

209-023

DGUV Information 209-023



Lärm am Arbeitsplatz

kommmit** mensch** ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter www.kommmitmensch.de

Impressum

Herausgegeben von: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Fertigungsgestaltung, Akustik, Lärm und Vibrationen des Fachbereichs Holz und Metall der DGUV

Ausgabe: November 2021

Satz und Layout: Atelier Hauer + Dörfler, Berlin

Bildnachweis: Titelbild, Abb. 6a–6c, 8, Abb.: ©Axel Kock – stock.adobe.com; Abb. 1–5, 7, 9–12, 17–21, 24, 26, 28–30, 32–36, 40, 42, 44–47, 49: © BGHM; Abb. 22: © BGN, Mattke; Abb. 13, 25: © BGHW; Abb. 14–15: © BGHM, Leidlo; Abb. 16: © Thomas Schmidt; Abb. 23a, 23b: © DGUV; Abb. 27: © BMW AG, Mäurer; Abb. 31: © Detering, Bernd; Abb. 37: © BGHW, Radtke; Abb. 38: ©wichientep – stock.adobe.com; Abb. 41: ©design56 – stock.adobe.com; Abb. 43: ©chalongrat – stock.adobe.com; Abb. 48: ©Racle Fotodesign – stock.adobe.com

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Versand: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen Webcode: p209023

Lärm am Arbeitsplatz

Änderungen zur letzten Ausgabe November 2013:

Die DGUV Information wurde vollständig – sowohl inhaltlich als auch redaktionell – überarbeitet. Grafiken, Bilder und Fotos wurden ausgetauscht oder hinzugefügt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
1	Vorwort	6	5
2	Akustische Grundlagen	7	Messungen von Lärm und
2.1	Schallentstehung	7	raumakustischen Kenngrößen
2.2	Schalldruck und Schalldruckpegel	7	20
2.3	Frequenzbewertung	7	5.1 Messung für eine Gefährdungsbeurteilung
2.4	Zeitbewertung	8	nach LärmVibrationsArbSchV
2.5	Schallausbreitung in Räumen	9	20
3	Wirkungen des Lärms	11	5.1.1 Allgemeines
3.1	Allgemeines	11	20
3.2	Wirkung auf das Gehör	11	5.1.2 Ortsfeste Messung (nach TRLV Lärm Teil 2)
3.2.1	Aufbau des Ohrs	11	20
3.2.2	Hörvermögen des gesunden Ohrs	12	5.1.3 Personengebundene Messung
3.2.3	Gehörschäden und Hörverlust	12	(nach TRLV Lärm Teil 2)
3.2.4	Berufskrankheit Lärmschwerhörigkeit	13	21
3.3	Extra-aurale Wirkungen	14	5.1.4 Messstrategien nach DIN EN ISO 9612
4	Gesetzliche Grundlagen	15	22
4.1	Arbeitsschutzgesetz	15	5.1.4.1 Tätigkeitsbezogene Messungen
4.2	Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-	16	22
4.2.1	verordnung	16	5.1.4.2 Berufsbildbezogene Messungen
4.2.2	Auslösewerte	16	23
4.3	Maximal zulässige Expositionswerte	16	5.1.4.3 Ganztagsmessungen
4.4	Technische Regeln zur	16	24
4.4.1	LärmVibrationsArbSchV (TRLV Lärm)	16	5.1.5 Messunsicherheit
4.4.2	Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.7	17	25
4.4.3	„Lärm“	17	5.1.5.1 Berechnung der Messunsicherheit
4.4.4	Beurteilungspegel für verschiedene	17	(nach DIN EN ISO 9612)
4.4.5	Tätigkeitskategorien	17	25
4.4.6	Nachhallzeiten für typische	18	5.1.5.2 Vereinfachtes Verfahren
4.4.7	Raumnutzungsarten	18	(nach TRLV „Lärm“, Teil 2)
4.4.8	Akustische Anforderungen	18	26
4.4.9	an sonstige Räume mit	18	5.2 Messung des Beurteilungspegels
4.4.10	Sprachkommunikation	18	nach ASR A3.7 Lärm
4.4.11	Empfohlene Höchstwerte für	18	26
4.4.12	Hintergrundgeräusche	18	5.2.1 Ermittlung des Beurteilungspegels ohne
4.4.13	DGUV Vorschrift 1	19	Berücksichtigung von Teilzeiten
4.4.14	Jugendarbeitsschutzgesetz	19	27
4.4.15	Mutterschutzgesetz	19	5.2.2 Ermittlung des Beurteilungspegels
			aus Messungen in Teilzeiten
			27
			5.2.3. Berechnung der Messunsicherheit
			28
			5.3 Ermittlung raumakustischer Kennwerte
			28
			5.3.1 Ermittlung der Nachhallzeit
			28
			5.3.2 Berechnung des mittleren
			Schallabsorptionsgrads
			29
			5.3.3 Abschätzung der raumakustischen Kennwerte
			29
			5.3.4 Messung der Schallpegelabnahme pro
			Abstandsverdoppelung
			29
			5.4 Grundlagen der Geräuschemission
			30
			5.4.1 Emissionen und Immissionen
			30
			5.4.2 A-bewerteter Emissionsschalldruckpegel L_{pA}
			an den Arbeitsplätzen
			31
			5.4.3 Höchstwert des momentanen C-bewerteten
			Emissionsschalldruckpegels $L_{pC,peak}$ an den
			Arbeitsplätzen
			32
			5.4.4 A-bewerteter Schallleistungspegel L_{WA}
			32
			5.4.5 Hinweise für die Praxis
			34
			5.5 Frequenzanalysen
			35
			5.5.1 Grundlagen und Anwendung
			35
			5.5.2 Durchführung einer Frequenzanalyse
			35
			5.6 Infra- oder Ultraschall
			36
			5.7 Auswahl von Schallpegelmessgeräten
			36

	Seite		Seite
6 Gefährdungsbeurteilung	37	11 Quellen- und Literaturverzeichnis	62
7 Lärminderungsprogramm	39	11.1 Gesetze, Verordnungen und Regeln	62
8 Lärminderungsmaßnahmen	40	11.2 DGUV Vorschriften, Regeln, Informationen und sonstige Schriften zur Messung und Bewertung	62
8.1 Rangfolge	40	11.3 DIN EN- und ISO-Normen (Auswahl)	63
8.2 Maßnahmen	40	11.4 VDI-Richtlinien (Auswahl)	64
8.2.1 Erste Priorität: Lärm an der Quelle vermeiden/beseitigen/reduzieren	41	Anhang 1	65
8.2.1.1 Alternative leisere Arbeitsverfahren	41	Anhang 2	66
8.2.1.2 Beschaffung leiserer Arbeitsmittel/Maschinen	42		
8.2.1.3 Schallerzeugung reduzieren	43		
8.2.1.4 Schallübertragung (Körperschall) reduzieren	44		
8.2.1.5 Schallabstrahlung reduzieren	44		
8.2.1.6 Kapselungen	45		
8.2.2 Zweite Priorität: Lärmquelle abschirmen/ Schall absorbieren	46		
8.2.2.1 Abschirmung	46		
8.2.2.2 Raumakustik	47		
8.2.2.3 Bauakustik	48		
8.2.3 Dritte Priorität: Schallbelastung reduzieren	48		
8.2.3.1 Begrenzung der Exposition	48		
8.2.3.2 Arbeitszeitpläne	48		
8.2.4 Vierte Priorität: Persönliche Schutzausrüstung	48		
9 Persönlicher Gehörschutz	49		
9.1 Arten von Gehörschützern	49		
9.1.1 Kapselgehörschutz	49		
9.1.2 Gehörschutzstöpsel	50		
9.1.3 Otoplastiken	50		
9.2 Allgemeine Auswahlkriterien	50		
9.3 Vorteile und Nachteile der unterschiedlichen Gehörschutzvarianten	54		
9.4 Besondere Anforderungen an die Auswahl von Gehörschutz	55		
9.5 Akzeptanz und Gewöhnung	56		
9.6 Schutzwirkungsverlust	56		
10 Arbeitsmedizinische Vorsorge	58		
10.1 Gesetzliche Grundlagen	58		
10.2 Fristen	58		
10.3 Vorsorge nach der DGUV Empfehlung „Lärm“	59		
10.4 Arbeitsmedizinische Dokumentation	61		
10.5 Ototoxische Arbeitsstoffe	61		

1 Vorwort

Lärm ist jede Art von unerwünschtem Schall. Er kann stören, belästigen, schädigen oder die Unfallgefahr erhöhen, weil wichtige Schallsignale nicht wahrgenommen werden können. Deshalb ist Lärmbekämpfung am Arbeitsplatz nach wie vor notwendig. Die Unfallversicherungsträger gehen davon aus, dass vier bis fünf Millionen Beschäftigte gehörgefährdendem Lärm während der Arbeit ausgesetzt sind. Bei langjähriger arbeitsbedingter Lärmbelastung kann das zu einer Gehörschädigung bis hin zur Berufskrankheit „Lärmschwerhörigkeit“ führen.

Jede dritte anerkannte Berufskrankheit war 2018 „Lärmschwerhörigkeit“ (Abb. 1).

Die vorliegende DGUV Information wendet sich deshalb an diejenigen, die in den Betrieben dafür verantwortlich sind, Lärm zu mindern oder zu vermeiden. Die Schrift unterstützt außerdem alle Personen, die die Verantwortlichen in den Betrieben beraten – in puncto Gefährdungsbeurteilung, Lärminderungsmaßnahmen, Auswahl geeigneter Gehörschützer und Organisation der arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Die allgemeinen Ausführungen in den ersten Abschnitten vermitteln Grundkenntnisse und sollen zur Sensibilisierung und Motivation beitragen.

Im Anschluss stehen die gesetzlichen Grundlagen im Fokus, weil dort die Auslösewerte und die maximal zulässigen Expositionswerte sowie sonstige einzuhalten- de Größen zusammengefasst sind. Auch die sich daraus ergebenden Schritte für eine Gefährdungsbeurteilung nach dem Arbeitsschutzgesetz sind hier zu finden. In Abschnitt 5 „Lärmmessungen“ wird ausführlich beschrieben, was bei einer fachkundigen Messung beachtet werden muss. Einen großen Umfang nehmen die Lärm- minderungsmaßnahmen ein, um Anregungen und Ideen für die praktische Lärminderung im Betrieb zu liefern. Den Abschluss bildet eine Übersicht über geeignete Gehörschutzmittel und die arbeitsmedizinische Vor- sorge. Mit dieser DGUV Information stellen wir für die betriebliche Praxis ein Kompendium zum Thema „Lärm am Arbeitsplatz“ zur Verfügung.

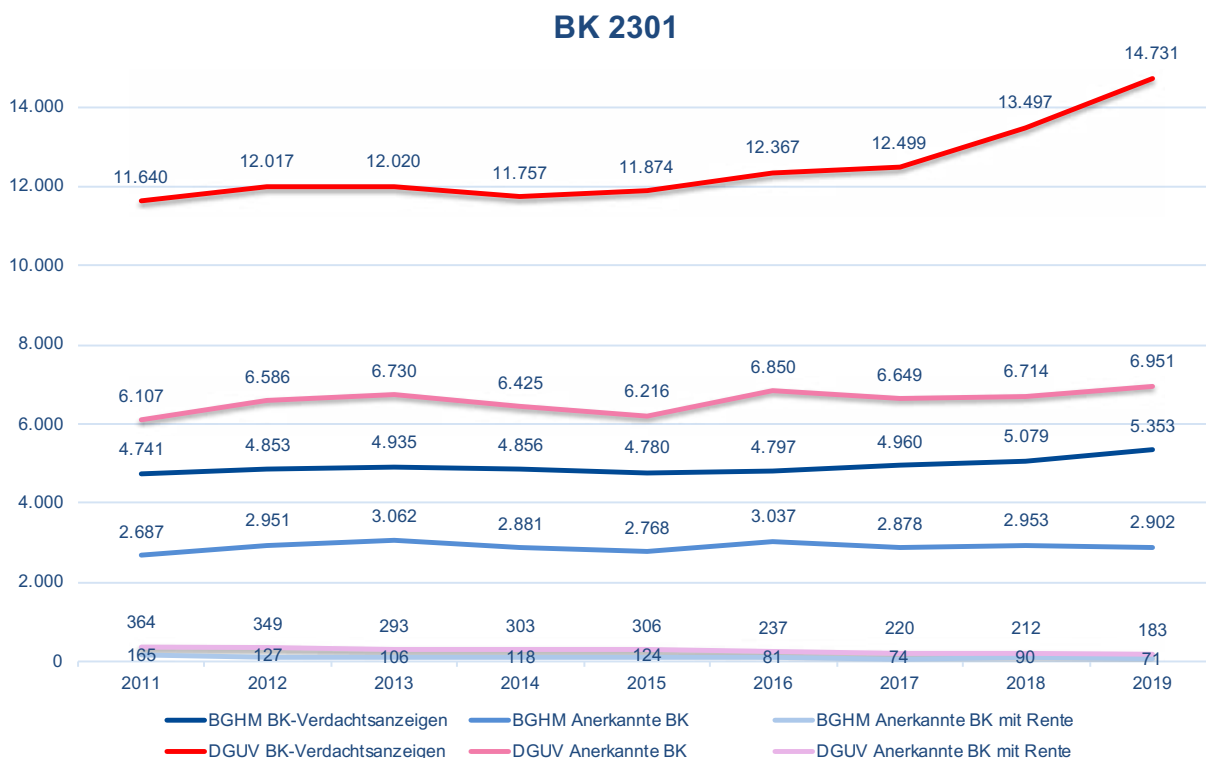


Abb. 1 Anzahl der Anzeigen zur Berufskrankheit Lärmschwerhörigkeit, aufgeteilt in jährliche Verdachtsanzeigen, anerkannte Fälle und Rentenfälle

2 Akustische Grundlagen

2.1 Schallentstehung

Schall breitet sich in elastischen Medien, wie Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern aus. Es sind Schwingungen der Moleküle um ihre Ruhelage. Breitet sich Schall in Gasen aus, spricht man von Luftschall. Die Wechselwirkungen um den statischen Luftdruck werden vom Ohr aufgenommen, durch das Trommelfell und den Übertragungsapparat des Mittelohrs ins Innenohr geleitet und in der Gehörschnecke (Cochlea) verarbeitet. Je nach Höhe der Luftdruckschwankungen und den vorherrschenden Frequenzen nimmt sie der Mensch dann als Geräusch wahr.

