K _I in dB
Bemerkungen (Betriebszustand, Besonderheiten, Genauigkeitsklassen, Ermittlungsunsicherheit)						
Datum: Unterschrift:						

1) Nichtzutreffendes streichen

Anhang 2

Hilfsgröße g_i und ΔL_m für g_m

Tabelle 1	
ΔL in dB	g_i
40	10 000
39	8 000
38	6 300
37	5 000
36	4 000
35	3 200
34	2 500
33	2 000
32	1 600
31	1 300
30	1 000
29	800
28	630
27	500
26	400
25	320
24	250
23	200
22	160
21	130
20	100
19	80
18	63
17	50
16	40
15	32
14	25
13	20
12	16
11	13
10	10
9	8,0
8	6,3
7	5,0
6	4,0
5	3,2
4	2,5
3	2,0
2	1,6
1	1,3
0	1,00
-1	0,80
-2	0,63
-3	0,50
-4	0,40
-5	0,32
-6	0,25
-7	0,20
-8	0,16
-9	0,13
-10	0,10

Tabelle 2	
g_m	ΔL_m in dB*)
8 910	39
7 080	38
5 620	37
4 470	36
3 550	35
2 820	34
2 240	33
1 780	32
1 410	31
1 120	30
891	29
708	28
562	27
447	26
355	25
282	24
224	23
178	22
141	21
112	20
89,1	19
70,8	18
56,2	17
44,7	16
35,5	15
28,2	14
22,4	13
17,8	12
14,1	11
11,2	10
8,91	9
7,08	8
5,62	7
4,47	6
3,55	5
2,82	4
2,24	3
1,78	2
1,41	1
1,12	0
0,891	-1
0,708	-2
0,562	-3
0,447	-4
0,355	-5
0,282	-6
0,224	-7
0,178	-8
0,141	-9
0,112	-10

*) Jeder Pegelwert gilt für den Bereich zwischen den versetzt angeordneten g_m -Werten

Anhang 3 Schallpegelmittelung

1	2	3	4	5	6	7
Messpunkt Arbeitsplatz oder Tätigkeit	Mittelungspegel $L_{Aeq,i}^{(1)}$ $L_{Aeq,i}^{(1)}$ in dB	Bezugspegel L_0 in dB	Pegeldifferenz ΔL $= L - L_0$ in dB	Teilzeit T_i [min] ¹⁾ [h] ¹⁾	Gewichtsfaktor g_i aus Tabelle 1	$g_i \cdot T_i$
$N = \text{Zahl } L$			$T_M = \sum T_i$		$\sum g_i \cdot T_i$	

$$g_m = \frac{\sum g_i}{N} / \frac{\sum g_i \cdot T_i^{(1)}}{T_M} = \frac{\quad}{\quad} =$$

ΔL_m für g_m aus Tabelle 2 : $\Delta L_m = \quad$ dB

$$\begin{aligned} \text{Mittelungspegel } L_m &= L_0 + \Delta L_m \\ &= \quad + \quad \text{dB} \end{aligned}$$

$$L_{Aeq}^{(1)} / L_{Aeq}^{(1)} = \underline{\underline{\quad}} \text{ dB}$$

1) Nichtzutreffendes streichen

Anhang 5

Berechnung des Beurteilungspegels

1	2	3	4	5	6	7	8
Messpunkt Arbeitsplatz oder Tätigkeit	Mittelungspegel $L_{Aeq,i}^{1)}$ in dB	Mittelungspegel $L_{Aeq,i}^{1)}$ in dB	Bezugspegel L_0 in dB	Pegeldifferenz ΔL $= L - L_0$ in dB	Teilzeit T_i [min] ¹⁾ [h] ¹⁾	Gewichtsfaktor g_i aus Tabelle 1	$g_i \cdot T_i$
					$\Sigma T_i^{2)}$		$\Sigma g_i \cdot T_i$