Solche kleinen, schnellen Schwankungen um den statischen Luftdruck können durch viele Vorgänge entstehen, zum Beispiel durch Transportvorgänge, Bewegung von Körpern oder auch durch Verwirbelung von Luft (wie beim Abblasen von Werkstücken mit Druckluft) oder durch impulsartige Ereignisse (wie beim Platzen eines Autoreifens).

Breitet sich Schall in flüssigen Körpern und Medien aus, spricht man von Körperschall. Er kann zum Beispiel entstehen, wenn Maschinen ihre Schwingungen auf Bauteile des Gebäudes übertragen. Körperschall kann wiederum die angrenzende Luft in Schwingungen versetzen und erneut als Luftschall wahrgenommen werden, auch weit von der Quelle entfernt.

2.2 Schalldruck und Schalldruckpegel

Der Hörbereich des Menschen vom leisesten bis zum lautesten Geräusch ist sehr groß. Der menschliche Gehörapparat nimmt Schalldrücke zwischen ca. 0,00002 Pa (20 µPa) und 20 Pa wahr. Das ist so, als ob der Mensch eine Last von 1000 kg heben kann und trotzdem noch merkt, wenn er 1 Gramm in der Hand hält (Abb. 2).

Um diesen Bereich vernünftig abbilden zu können, wird der Schalldruckpegel L_p logarithmisch ausgedrückt. Als Einheit wurde das Dezibel (dB) festgelegt.

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} (\text{dB}) = 20 \lg \frac{p}{p_0} (\text{dB}) \quad (\text{Gleichung 1})$$

p = vorhandener Schalldruck

p_0 = Bezugsschalldruck 20 µPa

Damit ergeben sich für die oben genannten Extremwerte des Schalldruckpegels Zahlenwerte zwischen 0 und 120 dB.

2.3 Frequenzbewertung

Der Hörfrequenzbereich liegt beim Menschen zwischen etwa 16 Hz und 16 kHz (DIN 1320:2009-12 „Akustik-Begriffe“). Unterhalb von 16 Hz spricht man von Infraschall, oberhalb von 16 kHz von Ultraschall.

Das im Arbeits- und Gesundheitsschutz gebräuchlichste Frequenzfilter ist das „A“-Filter (auch „A-Bewertung“ genannt). Damit soll das menschliche Hörempfinden bei moderaten Schallpegeln nachgebildet werden (Abb. 3 und DIN EN 61672-1:2014-07 „Elektroakustik – Schallpegelmesser – Teil 1: Anforderungen“). Das Ohr des Menschen ist im mittleren Frequenzbereich von ca. 500 Hz bis 5.000 Hz am empfindlichsten. Sehr hohe und sehr tiefe Töne werden schlechter wahrgenommen. Diesem Umstand wird durch die A-Bewertungskurve Rechnung getragen (Abb. 3). Bei Verwendung dieser Frequenzbewertung wird der Schalldruckpegel als L_A in dB angegeben. Gebräuchlich ist auch die Schreibweise L in dB(A). Die Maßeinheit Hz (= Hertz) der Frequenz gibt die Zahl der Schwingungen pro Sekunde an.

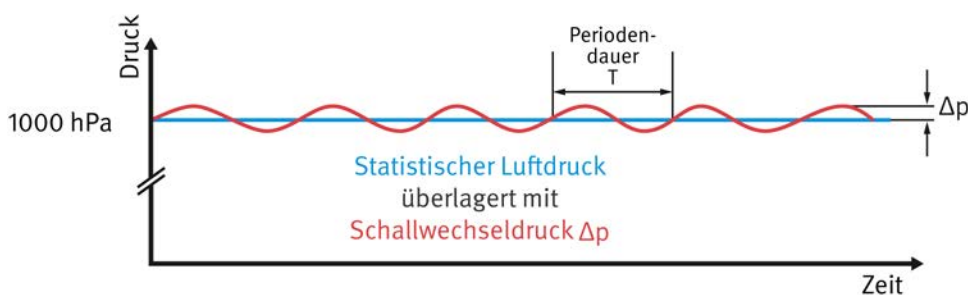


Abb. 2 Schalldrücke im Vergleich zum statischen Luftdruck

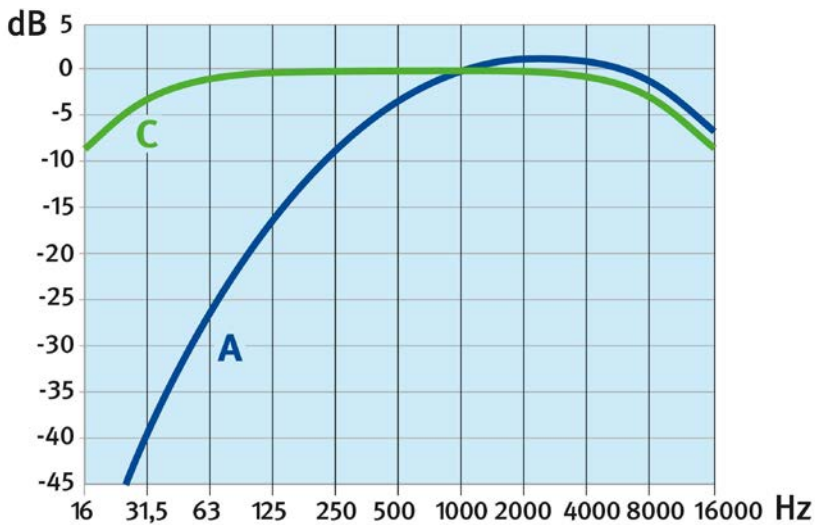


Abb. 3 Im Arbeitsschutz gebräuchliche Frequenzbewertungen

Weiterhin wird das „C“-Filter oder die sogenannte C-Bewertung verwendet. Bei dieser Frequenzbewertung werden die hörbaren tiefen und hohen Töne nur wenig gedämpft (Abb. 3). Das entspricht der Hörempfindung des Menschen bei sehr hohen Schalldruckpegeln. Die Messwertangabe erfolgt analog in L_C in dB oder L in dB(C).

2.4 Zeitbewertung

Die gebräuchlichsten Zeitbewertungen (nach DIN EN 61672-1), die die im Arbeitsschutz verwendeten Messgeräte aufweisen, sind „fast“ und „slow“. Zusätzlich ist die „Impuls“-Bewertung zu nennen, die separat in DIN 45657:2014:07 „Schallpegelmessgerät – Zusatzanforderungen für besondere Messaufgaben“ geregelt wird. Die Zeitbewertungen sagen aus, wie schnell das Messgerät auf ein Signal reagiert. Damit ein Vergleich verschiedener Messungen mit verschiedenen Schallpegelmessgeräten möglich ist, ist die gewählte Zeitbewertung jeweils anzugeben.

Zeitbewertung „fast“

In der Zeitbewertung „fast“ beträgt die Zeitkonstante für Pegelanstieg und Pegelabfall, mit der das Messgerät dem Schallsignal folgt, 125 Millisekunden. Diese Zeitbewertung wird häufig gemeinsam mit der A-Bewertung als L_{AF} am Messgerät dargestellt. Dieser Wert wird als Momentanpegel bezeichnet. Die Zeitbewertung „fast“ ist die Standardzeitbewertung bei der Mittelung von Schallpegeln.

Zeitbewertung „slow“

In dieser Zeitbewertung beträgt der Wert der Zeitkonstanten eine Sekunde. Die Zeitbewertung wird häufig gemeinsam mit der A-Bewertung als L_{AS} dargestellt und zeigt den

Momentanpegel am Messgerät an. Diese Zeitbewertung ist veraltet und hat heute keine Bedeutung mehr. In modernen Schallpegelmessgeräten ist sie aber immer noch vorhanden.

Zeitbewertung „Impuls“

In der Zeitbewertung „Impuls“ beträgt die Zeitkonstante für den Pegelanstieg 35 Millisekunden, für den Pegelabfall 1,5 Sekunden. Durch die kürzere Anstiegszeit und die längere Pegelabfalldauer kann bei impulshaltigen Schalleignissen der ermittelte Pegel höher ausfallen als Pegel mit den Zeitbewertungen „fast“ und „slow“. Außerdem ist die Messgröße im Gegensatz zur „fast“- und „slow“-Zeitbewertung nicht energieäquivalent. Die Anzeige einer A-Frequenzbewertung und Impuls-Zeitbewertung wird durch L_{AI} gekennzeichnet.

Zeitbewertung „peak“

Mit der Zeitbewertung „peak“ wird der maximale Spitzenschalldruckpegel innerhalb des Messzeitraums ermittelt. Gemeinsam mit der C-Bewertung wird am Messgerät die Größe $L_{pC,peak}$ dargestellt.

Die Zeitbewertung „peak“ ist die Standardzeitbewertung für impulshaltige Geräusche nach TRLV Lärm.

Neben den Zeitbewertungen für Momentan- und Spitzenschalldruckpegel ist eine weitere zeitliche Gewichtung besonders beachtenswert. Es handelt sich dabei um den äquivalenten Dauerschallpegel (DIN 1320:2009-12 „Akustik-Begriffe“), der den energetischen Mittelwert eines Schalldruckpegels über die Messzeit darstellt. Er wird mit „eq“ abgekürzt und steht beispielsweise im Zusammenhang mit der A-Bewertung als L_{Aeq} auf dem Display des Messgeräts.

Tabelle 1 Wichtige Schallpegel

Bedeutung der wichtigsten frequenz- und zeitbewerteten Pegel (Momentanpegel)		
Größe	Einheit	Erläuterung
L_{AF}	dB(A)	Schalldruckpegel (Momentanwert) gemessen mit Frequenzbewertung „A“ und der Zeitbewertung „fast“
L_{AI}	dB(A)	Schalldruckpegel (Momentanwert) gemessen mit Frequenzbewertung „A“ und der Zeitbewertung „impuls“
$L_{pC,peak}$	dB(C)	Spitzenwert des Schalldruckpegels mit Frequenzbewertung „C“
Bedeutung der wichtigsten Pegel im Arbeitsschutz (Mittelungspegel über eine bestimmte Zeit)		
$L_{Aeq(t)}$	dB(A)	Äquivalenter Dauerschallpegel für den Zeitraum t, gemessen mit Frequenzbewertung „A“ und der Zeitbewertung „fast“ oder „slow“
$L_{Ceq(t)}$	dB(C)	Äquivalenter Dauerschallpegel für den Zeitraum t, gemessen mit Frequenzbewertung „C“ und der Zeitbewertung „fast“ Aus der Differenz $L_{Ceq(t)}$ minus $L_{Aeq(t)}$ lässt sich ableiten, ob ein Geräusch eher tief-, mittel- oder hochfrequent ist.
$L_{EX,8h*}$	dB(A)	Tages-Lärmexpositionspegel, entspricht dem äquivalenten Dauerschallpegel $L_{Aeq,8h}$. Er ergibt sich auch aus den Einzelpegeln $L_{Aeq,t}$ und den dazugehörigen Expositionszeiten t für Teilzeiten.

* Näheres siehe Abschnitt 5

2.5 Schallausbreitung in Räumen

Arbeit wird häufig in geschlossenen Räumen verrichtet. Sie haben einen erheblichen Einfluss auf die Schallausbreitung und somit auf den entstehenden Schalldruckpegel am Ohr der Beschäftigten. Bedingt durch Reflexionen an Begrenzungsflächen (Decke, Wand, Boden) findet eine Schallpegelüberhöhung statt. Somit ist eine zielführende und dem Stand der Technik entsprechende raumakustische Gestaltung notwendig.

Zur Beschreibung der akustischen Qualität eines Raums werden im Arbeitsschutz die folgenden Größen genutzt.

Die **Nachhallzeit T** beschreibt die Zeitspanne des Schalldruckpegelabfalls in einem Raum um 60 dB in s nach dem Abschalten einer Quelle oder nach einem lauten Schallimpuls (vgl. Abb. 4).

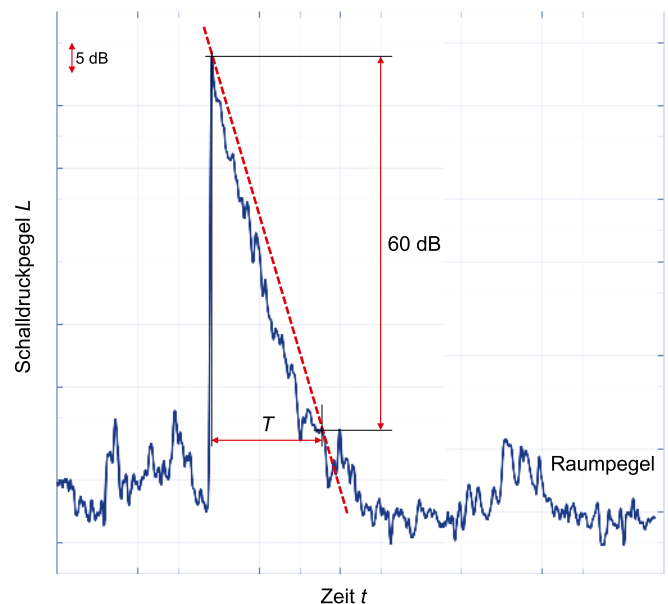


Abb. 4 Schematische Darstellung einer Nachhallzeitermittlung durch einen Impuls (Platzen eines Luftballons).

Bei der Nachhallzeit handelt es sich um eine messbare, aber auch berechenbare Größe, die über die folgende Gleichung in direkter Verbindung mit der **äquivalenten Absorptionsfläche A** (in m²) und dem **Raumvolumen V** (in m³) steht.

$$T = 0,163 \cdot \frac{V}{A} \quad (\text{Gleichung 2})$$

Die Gleichung wurde von Wallace C. Sabine (1868-1919) experimentell bestimmt. Die Gleichung gilt für Räume, in denen das Verhältnis zwischen kürzester und längster Seite den Faktor 5 nicht übersteigt.¹

Eine weitere, relevante und im Zusammenhang mit der Nachhallzeit stehende Größe ist der **Schallabsorptionsgrad α** . Dieser beschreibt welcher Anteil der auf ein Material eintreffenden Schallenergie absorbiert wird. α kann Werte zwischen 0 (vollständige Reflexion) und 1 (vollständige Absorption) annehmen.

$\bar{\alpha}$ als **mittlerer Schallabsorptionsgrad** lässt sich aus der äquivalenten Absorptionsfläche A und der Summe aller Raumbooberflächen $S = \sum_i S_i$ berechnen. beschreibt das durchschnittliche Schallabsorptionsvermögen aller Oberflächen eines Raums.

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{S} = \frac{\sum_i \alpha_i \cdot S_i}{S} \quad (\text{Gleichung 3})$$

Die äquivalente Absorptionsfläche A sagt aus, wie viel theoretische Fläche im Raum vorhanden ist, die vollständig absorbiert ($\alpha = 1$ besitzt). Sie lässt sich durch eine Messung der Nachhallzeit und durch das Umstellen der Gleichung 2 – $A = 0,163 \cdot V/T$ – berechnen. Außerdem lässt sie sich durch das Produkt des Schallabsorptionsgrads der jeweils zugehörigen Teiloberflächen des Raums $A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i$ bestimmen.

Falls eine Messung nicht möglich ist, kann die Nachhallzeit auf Basis von Tabellenwerten grob geschätzt werden. Solche Tabellen sind in der TRLV Lärm, der ASR A3.7 „Lärm“, in der DIN 18041:2016-03 „Hörsamkeit in Räumen, Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“ und im Internet zu finden. In solchen Tabellen ist jedoch meist nur ein über die Oktavbänder gemittelter

Schallabsorptionsgrad pro Material angegeben, sodass die Schätzung nicht, wie in den Regelwerken gefordert, pro Oktavband stattfinden kann.

Ein weiterer Parameter, der die Schallausbreitung in einem Raum beschreibt, ist die Schallpegelabnahme pro Abstandsverdoppelung DL_2 . Er wird auf Basis der DIN EN ISO 14257:2011-11 „Akustik – Messung und Parametrisierung der Schallausbreitungskurven in Arbeitsräumen zum Zweck der Beurteilung der akustischen Qualität“ mit einer Vergleichsschallquelle ermittelt. Während im Freien bei einer solchen Schallquelle (Punktschallquelle) eine Schallpegelabnahme von 6 dB pro Abstandsverdoppelung beobachtet werden kann, ist der Wert wegen der Reflexionen in Räumen niedriger (Abb. 5).

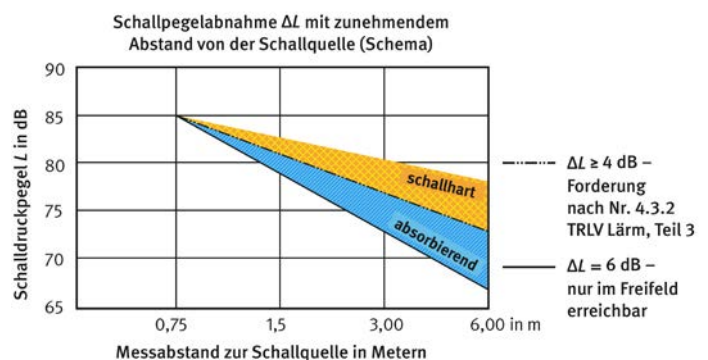


Abb. 5 Mittlere Schallpegelabnahme ΔL pro Abstandsverdoppelung.

¹ Weitere Einschränkungen siehe DIN EN 12354-6:2004 „Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 6: Schallabsorption in Räumen“

3 Wirkungen des Lärms

3.1 Allgemeines

Das Ohr besitzt praktisch keine natürlichen Schutzmechanismen, die verhindern, dass Lärm auf das Sinnesorgan einwirkt. Während sich zum Beispiel die Pupille des Auges bei starkem Lichteinfall verengt, ist das Ohr ständig „auf Empfang geschaltet“.

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.

Im Rahmen des Präventionsauftrags der Unfallversicherungsträger werden alle Beeinträchtigungen und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren betrachtet.

Im Vordergrund steht die gehörschädigende (aurale) Wirkung des Lärms, die zur Berufskrankheit „Lärmschwerhörigkeit“ (Nr. 2301 der in der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung bezeichneten Krankheiten, siehe Abschnitt 3.2.4) führen kann.

Weitere arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren durch Lärm können sowohl physiologischer als auch psychischer Art sein. Hierzu gehören auch Schlaflosigkeit, Nervosität, Erhöhung des Blutdrucks, Beschleunigung der Herzstätigkeit,

Verringerung der Produktivität, frühzeitige Ermüdung oder Stoffwechselstörungen, die allgemein als extra-aurale Wirkungen bezeichnet werden. Das bedeutet, sie betreffen nicht das Gehör.

Eine Erhöhung der Unfallgefahr ist möglich, wenn durch Lärm akustische Signale oder Geräusche, die Gefahr ankündigen nicht wahrgenommen werden können, wie zum Beispiel Warnsignale für Beschäftigte im Bereich von Gleisen oder Geräusche an oder durch Maschinen, die Gefahren ankündigen.

3.2 Wirkung auf das Gehör

3.2.1 Aufbau des Ohrs

Die von einer Schallquelle abgestrahlte Schallenergie tritt als Luftschall in das Ohr und versetzt das Trommelfell in Schwingungen (Abb. 6). Das Trommelfell überträgt die Schwingungen über die im Mittelohr befindlichen Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel) auf eine weitere Membran, das ovale Fenster der Gehörschnecke (Cochlea).

Das ovale Fenster überträgt die Schwingungen auf eine Flüssigkeit, mit der die etwa erbsengroße Gehörschnecke des Innenohrs gefüllt ist.

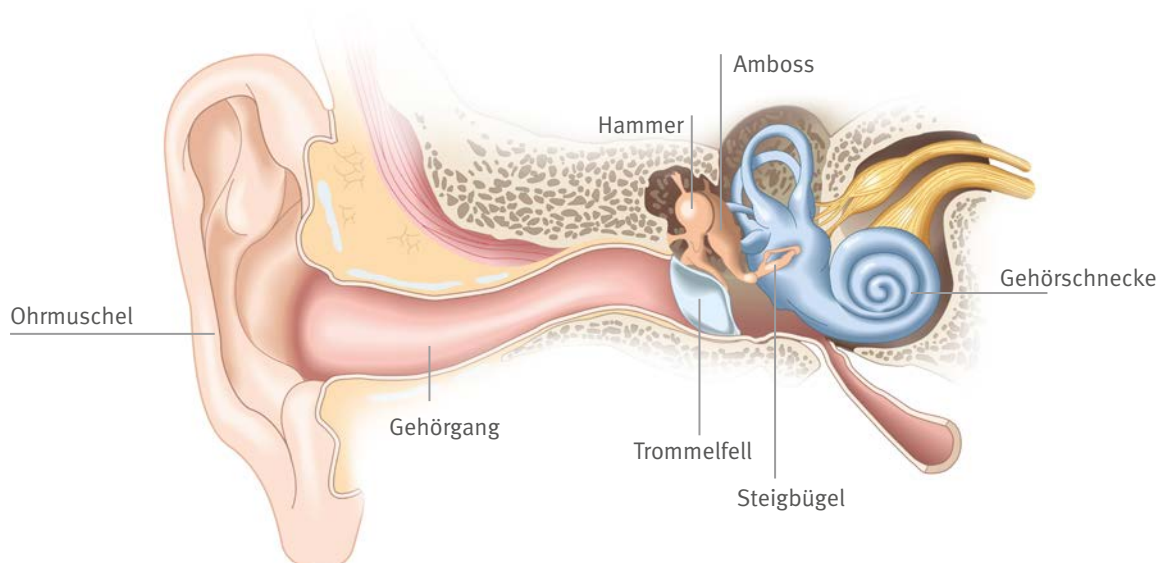


Abb. 6 Schematische Darstellung des Hörapparats

Die Druckschwankungen in der Flüssigkeit sorgen dafür, dass die Haarzellen in der Schnecke angeregt werden. Die Bewegungsenergie wird in elektrische Impulse umgewandelt und über den Hörnerv an das Gehirn geleitet. Je lauter ein Geräusch ist, desto stärker werden die Haarzellen ausgelenkt und desto stärker sind die elektrischen Impulse an das Gehirn.

Die Gehörschnecke ist am Eingang breiter angelegt und wird mit zunehmender Tiefe schmaler. Durch den geometrischen Aufbau sowie die physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeit werden die einzelnen Frequenzen an unterschiedlichen Stellen der Gehörschnecke verstärkt und als Signal an das Gehirn weitergeleitet. Hohe Frequenzen haben in der Nähe des ovalen Fensters, tiefe Frequenzen im weiteren Verlauf der Gehörschnecke ihre Resonanzfrequenz. Lärmbedingte Gehörschäden entwickeln sich zuerst bei den hohen Frequenzen und breiten sich dann in Richtung der mittleren und tiefen Frequenzen aus.

3.2.2 Hörvermögen des gesunden Ohrs

Das Hörvermögen lässt sich am besten am so genannten Hörfeld (Abb. 7) erläutern. Die Darstellung erklärt auch grundlegende akustische Begriffe:

- Das menschliche Ohr nimmt Schall wahr, dessen Frequenzen etwa zwischen 16 und 16 000 Hz liegen. Bei Schall unter 16 Hz spricht man von Infraschall und oberhalb von 16 000 Hz von Ultraschall.
- Die Hörschwelle ist als Schalldruck oder Schalldruckpegel definiert, bei dem das menschliche Gehör Geräusche gerade wahrnimmt. Bei 1000 Hz und 2000 Hz und dem Bezugsschalldruck von 20 μPa liegt die Hörschwelle ungefähr bei 0 dB (DIN ISO 226:2006-04 „Akustik – Normalkurven gleicher Lautstärkepegel“).
- Das menschliche Gehör ist bei hohen und tiefen Frequenzen relativ unempfindlich. Bei mittleren Frequenzen im Bereich von ca. 500 bis 5000 Hz reagiert es am empfindlichsten. Die Eigenschaft des menschlichen Gehörs wird mit dem A-Filter bei Schallpegelmessgeräten abgebildet, der bei Messungen im Arbeitsschutz häufig genutzt wird (siehe Abschnitt 2.3). Die Hörschwelle ist in Abb. 7 dargestellt.
- Bei hohen Schallpegeln spielt die Frequenz kaum noch eine Rolle. Das ist in Abb. 7 am Verlauf der Schmerzschwelle ersichtlich. Sie liegt bei ca. 120 dB und wird messtechnisch mit dem C-Filter abgebildet.

- Menschliches Hören findet zwischen Hör- und Schmerzschwelle statt. Musik (hellgrün) und Sprache (dunkelgrün) decken nur einen Teil des Hörfelds ab.

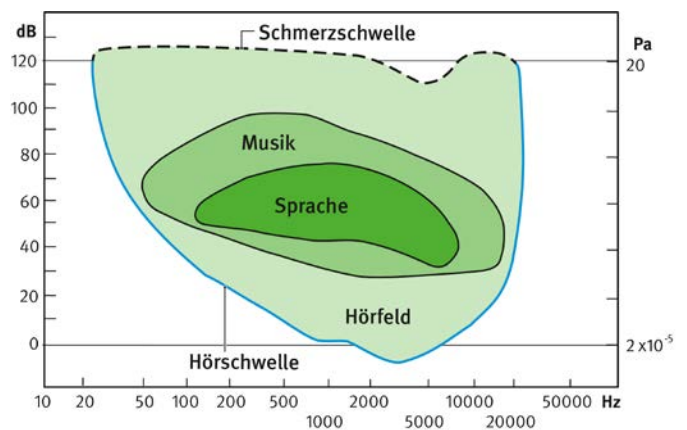


Abb. 7 Hörfeld des gesunden Ohrs

3.2.3 Gehörschäden und Hörverlust

Lärm kann das Gehör schädigen. Abhängig von der Höhe des Schalldruckpegels werden dabei die Haarzellen ausgelenkt. Dabei entsteht ein proportionales elektrisches Signal, das an das Gehirn weitergeleitet wird. Hierfür benötigt die Haarzelle Energie. Bei Überlastung der Haarzellen kann es zu einer Unterversorgung mit Nährstoffen kommen, so dass die Haarzellen langfristig absterben (Abb. 8). Lärmpausen tragen zur Regeneration bei. Eine lärmbedingte Schwerhörigkeit ist nicht heilbar.