Beurteilungszeit $T_r =$ [min], [h]³⁾

$$g_m = \frac{\Sigma g_i \cdot T_i}{T_r} = \text{---} =$$

ΔL_m für g_m aus Tabelle 2 : $\Delta L_m =$ dB

Beurteilungspegel $L_{Aeq,8h}/L_{Aeq,8h}^{1)} = L_0 + \Delta L_m =$ + dB

$L_{Aeq,8h} =$ dB (L_{Ar} energieäquivalent)¹⁾

$L_{Aeq,8h} =$ dB (L_{Ar} impulsbewertet)¹⁾

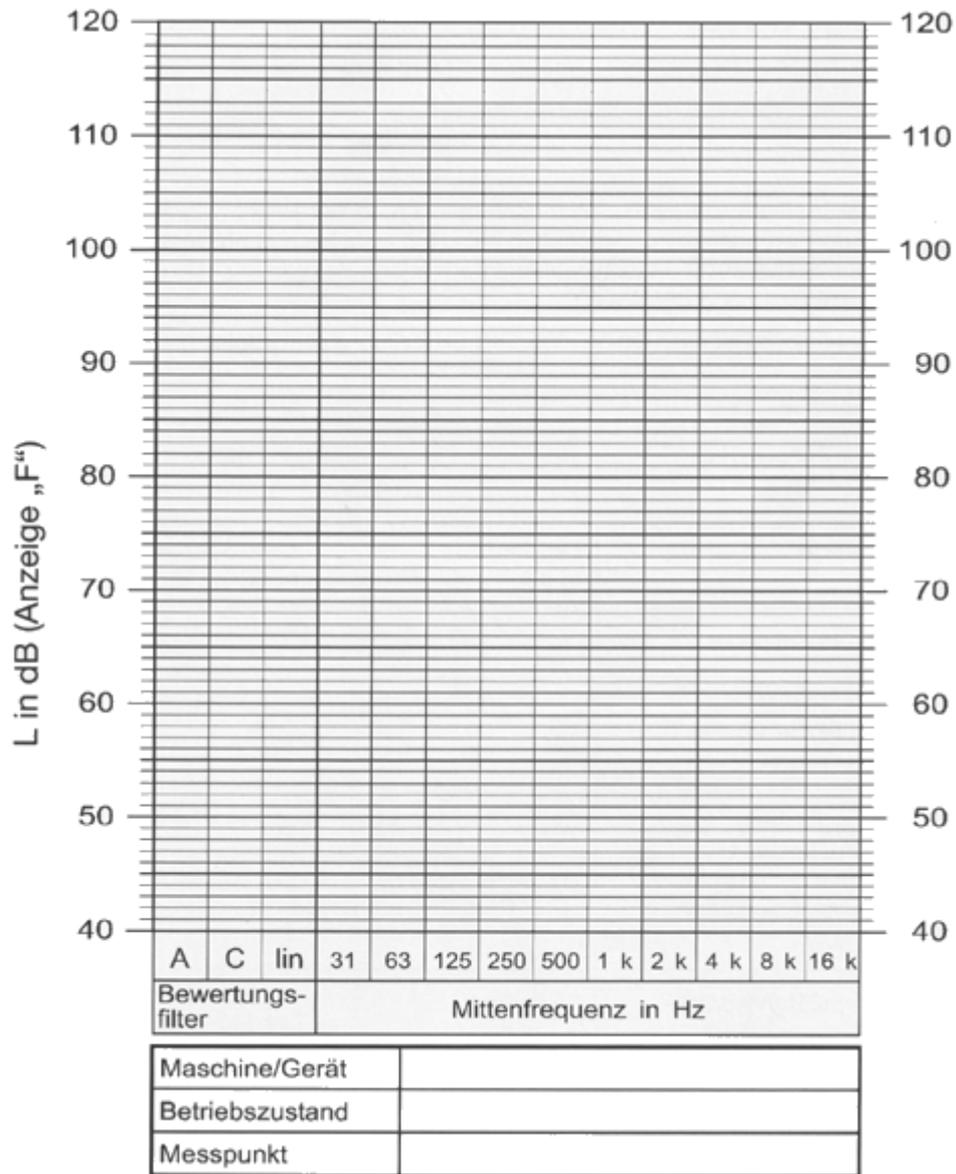
1) Nichtzutreffendes streichen

2) ΣT_i kann größer oder kleiner als T_r sein

3) Im Allg. 8h oder 480 min pro Tag; in Ausnahmefällen auch 40h pro Woche

Anhang 6

Oktav-Frequenzanalyse



Anhang 7

Bestellschreiben – Geräuschemission

(Muster für Auftragsvergabe)

Zulässige Geräuschemission

Bezeichnung (Maschine, Anlage, Gerät, Zusatzaggregat):

Das Arbeitsmittel muss nach den fortschrittlichen, in der Praxis bewährten Regeln der Lärminderungstechnik beschaffen sein (§ 3 Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“ [BGV B 3]). Siehe auch „Maschinenlärminformations-Verordnung“ (3. GSGV) sowie „Maschinenverordnung“ (9. GSGV).

Die Schallemission ist nach DIN 45 635, DIN EN ISO ... zu ermitteln.

Betriebsbedingungen: _____

Arbeitsplatz (Messpunkt): _____

Grenzwerte	Leerlauf in dB	Last/Bearbeitung in dB
Schalleistungspegel L_{WA}		
Arbeitsplatzbezogener Emissionswert L_{pA}	70/.....*)	70/.....*)
1 m-Messflächen- Schalldruckpegel L_{pA}	70/.....*)	70/.....*)
Impulshaltigkeit K_I		
Max. Impulsschalldruck- pegel L_{AImax}		
Toleranz für Grenzwerte		

*) Nichtzutreffendes streichen

Anhang 8

Bestellschreiben – Geräuschemission (Muster für Auftragsvergabe)

Zulässige Geräuschemission

Bezeichnung (Maschine, Anlage, Gerät, Zusatzaggregat):

Das Arbeitsmittel muss nach den fortschrittlichen, in der Praxis bewährten Regeln der Lärminderungstechnik beschaffen sein (§ 3 Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“ [BGV B 3]).

Der gemäß DIN 45 645 gemessene Mittelungspegel L_{Aeq}/L_{Aeq}^*) darf an allen Messpunkten/am Arbeitsplatz des Bedieners*) betragen:

nicht mehr als ____ dB/nicht mehr als 81 dB*).

Lage der Messpunkte (Messstellenplan):

Betriebsbedingungen (Last, Bearbeitung, Leerlauf, Arbeitszyklen):

Aufstellungsort (nach Lageplan):

Sonstige Hinweise (z. B. Umgebungseinflüsse, Fremdgeräusche, zusätzliche Lärm-minderungsmaßnahmen, Genauigkeitsklasse/Ermittlungsunsicherheit):

*) Nichtzutreffendes streichen