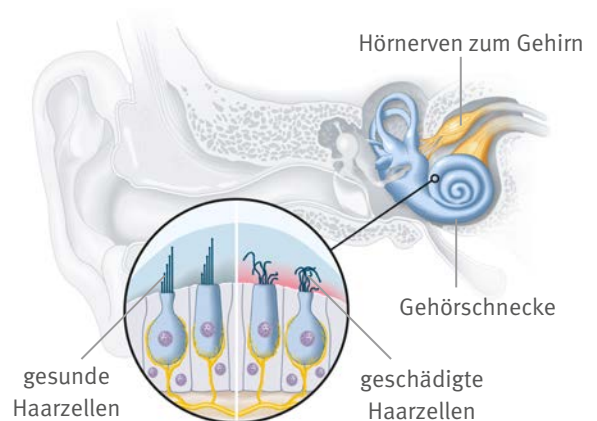


Abb. 8 Schädigung des Innenohrs: Gehörschnecke mit geschädigten und gesunden Haarzellen

Neben den sich im Lauf der Zeit meist langsam entwickelnden Gehörschäden – die die Betroffenen anfangs nicht bemerken – gibt es akute Gehörschäden. Sie können bei kurzzeitigen extrem lauten Schallereignissen auftreten. So kann ein einziges Knallereignis (z. B. ein Pistolenschuss) ausreichen, um das ungeschützte Ohr lebenslang zu schädigen.

Aus Abb. 9 wird deutlich, welche Hörverluste eine schwerhörige Person erleidet.

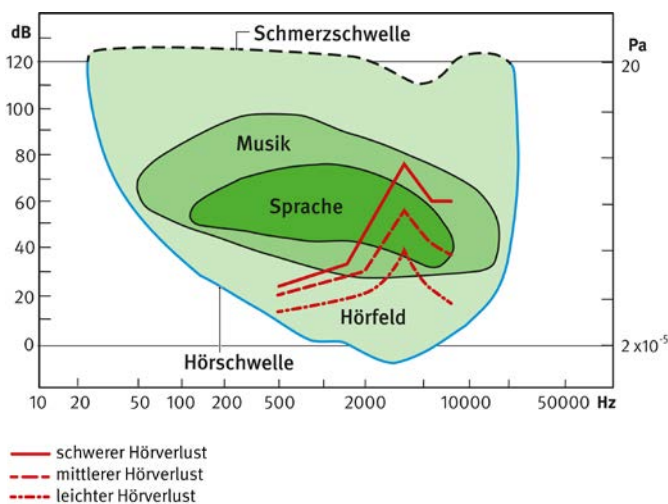


Abb. 9 Einfluss eines lärmbedingten Gehörschadens auf das Hörfeld

Menschen mit Hörschädigung können Gesprächen, speziell in lauter Umgebung, nur schlecht folgen. Außerdem ist das Richtungshören eingeschränkt.

Schwerhörigkeit kann auch noch weitere Ursachen haben, zum Beispiel:

- Alterungsprozesse
- Mittelohrentzündung
- Verletzungen des Trommelfells
- Otosklerose (Erkrankung des Knochens, der das Innenohr umgibt)
- Hörsturz
- Probleme am Hörnerv bzw. an den Hirnstrukturen
- ototoxische Substanzen

3.2.4 Berufskrankheit Lärmschwerhörigkeit

Berufskrankheiten sind Erkrankungen, die Versicherte durch ihre berufliche Tätigkeit erleiden. Sie sind in der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) aufgeführt. Die Berufskrankheit Lärmschwerhörigkeit ist eine der ältesten Berufskrankheiten. Sie wurde 1929 in die Liste aufgenommen und beinhaltete „durch Lärm verursachte Taubheit oder an Taubheit grenzende Schwerhörigkeit“, welche vor allem in Betrieben der Metallbe- und -verarbeitung beobachtet wurde. Später wurde sie in „Lärmschwerhörigkeit und Lärmtaubheit“ umgewandelt. Heute genügt das Krankheitsbild der Lärmschwerhörigkeit.

Die medizinischen Auswirkungen bei der Lärmschwerhörigkeit stehen in einer direkten Beziehung zu den Lärmexpositionen am Arbeitsplatz. Man spricht von einer sogenannten Dosis-Wirkungs-Beziehung. Ist die Lärmexposition regelmäßig zu hoch, werden die Haarzellen in der Gehörschnecke unzureichend mit Nährstoffen versorgt und sterben langfristig ab. Haarzellen können vom Körper nicht erneuert werden. Deshalb ist eine Lärmschwerhörigkeit auch nicht heilbar. Es ist wichtig, auch dann auf Lärmpausen zu achten, wenn noch keine oder nur geringe Gehörschäden durch Lärm nachweisbar sind, weil jede Lärmpause zur Regeneration der Haarzellen beiträgt.

Ist ein Antrag auf Anerkennung einer Berufskrankheit BK 2301 gestellt, ermitteln die Unfallversicherungsträger die Höhe und die Dauer der Lärmpegel für alle relevanten Beschäftigungsabschnitte des Berufslebens. In Anlehnung an das amtliche Merkblatt zur BK-Nr. 2301 kann sich eine Lärmschwerhörigkeit in der Regel nach mehrjähriger Exposition bei einem Tages-Lärmexpositionspegel ($L_{EX,8h}$), der den Wert von 85 dB (A) erreicht oder überschreitet, entwickeln.

Der Gehörschaden selbst wird durch verschiedene Untersuchungen und Tests medizinisch beurteilt. Charakteristisch bei der Schwerhörigkeit durch Lärmeinwirkung ist ein Tonaudiogramm, wie es in Abbildung 10 dargestellt ist. Es zeigt einen deutlichen Hörverlust bei 4000 Hz, die sogenannte c5-Senke (in der Musik entspricht das fünfstrichene c „c⁵“ ca. 4200 Hz).

Merkblatt zur Berufskrankheit: https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Berufskrankheiten/pdf/Merkblatt-2301.pdf?__blob=publicationFile

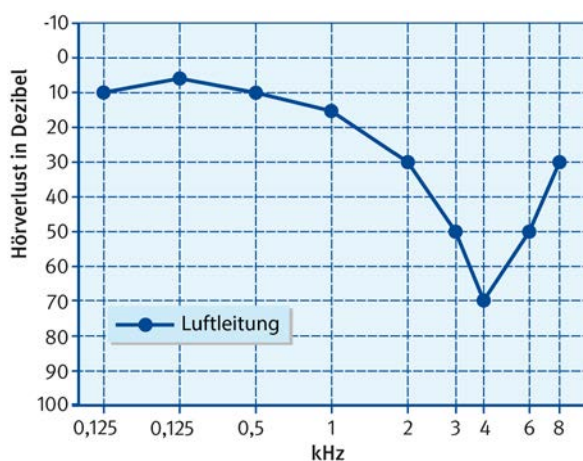


Abb. 10 Messergebnisse des Tonaudiogramms eines Ohrs

Auch einzelne laute Schallereignisse können das Gehör nachhaltig schädigen. Diese werden als Knall- oder Explosionstraumen bezeichnet. Sie werden als Arbeitsunfall und nicht als Berufskrankheit behandelt.

3.3 Extra-aurale Wirkungen

Bei extra-auralen Lärmwirkungen handelt es sich um nicht auf das Gehör bezogene Wirkungen von Schall. In der ASR A3.7 „Lärm“ werden sie folgendermaßen beschrieben:

„Extra-aurale Lärmwirkungen zeigen sich unter anderem in verschiedenen physiologischen und psychischen Reaktionen, die über das zentrale und das vegetative Nervensystem des Menschen vermittelt werden. Diese Wirkungen entsprechen einer Stressreaktion. Sie haben keinen strengen Pegelbezug, entstehen in unmittelbarem zeitlichem Zusammenhang zur Schallexposition und klingen nach

der Exposition schnell wieder ab (akute Wirkung). Andauernde Stressreaktionen können negative gesundheitliche Auswirkungen haben (chronische Wirkung).“

Kein strenger Pegelbezug bedeutet, dass sich eine Person durch ein Geräusch – auch wenn es leise ist – beeinträchtigt fühlen kann, eine andere Person es aber gar nicht wahrnimmt.

Neben der Pegelhöhe spielt auch die Geräuschcharakteristik (die Frequenzzusammensetzung, der zeitliche Verlauf, das Vorhandensein sprachlicher Anteile und die persönliche Einstellung zum Geräusch oder zum Geräuscherzeuger) eine große Rolle bei der Störwirkung. Beispiele sind telefonierende Personen im Büro, der Drucker, die Lüftungsanlage, der Aufzug, die vorbeiführende Straße, Durchsagen, usw.

Die oben genannten Auswirkungen werden meist in Büros, Schaltwarten, Klassenzimmern oder vergleichbaren Räumen beobachtet. Die Bestimmung der Lärmexposition sowie deren Beurteilung werden im Abschnitt 4.3 behandelt.

Extra-aurale Reaktionen des Körpers finden natürlich auch über 85 dB(A) statt. Meist wird in diesem Pegelbereich der Fokus ausschließlich auf die Gehörgefährdung gelegt und die extra-auralen Wirkungen übersehen. Stressreaktionen, aber auch Beeinträchtigungen der Sprachverständlichkeit können eine verminderte Arbeitsleistung sowie Fehlentscheidungen nach sich ziehen. Demzufolge kann die Fehlerquote und auch die Unfallgefahr steigen.

Steigt der Pegel im Ultra- beziehungsweise Infraschallbereich entsprechend an, kann auch die (recht hohe) Hörschwelle im Ultra- beziehungsweise Infraschallbereich überschritten werden. Das ist in der Regel gleichbedeutend mit einer Überschreitung der Schmerzschwelle. Zur Vermeidung von Gehörschäden im Sprachfrequenzbereich sollen gemäß VDI 3766 bestimmte Richtwerte am Arbeitsplatz eingehalten werden.

In der Literatur sind Hinweise zu finden, dass Infraschall bzw. tieffrequenter Schall extra-aurale Wirkungen, wie zum Beispiel Konzentrationsstörungen, Kopfschmerzen bzw. ein allgemeines Unwohlsein hervorrufen kann (VDI 2058 Blatt 2).

4 Gesetzliche Grundlagen

4.1 Arbeitsschutzgesetz

Die zentrale Rechtsvorschrift für den Arbeitsschutz in Deutschland ist das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG). Wichtig sind in diesem Zusammenhang die Paragraphen 4, 5 und 6, weil dort für den Arbeitsschutz im Allgemeinen und gegen Lärm im Speziellen bedeutsame Festlegungen getroffen worden sind:

- Es gilt das Minimierungsgebot – Gefährdungen verringern oder vermeiden.
- Gefahren müssen an der Quelle bekämpft werden.
- Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und der Hygiene muss berücksichtigt werden.
- Der jeweilige Stand muss im Planungsprozess Beachtung finden.
- Gehörschutz und andere Persönliche Schutzausrüstung (PSA) sind gegenüber anderen Maßnahmen nachrangig.
- Auf besonders schutzbedürftige Personen ist zu achten.
- Beschäftigte sind entsprechend den getroffenen Schutzmaßnahmen laut der Gefährdungsbeurteilung anzuweisen.
- Auf die Gleichbehandlung der Geschlechter ist zu achten (Ausnahmen gelten während einer Schwangerschaft).

§ 5 verlangt eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen (Gefährdungsbeurteilung) und § 6 eine schriftliche Dokumentation. Zur Gefährdungsbeurteilung gehören folgende Schritte (nach ASR V3), die parallel dokumentiert werden müssen:

Ergeben sich im Laufe der Zeit neue Erkenntnisse zu lärmärmeren Arbeitsverfahren, zur Lärminderungstechnik, zur Arbeitsmedizin oder neue Grenz- beziehungsweise Richtwerte, so ist die Gefährdungsbeurteilung fortzuschreiben (s. Abb. 11).

Das Arbeitsschutzgesetz ist ein sogenanntes Verordnungsgesetz, das bedeutet, es enthält nur grundlegende Anforderungen, während Details in den nachgeordneten Verordnungen geregelt werden. Im Bereich des betrieblichen Lärmschutzes sind folgende Verordnungen und Regeln von Bedeutung:

- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (Lärm-VibrationsArbSchV, s. Abschnitt 4.2) und die Technischen Regeln zur LärmVibrationsArbSchV (TRLV Lärm, s. Abschnitt 4.3)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und die Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“ (s. Abschnitt 4.4)
- Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) (s. Abschnitt 10)

In folgenden Rechtsnormen sind für die Praxis weitere Kriterien enthalten:

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ (s. Abschnitt 4.5)
- Jugendarbeitsschutzgesetz (s. Abschnitt 4.6)
- Mutterschutzgesetz (s. Abschnitt 4.7)

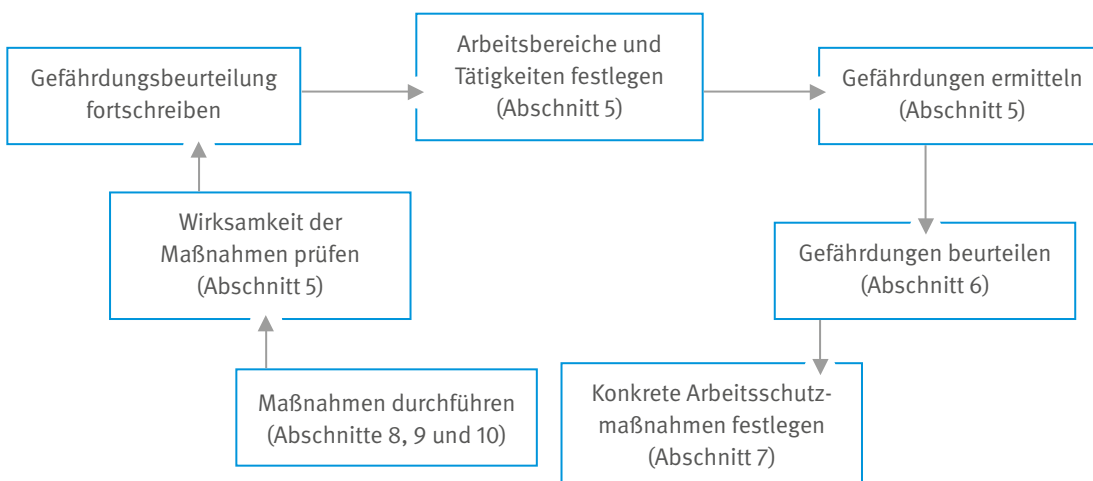


Abb. 11 Schritte der Gefährdungsbeurteilung

4.2 Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

Die Auslöse- und maximal zulässigen Expositionswerte der LärmVibrationsArbSchV und der „Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge“ (ArbMedVV) beziehen sich auf die ermittelten Tages-Lärmexpositionspegel ($L_{EX,8h}$) bzw. den Höchstwert des C-bewerteten Spitzenschalldruckpegels ($L_{pC,peak}$). Der Tages-Lärmexpositionspegel ist der A-bewertete, über die Zeit gemittelte Lärmexpositionspegel, bezogen auf eine 8-Stunden-Schicht.

Wegen seiner zentralen Bedeutung für die Beurteilung des Lärms wird dieser Pegel in Abschnitt 5 ausführlich behandelt.

Die oben genannten Pegel gelten als Maß für die Wirkung des Lärms in Bezug auf

- eine Beeinträchtigung des Hörvermögens,
- die Erhöhung der Unfallgefahr durch Überhören der Warnsignale,
- andere arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren, die sich nicht auf das Gehör beziehen.

Bei Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung sind, neben den oben genannten Pegeln, auch Co-Faktoren, wie Vibrationen und ototoxische Substanzen, zu berücksichtigen. Ototoxische Substanzen sind Stoffe, die das Gehör schädigen können. Dazu gehören zum Beispiel bestimmte Antibiotika, Chemotherapeutika und Diuretika.

4.2.1 Auslösewerte

Bei Erreichen oder Überschreiten der Auslösewerte werden – wie der Name schon sagt – bestimmte Maßnahmen des Arbeitsschutzes ausgelöst.

Es wird unterschieden zwischen unteren und oberen Auslösewerten.

Untere Auslösewerte betragen $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$, beziehungsweise $L_{pC,peak} = 135 \text{ dB(C)}$.

Obere Auslösewerte betragen $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$, beziehungsweise $L_{pC,peak} = 137 \text{ dB(C)}$.

Die Werte des Spitzenschalldruckpegels $L_{pC,peak}$ sind in der Praxis oft nur bei ganz spezifischen Tätigkeiten kritisch, wie zum Beispiel bei der Blechbearbeitung im Behälterbau. Da diese Spitzenschalldruckpegel meist nicht regelmäßig über den Tag verteilt vorkommen, können sie bei der Gefährdungsbeurteilung versehentlich unberücksichtigt bleiben.

4.2.2 Maximal zulässige Expositionswerte

Zusätzlich sind maximal zulässige Expositionswerte definiert. Die maximal zulässigen Expositionswerte dürfen auf keinen Fall überschritten werden. Sie betragen $L'_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$, beziehungsweise $L'_{pC,peak} = 137 \text{ dB(C)}$ und beziehen die dämmende Wirkung des Gehörschutzes mit ein.

4.3 Technische Regeln zur LärmVibrations-ArbschV (TRLV Lärm)

Die vier Teile der Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV Lärm) enthalten Details zur konkreten Umsetzung der Verordnung. Der jeweils aktuelle und vollständige Text ist über die Homepage der BAUA (www.baua.de/trlv) kostenlos abrufbar. Dabei konkretisieren die TRLV Lärm die zugehörige Verordnung, sodass der Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin bei Einhaltung der TRLV Lärm davon ausgehen kann, die Anforderungen der LärmVibrationsArbSchV zu erfüllen.

Der Teil „Allgemeines“ verweist auf die Verantwortung der Arbeitgeberin oder des Arbeitgebers, eine fachkundige Gefährdungsbeurteilung zum Thema Lärm zu erstellen und enthält ebenfalls Begriffsbestimmungen.

Im Teil 1 werden die Möglichkeiten zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung, die Information und Unterweisung der Beschäftigten, die arbeitsmedizinische Vorsorge sowie Schutzmaßnahmen erläutert.

Teil 2 enthält alle wichtigen Informationen zur korrekten Planung, Durchführung, Auswertung und Dokumentation von Lärmmessungen.

Teil 3 befasst sich mit Lärminderungsmaßnahmen sowie der Auswahl des geeigneten Gehörschutzes. Bei Tages-Lärmexpositionspegeln von $L_{EX,8h} > 110 \text{ dB(A)}$ muss eine

sogenannte „qualifizierte Benutzung“ des Gehörschutzes durch viermalige, dokumentierte praktische Übungen pro Jahr sichergestellt werden.

Für die Raumakustik gilt der Stand der Technik als eingehalten, wenn die Schallpegelabnahme pro Abstandsverdopplung im Abstandsbereich von 0,75 m bis 6 m in den Oktavbändern mit den Mittenfrequenzen von 500 Hz bis 4000 Hz mindestens 4 dB beträgt oder alternativ der mittlere Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$ mindestens 0,3 beträgt.

4.4 Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“

Ab einem L_{pAeq} von 80 dB(A) ist die LärmVibrations-ArbSchV, unterhalb von 80 dB(A) die ArbStättV mit der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“ heranzuziehen. Denn unterhalb dieser Pegelgrenze liegt im Allgemeinen kein Risiko für irreversible Gehörschäden vor. In diesem Pegelbereich können durch Lärm sogenannte extra-aurale Lärmwirkungen, wie zum Beispiel Stressreaktionen, entstehen (vgl. Abschnitt 3.3).

Um vor den extra-auralen Lärmwirkungen zu schützen und die Anforderungen der ArbStättV zu konkretisieren, behandelt die ASR A3.7 folgende wesentliche Aspekte:

- maximal zulässige Beurteilungspegel L_r für drei verschiedene Tätigkeitskategorien
- raumakustische Anforderungen für typische Raumnutzungsarten, sowie
- Beurteilung von Gefährdungen und dazugehörige Schutzmaßnahmen

Bei Einhaltung der ASR A3.7 kann von der Anforderungserfüllung der ArbStättV ausgegangen werden.

4.4.1 Beurteilungspegel für verschiedene Tätigkeitskategorien

Die ASR A3.7 unterscheidet drei Tätigkeitskategorien, die sich an der Komplexität der Aufgabe und der damit verbundenen Notwendigkeit der Konzentration sowie der Sprachverständlichkeit orientieren. Je höher die Konzentrationsanforderungen und je weitreichender die Folgen einer Entscheidung sind, desto niedriger muss der vorherrschende Beurteilungspegel L_r ausfallen. Der Beurteilungspegel setzt sich zusammen aus dem A-bewerteten

äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} und Zuschlägen für Impuls- (K_I) sowie Ton- und Informationshaltigkeit (K_T). Damit soll der besonderen Störwirkung von dominant auftretenden Geräuschen oder der besonderen Ablenkung durch Sprache anderer Personen Rechnung getragen werden.

$$L_r = L_{pAeq} + K_I + K_T \quad (\text{Gleichung 4})$$

Tabelle 2 Pegel und Zuschläge

Erläuterung der Größen		
Größe	Einheit	Erläuterung
L_{pAeq}	dB(A)	äquivalenter A-bewerteter Dauerschallpegel
K_I	dB(A)	Zuschlag für Impulshaltigkeit
K_T	dB(A)	Zuschlag für Ton- bzw. Informationshaltigkeit

Weitere Informationen und Beispiele zur Berechnung des Beurteilungspegels stehen in Abschnitt 5.2.1. In der ASR A3.7 sind maximal zulässige Beurteilungspegel für bestimmte Tätigkeiten festgelegt:

Tätigkeitskategorie I: L_r darf 55 dB(A) nicht überschreiten.

hohe Konzentration oder hohe Sprachverständlichkeit

Tätigkeiten, die eine andauernd hohe Konzentration erfordern, weil sie für die Erbringung der Arbeitsleistung kennzeichnend sind, wie zum Beispiel:

- schöpferisches Denken
- kreative Entfaltung von Gedankenabläufen
- exaktes sprachliches Formulieren
- Verstehen von komplexen Texten mit komplizierten Satzkonstruktionen
- Arbeitsgegenstand oder -ablauf stark zugewendet, verbunden mit hohem Entscheidungsdruck
- Entscheidungen treffen mit großer Tragweite
- hohe Sprachverständlichkeit

Tätigkeitskategorie II: L_r darf 70 dB(A) nicht überschreiten.

mittlere Konzentration oder mittlere Sprachverständlichkeit

Tätigkeiten, die eine mittlere oder nicht andauernd hohe Konzentration oder gutes Verstehen gesprochener Sprache bedingen, weil für die Erbringung der Arbeitsleistung kennzeichnend sind, wie:

- üblicherweise Routineanteile (wiederkehrende ähnliche und leicht zu bearbeitende Aufgaben)
- Entscheidungen geringerer Tragweite treffen (in der Regel ohne Zeitdruck)
- für Kommunikationszwecke erforderliche Sprachverständlichkeit

Tätigkeitskategorie III: L_r unter Berücksichtigung der betrieblichen Lärminderungspotentiale so weit wie möglich reduzieren.

geringere Konzentration oder geringere Sprachverständlichkeit

Tätigkeiten, die eine geringere Konzentration infolge überwiegend vorgegebener Arbeitsabläufe mit hohen Routineanteilen erfordern und geringere Anforderungen an die Sprachverständlichkeit stellen.

4.4.2 Nachhallzeiten für typische Raumnutzungsarten

Darüber hinaus setzt die ASR A3.7 Anforderungen an die Nachhallzeit T (Begriffserklärung: siehe 8.2.2.2). In folgenden Räumen soll die Nachhallzeit im unbesetzten Zustand – jeweils in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz – nicht überschritten werden:

- Callcenter (Büro für kommunikationsbasierte Dienstleistungen): $T = 0,5$ s
- Mehrpersonen- und Großraumbüro: $T = 0,6$ s
- Ein- und Zweipersonenbüro: $T = 0,8$ s

In Bildungsstätten, wie in Kindertageseinrichtungen, Schulen und Hochschulen, wird in besetztem Zustand des Raums für die Anforderung „Unterricht mit Personen ohne Bedürfnis nach erhöhter Sprachverständlichkeit“ die Soll-Nachhallzeit T_{soll} mit der folgenden Gleichung berechnet, unter Berücksichtigung des Raumvolumens V . Dabei ist in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz jeweils eine Toleranz von ± 20 % zulässig.

$$T_{\text{soll}} = (0,32 \cdot \lg V/\text{m}^3 - 0,17) \text{ s} \quad (\text{Gleichung 5})$$

mit V : Raumvolumen in m^3

Beispiel: Für einen Unterrichtsraum mit einem Raumvolumen von 210 m^3 errechnet sich demnach für den besetzten Zustand ein Sollwert für die Nachhallzeit von etwa $0,6$ s.

Gemäß Behindertengleichstellungsgesetz und vergleichbarer Landesregelungen müssen öffentlich zugängliche Neubauten barrierefrei errichtet werden. Bei erhöhten Anforderungen an die Sprachverständlichkeit, wie bei Personen mit Hörminderung oder im Fremdsprachenunterricht, kann es erforderlich sein, die Nachhallzeit weiter zu verringern (siehe z. B. DIN 18041:2016-03, „Hörsamkeit in Räumen, Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“, Raumnutzungsart A4).

Im Normalfall sind deshalb „die erhöhten Anforderungen“ anzusetzen und mit folgender Gleichung zu berechnen (DIN 18041:2016-03, Raumnutzungsart A4):

$$T_{\text{soll}} = (0,26 \cdot \lg V/\text{m}^3 - 0,14) \text{ s} \quad (\text{Gleichung 6})$$

4.4.3 Akustische Anforderungen an sonstige Räume mit Sprachkommunikation

In der ASR A3.7 werden, zusätzlich zu den oben genannten Werten, weitere raumakustische Anforderungen an „sonstige Räume mit Sprachkommunikation“ gestellt. Ein mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$ von mindestens $0,3$ soll in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz erreicht werden. Damit sind alle weiteren Arbeitsstätten, die einen Anspruch an die Sprachkommunikation stellen und keine Büros oder Bildungsstätten sind, mit ausreichend Absorption auszustatten.

Alternativ wird für sonstige Räume mit Sprachkommunikation das in der TRLV Lärm beschriebene Verfahren zur Ermittlung der Schalldruckpegelabnahme pro Abstandsverdoppelung DL_2 mit einem Wert von 4 dB im Oktavbandbereich von 500 Hz bis 4000 Hz angeboten.

4.4.4 Empfohlene Höchstwerte für Hintergrundgeräusche

Je nach Raumart werden in ASR A3.7 Höchstwerte für den Hintergrundgeräuschpegel empfohlen. Geräusche, die von außen auf die Arbeitsstätte einwirken (z. B. Verkehr, anliegende Produktion) oder durch die technischen Anlagen des Gebäudes verursacht werden (z. B. Lüftungstechnik), bezeichnet man als Hintergrundgeräusche. Niedrige Schalldruckpegel der Hintergrund-

geräusche in Arbeitsräumen erleichtern es in der Regel, Beurteilungspegel einzuhalten. Außerdem wird dadurch in Räumen der Bildungsstätten in den meisten Fällen eine gute Kommunikation zwischen Sprechenden und Hörenden ermöglicht. So benötigen Personen, die nicht in der Muttersprache kommunizieren oder Menschen mit Höreinschränkungen eine Pegeldifferenz zwischen Sprache und Hintergrundgeräusch von ca. 15 dB(A). Beträgt der Hintergrundgeräuschpegel beispielsweise 45 dB(A), müsste eine Person so laut sprechen, dass bei denen, die zuhören, mindestens 60 dB(A) ankommen. Das kann auf Dauer die Stimmbänder überlasten.

4.5 DGUV Vorschrift 1

Gehörschutz ist nach PSA-Verordnung (EU/2016/425) in die höchste Risikokategorie III eingeordnet. Als Konsequenz daraus ergibt sich, dass der Unternehmer oder die Unternehmerin die Beschäftigten in Lärmbereichen mit praktischen Übungen unterweisen muss.

§ 31 Besondere Unterweisungen (DGUV Vorschrift 1)
„Für persönliche Schutzausrüstungen, die gegen tödliche Gefahren oder bleibende Gesundheitsschäden schützen sollen, hat der Unternehmer die nach § 3 Absatz 2 der PSA-Benutzungsverordnung bereitzuhaltende Benutzungsinformation den Versicherten im Rahmen von Unterweisungen mit Übungen zu vermitteln.“

4.6 Jugendarbeitsschutzgesetz

Jugendliche dürfen schädlichen Einwirkungen von Lärm nur ausgesetzt werden, wenn „dies zur Erreichung ihres Ausbildungszieles erforderlich ist und ihr Schutz durch die Aufsicht eines Fachkundigen gewährleistet ist“.

Jugendliche sind vor Aufnahme der Tätigkeit in Lärmbereichen und dann mindestens halbjährlich zu unterweisen.

4.7 Mutterschutzgesetz

Gemäß Mutterschutzgesetz sind Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber dazu verpflichtet, der zuständigen staatlichen Aufsichtsbehörde die Schwangerschaft unverzüglich zu melden (§ 27). Die Behörde beaufsichtigt auch die Ausführung der entsprechenden Vorschriften.

§ 11 Abs. 3 Mutterschutzgesetz

„Der Arbeitgeber darf eine schwangere Frau keine Tätigkeiten ausüben lassen und sie keinen Arbeitsbedingungen aussetzen, bei denen sie physikalischen Einwirkungen in einem Maß ausgesetzt ist oder sein kann, dass dies für sie oder für ihr Kind eine unverantwortbare Gefährdung darstellt“.

Zu den physikalischen Einwirkungen gehört unter anderem der Lärm. Der Begriff der unverantwortbaren Gefährdung ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht geklärt. Die zuständigen Behörden sind, je nach Bundesland, zum Beispiel die Gewerbeaufsichtsämter, Regierungspräsidien oder Landesämter für Arbeitsschutz. Ob Schwangere bei Lärmeinwirkung beschäftigt werden dürfen, stellen Arbeitgeber oder Arbeitgeberinnen, das betriebsärztliche Personal, die Sicherheitsfachkraft und die Betroffene selbst in einer eingehenden Gefährdungsbeurteilung fest.

5 Messungen von Lärm und raumakustischen Kenngrößen

Mit der Lärmmessung soll eine objektive Aussage möglich sein, ob ein Gesundheitsrisiko für Beschäftigte gegeben ist oder nicht. An vielen Arbeitsplätzen schwankt der Schallpegel über den Arbeitstag oder auch über die Arbeitswoche hinweg erheblich. Deshalb ist es VOR der Messung notwendig, sich über den entsprechenden Arbeitsplatz genau zu informieren und repräsentative Arbeitsschichten oder -abläufe zu ermitteln (Arbeitsanalyse entsprechend DIN EN ISO 9612). Stellen Sie sich in diesem Zusammenhang folgende Fragen:

- Welche Lärmquellen kommen am Arbeitsplatz vor?
- Wie lange sind die Lärmquellen aktiv? Mit welcher Leistung werden Maschinen und Anlagen üblicherweise gefahren?
- Ist die Bearbeitung besonders laut oder leise (dünnes Blech vs. dickes Blech)?
- Wie viele Nachbararbeitsplätze sind besetzt? Entspricht das der „normalen“ Auslastung?
- Gibt es Unterschiede zwischen Früh-, Spät- bzw. Nachtschicht?
- Wie lange sind die Beschäftigten dem Lärmpegel ausgesetzt?
- Werden auch Beschäftigte ohne festen Arbeitsplatz berücksichtigt (z. B. Personen, die den Stapler fahren oder in der Instandhaltung arbeiten)?

Viele wichtige Informationen haben mit der Messung nichts zu tun, bilden aber die Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung. Aus gutem Grund verlangt die LärmVibrationsArbSchV, dass Lärmmessungen von fachkundigen Personen durchgeführt werden, die die oben genannten Zusammenhänge kennen.

5.1 Messung für eine Gefährdungsbeurteilung nach LärmVibrationsArbSchV

5.1.1 Allgemeines

Ist ein Mitarbeiter oder eine Mitarbeiterin (oder eine Gruppe) einer Lärmgefährdung ausgesetzt, muss die Arbeitgeberin oder der Arbeitgeber die Gefährdung ermitteln und entsprechende Maßnahmen treffen. Als Basis einer Gefährdungsbeurteilung nach LärmVibrationsArbSchV ist der $L_{EX,8h}$ und der $L_{pC,peak}$ zu bestimmen, sowohl orts- als auch personenbezogen. Dazu werden grundsätzlich drei Messwerte erfasst:

- die Expositionsdauer t
- der äquivalente A-bewertete Dauerschallpegel L_{pAeq}
- der C-bewertete Spitzenschallpegel $L_{pC,peak}$

Der äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} bildet in Kombination mit der Expositionsdauer, wie der Dauer einer bestimmten Tätigkeit oder dem Aufenthalt im Lärmbereich, die Grundlage zur Berechnung des Tages-Lärmexpositionspegels. Auf die Anforderungen zur Messung nach LärmVibrationsArbSchV wird im Folgenden eingegangen. Sie sind außerdem in der TRLV „Lärm“ Teil 2 detailliert beschrieben.

Für die Messung des Spitzenschalldruckpegels $L_{pC,peak}$ sind der Zeitpunkt und die Zeitdauer der Messung so zu wählen, dass das lauteste Ereignis eines repräsentativen Arbeitstags erfasst wird. Das können Richtarbeiten mit einem Hammer, das Fallenlassen von Paletten, das Abziehen von Druckluftschläuchen, Schussereignisse oder Ähnliches sein.

Die TRLV Lärm unterscheidet zwei Möglichkeiten von Messungen.

5.1.2 Ortsfeste Messung (nach TRLV Lärm Teil 2)

In vielen Fällen werden ortsfeste Messungen durchgeführt. Sie können dann sowohl für die Festlegung der Lärmbereiche als auch für die Berechnung des Tages-Lärmexpositionspegels der Beschäftigten herangezogen werden.

Geräusche an Arbeitsplätzen können in ihrem Pegelverlauf gleichmäßig, schwankend oder unterbrochen sein oder aus Kombinationen verschiedener Geräusche bestehen. Dementsprechend muss die Messzeit angepasst werden, um einen repräsentativen Mittelungspegel erfassen zu können. Bei gleichmäßigen Geräuschen genügt oft eine Messdauer von ca. 15 Sekunden. Bei zyklischen Geräuschen sind mindestens drei Zyklen zu messen beziehungsweise bei stark schwankenden Geräuschen große Teile einer Arbeitsschicht oder einer Tätigkeit. Die Messung kann beendet werden, wenn sich der angezeigte L_{pAeq} nicht mehr ändert.

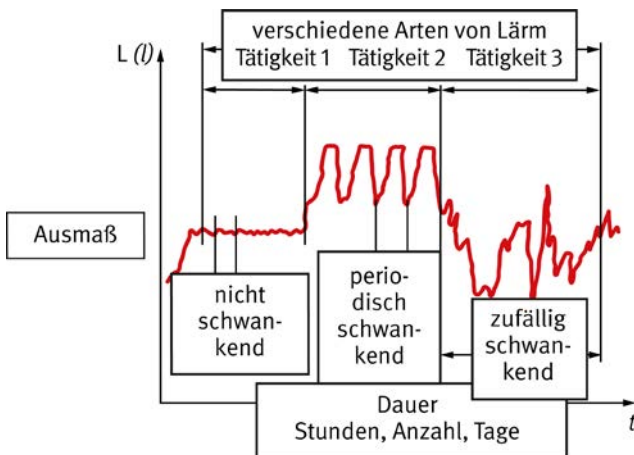


Abb. 12 Typische mögliche Schallpegelverläufe (aus TRLV Lärm Teil 2)

Eine ortsfeste Messung kann sowohl in Anwesenheit als auch in Abwesenheit einer Person durchgeführt werden. Wird in Anwesenheit einer Person gemessen, wird das Mikrofon in einem Abstand von ca. 0,1 – 0,4 m zum höher belasteten Ohr positioniert.

Bei der ortsfesten Messung in Abwesenheit von Beschäftigten müssen die folgenden Höhen verwendet werden:

- Stehende Tätigkeit: Der Schallpegelmesser wird am Arbeitsplatz in 1,55 m* Höhe über dem Boden in Blickrichtung positioniert.
- Sitzende Tätigkeit: Der Schallpegelmesser wird am Arbeitsplatz in 0,80 m** Höhe über der Sitzfläche in Blickrichtung positioniert.

(Nach DIN EN ISO 9612:2009-09 „Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2“ (Ingenieurverfahren):

* 1,55 m ± 0,075 m über dem Boden; ** 0,80 m ± 0,05 m über der Sitzfläche bei mittlerer Sitzeinstellung)

Generell ist darauf zu achten, dass die messende Person so wenig akustischen Einfluss wie möglich auf die Messung hat, dies beinhaltet insbesondere Reflexionen und Abschirmungen durch den Körper.

5.1.3 Personengebundene Messung (nach TRLV Lärm Teil 2)

Wechselt die Person öfter den Arbeitsplatz und ist es nicht möglich, dieser Bewegung stets zu folgen, sollte eine personengebundene Messung mit einem am Körper angebrachten Mikrofon oder einem Personenschall-exposimeter (Lärmdosimeter) durchgeführt werden. Das Mikrofon



Abb. 13 und 14 Schallpegelmesser mit Stativ bei ortsfester Messung in Abwesenheit und in Anwesenheit eines Beschäftigten



Abb. 15 und 16 Lärmdosimeter

wird dazu auf der Schulter befestigt (Abb. 15, 16). Der Abstand des Mikrofons zur Schulter ist mit 4 cm festgelegt, der Abstand zum Ohr mit mindestens 10 cm. Handelsübliche Lärmdosimeter sind so konstruiert worden, dass der Abstand von 4 cm bereits durch ihren Aufbau erfüllt ist. Um die Position auf der Schulter auch bei der Bewegung und Arbeit konstant einzuhalten, sind spezielle Trägersysteme für Personenschallexposimeter verfügbar. Manche Dosimeter werden an einem Helm angebracht.

Der Vorteil einer personengebundenen Messung ist das ständige Mitführen des Messgeräts und damit die dauerhafte Erfassung der Schalldruckpegel am Ohr in Kombination mit den jeweiligen Zeitanteilen.

Nachteile wie Schallreflexionen und Abschirmungen können sich ergeben, weil sich das Mikrofon nah am Körper befindet. Außerdem kann nicht in jedem Fall am höher exponierten Ohr gemessen werden, und es gilt zu prüfen, ob die Testperson das Mikrofon zum Beispiel durch Klopfen manipulieren kann. Es muss ausgeschlossen werden, dass Fehlmessungen entstehen, wie durch Reibung der Kleidung am Messgerät.

5.1.4 Messstrategien nach DIN EN ISO 9612

Die DIN EN ISO 9612: 2009-09 „Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren)“ bildet die Grundlage der Ermittlung der Lärmexposition am Arbeitsplatz nach LärmVibrationsArbSchV und den dazugehörigen Technischen Regeln.

Die Messungen können, je nach Anwendung, in Form einer der unten genannten Strategien oder in Kombination der Strategien mit einem handgehaltenen Schallpegelmessgerät oder einem Personenschallexposimeter (Lärmdosimeter) durchgeführt werden.

Bevor die geeignete Messstrategie festgelegt werden kann, müssen Informationen eingeholt und der Arbeitsablauf exakt analysiert werden. Dazu ist es sinnvoll, die jeweils betroffenen Beschäftigten in die Vorbereitungen einzubeziehen.

Zur Arbeitsanalyse gehört

- die Einteilung bestimmter Arbeitsbereiche bzw. Berufsgruppen,
- die Festlegung von Gruppen mit gleicher Geräuschexposition,
- die Festlegung eines repräsentativen Arbeitstags für jede Gruppe,
- ggf. Ermittlung der einzelnen Tätigkeiten,
- ggf. Ermittlung einzelner bzw. besonderer Geräuschereignisse.

5.1.4.1 Tätigkeitsbezogene Messungen

Diese Messstrategie wird am häufigsten angewandt, um den Tages-Lärmexpositionspegel zu ermitteln. Dazu wird der Arbeitstag in Tätigkeiten aufgeteilt, die einzeln zu betrachten sind. Für jede Tätigkeit muss der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} , der Spitzenschallpegel $L_{pC,peak}$ und der jeweilige Zeitanteil der Tätigkeit am repräsentativen Arbeitstag bestimmt werden. Im einfachsten Fall führt eine Person während der kompletten Schicht nur eine Tätigkeit an einem Arbeitsplatz durch.

Jede Tätigkeit sollte mindestens dreimal mit einer Mindestmesszeit von je 5 Minuten gemessen werden. Dadurch wird sowohl eine Einschätzung der Lärmpegelschwankungen als auch der Messunsicherheit möglich.

Betragen die Schwankungen innerhalb einer Tätigkeit mehr als 3 dB,

- sind entweder drei weitere Messungen durchzuführen,
- ist die Tätigkeit in weitere Abschnitte zu unterteilen,
- ist die Tätigkeit mit einer längeren Messdauer zu begleiten.

Aus den Stichprobenmessungen wird zunächst für jede Tätigkeit m der äquivalente Dauerschallpegel $L_{p,A,eqT,m}$ berechnet.

Der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ errechnet sich dann folgendermaßen:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left(\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \cdot L_{p,A,eqT,m}} \right) \text{ dB} \quad (\text{Gleichung 7})$$

Tabelle 3 Pegel, Zeiten und Messungen

Erläuterung der Größen		
Größe	Einheit	Erläuterung
$L_{EX,8h}$	dB(A)	Tages-Lärmexpositionspegel
$L_{p,A,eqT,m}$	dB(A)	A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel für die Tätigkeit m
$\bar{T}_m$	h	Arithmetischer Mittelwert der Zeitdauer der Tätigkeit m
T_0	h	Bezugszeitdauer, $T_0 = 8\text{h}$
m	1	Nummer der Tätigkeit
M	1	Gesamtzahl an Tätigkeiten m , die zum Tages-Lärmexpositionspegel beitragen

Beispiel: Eine Person ist während ihrer achtstündigen Arbeitsschicht an drei Arbeitsplätzen beschäftigt, beziehungsweise führt drei Tätigkeiten aus. Für jede der Tätigkeiten sind während der Messungen jeweils die energetischen Mittelungspegel gebildet und die Zeitanteile für jeden Arbeitsplatz und jede Tätigkeit ermittelt worden.

Tabelle 4 Übersicht der Tätigkeitsabschnitte

Tätigkeit	Zeitanteil in h	$L_{p,A,eqT,m}$ in dB(A)
Bedienung Maschine A	5	87,1
Bedienung Maschine B	2	89,3
Kontrollgänge	1	86,5

Gleichung 7 in Kombination mit den Tabellen 3 und 4:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left(\frac{5}{8} 10^{0,1 \cdot 87,1} + \frac{2}{8} 10^{0,1 \cdot 89,3} + \frac{1}{8} 10^{0,1 \cdot 86,5} \right) \text{ dB(A)} = 87,7 \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,8h} = 88 \text{ dB(A)} \quad (\text{arithmetisch gerundet})$$

Für eine Person in Teilzeitbeschäftigung mit einer Schichtdauer von vier Stunden würde sich, unter Annahme der Halbierung des Zeitanteils jeder Tätigkeit, folgender Tages-Lärmexpositionspegel ergeben:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left(\frac{2,5}{8} 10^{0,1 \cdot 87,1} + \frac{1}{8} 10^{0,1 \cdot 89,3} + \frac{0,5}{8} 10^{0,1 \cdot 86,5} \right) \text{ dB(A)} = 84,7 \text{ dB(A)}$$

Eine Schichtdauer von mehr als acht Stunden würde den o.g. $L_{EX,8h} = 87,7 \text{ dB(A)}$ um den Wert $10 \lg \frac{\bar{T}_m}{T_0}$ erhöhen.

5.1.4.2 Berufsbildbezogene Messungen

Die Art der Messstrategie wird angewandt, wenn die Arbeitsabläufe nicht, wie bei der tätigkeitsbezogenen Messung, gut erfasst werden können oder wenn sie stark schwankend sind. Die sorgfältige Auswahl der Berufsgruppen ist die Grundlage der Strategie. Für die gebildeten Berufsgruppen werden stichprobenartig Messwerte zu zufälligen Zeiten an verschiedenen Arbeitstagen ermittelt.

Je nach Anzahl der Beschäftigten pro Berufsgruppe ist eine minimale Gesamtmeszeitdauer festgelegt. Für eine Gruppe von bis zu fünf Beschäftigten gleicher Exposition ist zum Beispiel eine Gesamtmesdauer von fünf Stunden, für Gruppen von mehr als 40 Beschäftigten 17 Stunden festgelegt worden oder eine Aufteilung in kleinere Gruppen.

Im Unterschied zu den tätigkeitsbezogenen Messungen vereinfacht sich die Arbeitsanalyse. Für die Planung und die Messungen ist jedoch ein größerer Aufwand und eine längere Messdauer erforderlich.

Der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ errechnet sich dann folgendermaßen:

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{ dB} \quad (\text{Gleichung 8})$$

Und

$$L_{EX,8h} + L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (\text{Gleichung 9})$$

Tabelle 5 Erläuterung der Größen

Erläuterung der Größen		
Größe	Einheit	Erläuterung
$L_{EX,8h}$	dB(A)	Tages-Lärmexpositionspegel
L_{p,A,eqT_e}	dB(A)	A-bewerteteter äquivalenter Dauerschallpegel für die tatsächliche Zeitdauer des Arbeitstages T_e
$L_{p,A,eqT,n}$	dB(A)	A-bewerteteter äquivalenter Dauerschallpegel für die Stichprobenmessung n
T_e	h	Tatsächliche Zeitdauer des Arbeitstages
T_0	h	Bezugszeitdauer, $T_0 = 8 \text{ h}$
n	1	Berufsbildbezogene Stichprobennummer der Schallpegelmessung
N	1	Gesamtzahl berufsbildbezogener Stichproben der Schallpegelmessungen

Beispiel: In einem Arbeitsbereich sind vier Personen mit gleichartigen Tätigkeiten beschäftigt. Sie bedienen und kontrollieren eine Anlage. Nach DIN EN ISO 9612 ist somit eine minimale Gesamtmessdauer von fünf Stunden erforderlich. Da die Anlage im Zwei-Schicht-Betrieb jeweils 7,5 Stunden gefahren wird, ist folgende stichprobenartige Messstrategie festgelegt worden:

- in beiden Schichten Messungen mit einer Gesamtdauer von drei Stunden
- Aufteilung der Messung pro Schicht in $2 \times 1,5$ Stunden

Die vier Messungen ergaben folgende Messwerte $L_{p,A,eqT,n}$ in dB(A):

Tabelle 6 Stichprobenmessungen zu vier unterschiedlichen Zeiten

Frühschicht		Spätschicht	
Messung zu Schichtbeginn 07:00– 08:30 Uhr	Messung zum Schichtende 12:00– 13:30 Uhr	Messung zu Schichtbeginn 14:30– 16:00 Uhr	Messung zum Schichtende 19:00– 21:30 Uhr
86,1	87,9	86,3	86,5

Der höchste gemessene Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ betrug 134 dB(C).

Gleichung 9 in Kombination mit den Tabellen 5 und 6

Die Berechnung:

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{1}{4} (10^{0,1 \cdot 86,1} + 10^{0,1 \cdot 87,9} + 10^{0,1 \cdot 86,5}) \right) = 86,8 \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,8h} = 86,8 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{7,5 \text{ h}}{8 \text{ h}} \right) \text{ dB} = 86,5 \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)} \quad (\text{arithmetisch gerundet})$$

5.1.4.3 Ganztagsmessungen

Die Messungen umfassen – wie der Name schon sagt – mehrere komplette Arbeitsschichten oder zumindest große Teile davon. Es sind repräsentative Tage zu wählen, und innerhalb der Messung sind alle relevanten Geräuschbelastungen, aber auch mögliche Ruhephasen zu erfassen.

Aufgrund der langen Messdauer sollten Personenschall-exposimeter bevorzugt werden oder handgehaltene Schallpegelmesser auf Stativen (siehe Abschnitt 5.1.2 Ortsfeste Messungen). Fachkundige Personen beobachten und protokollieren die Messungen. Störgeräusche und Manipulationen des Messgeräts gilt es zu vermeiden. Gegebenenfalls müssen stichprobenartig Schallpegelmessungen mit einem zusätzlichen Handschallpegelmessgerät zur Absicherung des Ergebnisses durchgeführt werden, wie auch die Kontrolle des Pegel-Zeit-Verlaufs auf ungewöhnliche Ereignisse.

An drei unterschiedlichen Arbeitstagen oder an drei unterschiedlichen Personen sind die Messungen durchzuführen. Ist die Abweichung < 3 dB, kann aus den drei Messwerten des äquivalenten Dauerschallpegels der energetische Mittelungspegel gebildet werden. Ist die Abweichung > 3 dB, sind wenigstens noch zwei weitere Ganztagesmessungen zu ergänzen. In Kombination mit der tatsächlichen Arbeitsdauer pro Schicht wird der Tages-Lärmexpositionspegel berechnet.

Beispiel: In der Verlade-Abteilung einer Firma sind mehrere Personen beschäftigt, die den Gabelstapler fahren können. Davon werden drei ausgewählt, deren Arbeitsschicht messtechnisch mit einem Personenschall-exposimeter begleitet wird. Die tatsächliche Arbeitszeit beträgt zehn Stunden und wird von zwei Pausen à 30 und 15 Minuten unterbrochen. Die reine Messzeit beträgt 8,5 Stunden.

Es werden folgende äquivalenten Dauerschallpegel $L_{p,A,eqT,n}$ in dB(A) ermittelt:

Tabelle 7 Messwerte bei drei unterschiedlichen Personen auf dem Gabelstapler

Person 1	Person 2	Person 3
84,7	86,3	86,7

Daraus ergibt sich der folgende gemittelte Wert:

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 84,7} + 10^{0,1 \cdot 86,3} + 10^{0,1 \cdot 86,7}) \right) = 86,0 \text{ dB(A)}$$

Der Tages-Lärmexpositionspegel beträgt:

$$L_{EX,8h} = 86,0 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{10 \text{ h}}{8 \text{ h}} \right) \text{ dB} = 87,0 \text{ dB(A)}$$

5.1.5 Messunsicherheit

Das Ergebnis jeder Messung ist stets mit einer Unsicherheit verbunden.

Je nach verwendeter Messstrategie gibt es unterschiedliche Unsicherheitsquellen, die ausführlich in der DIN EN ISO 9612 behandelt werden.

Unsicherheiten entstehen insbesondere:

- bei der Stichprobennahme tätigkeitsbezogener bzw. berufsbildbezogener Schallpegel

- bei der Ermittlung der Zeitdauer für eine Tätigkeit
- durch das eingesetzte Messgerät (Klasse 1 oder 2)
- durch die Mikrofonposition

5.1.5.1 Berechnung der Messunsicherheit (nach DIN EN ISO 9612)

Das Endergebnis besteht aus dem ermittelten Tages-Lärmexpositionspegel und einer erweiterten Messunsicherheit U , das bedeutet:

$$L_{EX,8h} + U \quad (\text{Gleichung 10})$$

Die erweiterte Messunsicherheit U errechnet sich aus $U = k \cdot u$, wobei sich die kombinierte Standardunsicherheit u aus den einzelnen Unsicherheitsbeiträgen zusammensetzt:

$$U = k \cdot u \quad (\text{Gleichung 11})$$

$$u^2 = \sum c_i^2 \cdot u_i^2 \quad (\text{Gleichung 12})$$

Tabelle 8 Übersicht der Unsicherheitsfaktoren

Faktor	Erläuterung
k	Erweiterungsfaktor, der vom Vertrauensbereich abhängt Hier: $k = 1,65$ (das bedeutet, dass 95 % der Werte unter der oberen Grenze, $L_{EX,8h} + U$, liegen)
u_i	Standardunsicherheiten
c_i	Empfindlichkeitskoeffizienten

Tabelle 9 Genauigkeitsklasse – abhängig von der Standardunsicherheit u

Genauigkeitsklasse	1	2	3
Kombinierte Standardunsicherheit u (nach DIN EN ISO 9612)	$\leq 2 \text{ dB}$	$\leq 4 \text{ dB}$	$\leq 6 \text{ dB}$

Für die oben aufgeführten Berechnungen des Tages-Lärmexpositionspegels und der Messunsicherheit wurde ein Kalkulationsprogramm auf Excel-Basis erstellt. Dort werden die Messwerte, die Zeitanteile und die eingesetzte Messtechnik berücksichtigt und das Ergebnis $L_{EX,8h} + U$ wird ausgegeben. Es kann unter www.din.de oder auf den Seiten des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV (www.dguv.de/d1181564) heruntergeladen werden.

5.1.5.2 Vereinfachtes Verfahren (nach TRLV „Lärm“, Teil 2)

Die Ermittlung der Unsicherheiten, auf Basis des vereinfachten Verfahrens, lassen sich nur auf tätigkeitsbezogene Messungen anwenden. Die Grundlage bilden die Genauigkeitsklasse des verwendeten Messgeräts und die geschätzte Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition. Die Festlegung auf eine der geschätzten Unsicherheiten (Tabelle 10) bei der Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition setzt voraus, dass die zu betrachtenden Tätigkeiten oder Arbeitsplätze mehrfach gemessen worden sind.

Tabelle 10 Genauigkeitsklasse nach dem vereinfachten Verfahren

Genauigkeitsklasse	1	2	3
Messgerät	Klasse 1	Klasse 2 oder besser	Klasse 2 oder besser
Geschätzte Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition	$\leq 1,5$ dB	≤ 3 dB	≤ 6 dB

Beispiel: Es wurde ein Klasse 1-Messgerät eingesetzt. Die geschätzte Unsicherheit (Schwankung) der typischen Lärmexposition wird mit ≤ 3 dB angenommen.

Bei abweichenden Genauigkeitsklassen wird immer die schlechtere angenommen, das bedeutet, im genannten Beispiel wird ein Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 angenommen (vgl. Tabelle 10, rote Pfeile).

Mit diesem Ergebnis geht man in Tabelle 11 und ermittelt bei Genauigkeitsklasse 2 die folgende Unsicherheit $\Delta L = 3$ dB, mit der das Messergebnis zu kombinieren ist:

Tabelle 11 Messunsicherheit in dB – abhängig von der Genauigkeitsklasse (vereinfachtes Verfahren)

Genauigkeitsklasse	1	2	3
Unsicherheit ΔL	0 dB	3 dB	6 dB

Beim Vergleich mit den Auslösewerten ist jeweils zu prüfen, ob der Wert unterhalb, innerhalb oder oberhalb des

Pegelbereichs von $(L_{EX,8h} - \Delta L)$ bis $(L_{EX,8h} + \Delta L)$ liegt. Wurde zum Beispiel ein $L_{EX,8h} = 83$ dB(A) ermittelt, ergibt sich ein Pegelbereich von $(83-3)$ bis $(83+3) = 80-86$ dB(A).

Der Wert wird mit den Auslösewerten der LärmVibrations-ArbSchV verglichen. In diesem Fall wären der obere Auslösewert $L_{EX,8h} = 85$ dB überschritten und entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

5.2 Messung des Beurteilungspegels nach ASR A3.7 Lärm

Die Grundlagen für die Messung und Bewertung von Arbeitsstätten im Pegelbereich unterhalb der Gehörfähigung sind in der ASR A3.7 definiert. Bei der Messung muss darauf geachtet werden, dass Eigengeräusche der Person auszuschließen sind, an deren Arbeitsplatz Messungen durchgeführt werden sollen. Eigengeräusche sind Gespräche mit anderen Personen oder dem Arbeitsplatz zugeordnete Kommunikationssignale (z. B. Telefon). An Büroarbeitsplätzen sind Eigengeräusche in der Form beispielsweise durch die Abwesenheit der beschäftigten Person und das Stummschalten des zugehörigen Telefons ausgeschlossen. Es gibt aber auch schwierige Fälle, in denen es kaum möglich ist, Eigengeräusche auszuschließen, wie an Arbeitsplätzen mit Interaktion (z. B. zwischen Kassiererin und Kunden).

Zur Festlegung von Maßnahmen ist – anders als im Geltungsbereich der LärmVibrations-ArbSchV der $L_{EX,8h}$ – der Beurteilungspegel L_r heranzuziehen. Der Beurteilungspegel stellt ein Maß für die Lästigkeit eines Geräusches und die potenzielle Beeinträchtigung bei der Arbeit dar.

Es werden jeweils einzelne Tätigkeiten beurteilt, die zusammenhängend oder in Summe eine Dauer von mindestens einer Stunde einnehmen. Außerdem ist darauf zu achten, dass Tätigkeiten nur dann einer Unterscheidung bedürfen, wenn sie unterschiedlichen Tätigkeitskategorien (vgl. Abschnitt 4.4.1) zuzuordnen sind. Die Vorgehensweise zur Messung ist in DIN 45645-2 festgelegt. Die Messmethode ist an die Vorgaben der DIN EN ISO 9612 angelehnt. So sind beispielsweise die Vorgaben zu Messhöhen und Mikrofonpositionen identisch.

5.2.1 Ermittlung des Beurteilungspegels ohne Berücksichtigung von Teilzeiten

Der Beurteilungspegel errechnet sich folgendermaßen:

$$L_r = L_{pAeq} + K_I + K_T \quad (\text{Gleichung 13})$$

Der Zuschlag für Impulshaltigkeit K_I wird aufgrund folgender Differenz bestimmt:

$$K_I = L_{pAeq} - L_{pAeq}$$

Tabelle 12 Erläuterung der Größen und Zuschläge

Erläuterung der Größen		
Größe	Einheit	Erläuterung
L_{pAeq}	dB(A)	A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel
L_{pAeq}	dB(A)	A-bewerteter mit der Zeitbewertung „Impuls“ bestimmter Dauerschallpegel
K_I	1	Zuschlag für Impulshaltigkeit
K_T	1	Zuschlag für Ton- und Informations-haltigkeit

$$\begin{aligned}
 K_I &= 0 \text{ dB} & \text{falls } (L_{pAeq} - L_{pAeq}) < 3 \text{ dB} \\
 K_I &= L_{pAeq} - L_{pAeq} & \text{falls } 3 \text{ dB} \leq (L_{pAeq} - L_{pAeq}) \leq 6 \text{ dB} \\
 K_I &= 6 \text{ dB} & \text{falls } (L_{pAeq} - L_{pAeq}) > 6 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Falls in dem Geräusch am Arbeitsplatz ein oder mehrere Töne hörbar hervortreten oder das Geräusch informationshaltig ist (z. B. Gespräche), beträgt K_T je nach Auffälligkeit 3 dB oder 6 dB.

Nach Definition ist die Summe aus K_I und K_T auf maximal 6 dB begrenzt.

Beispiel: An einem Arbeitsplatz in einem Labor wurde $L_{pAeq} = 62 \text{ dB}$ (ohne Eigengeräusche) ermittelt.

Gemessene Impulshaltigkeit

$$L_{pAeq} - L_{pAeq} = 5,2 \text{ dB} \Rightarrow K_I = 5 \text{ dB}$$

auffälliger Einzelton eines Lüfters $\Rightarrow K_T = 3 \text{ dB}$

Berechnung des Beurteilungspegels:

$$L_r = L_{pAeq} + K_I + K_T$$

$$(K_I + K_T) > 6 \text{ dB} \Rightarrow \text{Festlegung auf } 6 \text{ dB}$$

$$L_r = 62 \text{ dB} + 6 \text{ dB}$$

$$L_r = 68 \text{ dB}$$

5.2.2 Ermittlung des Beurteilungspegels aus Messungen in Teilzeiten

Oft ist es so, dass innerhalb einer Arbeitsschicht nicht nur ein konstanter Schalldruckpegel herrscht, sondern durch Arbeitsplatzwechsel oder verschiedene Tätigkeiten auch unterschiedliche Schalldruckpegel auftreten. Es kann deshalb sinnvoll sein, eine einzelne Tätigkeit in mehrere Teilzeiten zu zerlegen. Dabei ist der Beurteilungspegel L_r auf einem anderen Wege zu ermitteln als im vorangehenden Abschnitt dargestellt.

Für jede ermittelte Teilzeit muss eine separate, repräsentative Messung durchgeführt werden. Nach Abschluss dieser Messungen und der Ermittlung der Dauer der Teilzeiten wird der Beurteilungspegel L_r folgendermaßen ermittelt:

$$L_r = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{m=1}^M T_m \cdot 10^{0,1 \cdot L_{p,m}} \right) \text{ dB} \quad (\text{Gleichung 14})$$

$$L_{p,m} = L_{pAeq,m} + K_I + K_T \quad (\text{Gleichung 15})$$

Tabelle 13 Teilzeiten

Erläuterung der Größen		
Größe	Einheit	Erläuterung
T_m	h	Dauer der Teilzeit m
T	h	Summe der Zeitdauern für alle Teilzeiten T_m
M	1	Gesamtzahl der Teilzeiten m

Beispiel: In einem Meisterbüro (von Produktion abgetrennte Kabine mit Fenstern) lassen sich, abhängig von der jeweiligen Auslastung der Anlage, drei Phasen unterscheiden:

1. Grundgeräusch

(Lüftung, Leerlauf): etwa 15 % der Arbeitsschicht

2. Produktionsanlage in Betrieb:

etwa 80 % der Arbeitsschicht

3. Produktionsanlage und Klopfer (zum Lösen von Rohstoffen in Behältern) in Betrieb: etwa 5 % der Arbeitsschicht

Die einzelnen Phasen werden als Teilzeiten angenommen:

1. $L_{pAeq,m} = 47,2$ dB
auffälliger Einzelton Lüftungsaggregat: $K_T = 3$ dB
2. $L_{pAeq,m} = 61,8$ dB
Geräusch weder impulshaltig noch tonhaltig:
 $K_I = K_T = 0$ dB
3. Einsatz des Klopfers unregelmäßig, Ergebnisse differieren um 2,4 dB, insgesamt vier Messungen, Mittelwert $L_{pAeq,m} = 67,4$ dB; $K_I = 4,3$ dB

$$L_T = 10 \lg \left(\frac{1}{8} (1,2 \cdot 10^{0,1 \cdot (47,2 + 3)} + 6,4 \cdot 10^{0,1 \cdot 61,8} + 0,4 \cdot 10^{0,1 \cdot (67,4 + 4,3)}) \right) = 62,9 \text{ dB} \approx 63 \text{ dB}$$

5.2.3. Berechnung der Messunsicherheit

Nach DIN 45645-2:2012-09 „Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 2: Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung“ kann folgende Abschätzung vorgenommen werden:

Tabelle 14 Messunsicherheit nach DIN 45645-2

Unsicherheit bei Vergleich	0 dB	3 dB
Messgerät	Klasse 1	Klasse 2 oder besser
Abgeschätzte Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Schallimmission	< 3 dB	< 6 dB

Die abgeschätzte Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Schallimmission wird von derselben fachkundigen Person vorgenommen, die auch die Messungen durchgeführt hat. Verwendet sie dabei ein Klasse 1-Messgerät und schätzt die Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Schallimmission auf < 3 dB, kann eine Unsicherheit bei Vergleich von 0 dB angenommen werden. Ermittelt sie den Beurteilungspegel mit einem Klasse 2-Messgerät, wird eine Unsicherheit beim Vergleich mit den maximal zulässigen Beurteilungspegeln nach ASR A3.7 von ± 3 dB angenommen.

Wenn in dem, wie unter 5.2.2 genannten Beispiel, ein Messgerät der Klasse 2 genutzt wird, ist zum Vergleich mit den maximal zulässigen Beurteilungspegeln ein Wert von 63 ± 3 dB anzunehmen. In diesem Fall wäre die Vorgabe von 70 dB für die Tätigkeitskategorie II unterschritten, die Vorgabe von 55 dB für die Tätigkeitskategorie I überschritten. Läge der angegebene Pegelbereich beispielsweise bei 53 ± 3 dB für die Tätigkeitskategorie I, wäre nach DIN 45645-2:2012-09 „Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 2: Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung“ mit einem Messgerät der Klasse 2 keine eindeutige Entscheidung möglich, sondern nur mit einem Messgerät der Klasse 1.

5.3 Ermittlung raumakustischer Kennwerte

Zur Ermittlung der raumakustischen Kennwerte sind, je nach Vorgabe, unterschiedliche Messmethoden anzuwenden. So kann einerseits, auf Basis einer Nachhallzeitmessung, oktavbandweise der mittlere Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$ berechnet werden. Ist keine Messung möglich, kann auf Basis von Tabellen mit Schallabsorptionsgraden ein mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$ angegeben werden, der über die Oktavbänder gemittelt worden ist.

Wird eine Beurteilung nicht auf Basis der Nachhallzeit, sondern auf Basis der Schallpegelabnahme pro Abstandsverdoppelung DL_2 durchgeführt, muss eine andere Messmethode angewandt werden.

Im folgenden Abschnitt werden die Messmethoden mit den daraus resultierenden Ergebnissen dargestellt und mit den Vorgaben der TRLV „Lärm“ und der ASR A3.7 in Verbindung gebracht.

5.3.1 Ermittlung der Nachhallzeit

Vorgaben zur Ermittlung der Nachhallzeit sind in der DIN EN ISO 3382-2:2008-09 standardisiert. Darin werden mehrere Verfahren dargestellt, die es ermöglichen, die Nachhallzeit eines Raums zu bestimmen. Zwei etablierte Methoden werden hier dargestellt.

Unabhängig von der genutzten Methode wird ein Messgerät mit einer entsprechenden Option zur Messung der Nachhallzeit benötigt. Die genutzte Schallquelle soll an einer für den Raum üblichen Stelle (z. B. Lehrerpult im

Klassenzimmer) oder in einer Raumecke positioniert werden. Das Mikrofon des Messgeräts soll möglichst weit von der Schallquelle entfernt sein. Der Abstand von mindestens einem Meter zu reflektierenden Oberflächen muss dabei eingehalten werden. Raumsymmetrische Positionen sollen vermieden werden. Zusätzlich ist jeweils ein Abstand von etwa zwei Metern zwischen den Positionen einzuhalten. Die Messungen finden in Abwesenheit von Personen statt (Messpersonen ausgenommen).

Die DIN EN ISO 3382-2:2008-09 unterscheidet folgende Arten der Anregung des Raums:

- a. impulshaltiges Geräusch, z. B. Platzen eines Luftballons, Betätigen einer Starterklappe oder Schuss einer Starterpistole
- b. abgeschaltetes Rauschen über einen Lautsprecher mit einer ungerichteten Abstrahlung des Schalls, bzw. gleichmäßige Abstrahlung in alle Richtungen

Voraussetzung für die Messung der Nachhallzeit ist ein Pegelunterschied zwischen dem Nutzsignal (hier die Signale unter a) oder b)) und dem Hintergrundgeräuschpegel im Raum von mindestens 35 dB in den relevanten Oktavbändern (in der Akustik häufig als Signal-Rauschabstand, *signal to noise ratio* – SNR bezeichnet).

Dabei werden von den meisten Messgeräten die Parameter T_{20} oder T_{30} ermittelt. Sie beschreiben den Pegelabfall von 20 bzw. 30 dB und extrapolieren den Wert auf die genannten 60 dB, sodass keine weiteren Berechnungen notwendig sind. Die Parameter sind so gewählt, weil in den meisten Fällen kein SNR von mehr als 60 dB gewährleistet werden kann. Bei der Messung von T_{30} ist bereits ein SNR von 45 dB notwendig.

5.3.2 Berechnung des mittleren Schallabsorptionsgrads

Nach erfolgter Messung der Nachhallzeit T kann der mittlere Schallabsorptionsgrad pro Oktavband zum Vergleich mit den Kennwerten aus der TRLV „Lärm“ oder der ASR A3.7 berechnet werden (vgl. Abschnitt 4). Dazu sind zusätzlich die Raummaße zu erfassen (Länge, Breite, Höhe), sodass daraus das Raumvolumen V (in m^3) und die Gesamtoberfläche des Raums S (in m^2) berechnet werden können (vgl. Abschnitt 2.5).

Auf Basis der Gleichung 16 kann $\bar{\alpha}$ oktavbandweise wie folgt berechnet werden:

$$\bar{\alpha} = 0,163 \frac{V}{S \cdot T} \quad (\text{Gleichung 16})$$

5.3.3 Abschätzung der raumakustischen Kennwerte

Ist eine Messung, zum Beispiel aufgrund eines hohen Fremdgeräuschpegels, nicht möglich, kann der mittlere Schallabsorptionsgrad über die Absorptionsgrade der einzelnen Wände, des Bodens und der Decke abgeschätzt werden. Das erfordert Kenntnis über die einzelnen verbauten Materialien (Datenblätter mit Messergebnissen nach DIN EN ISO 354:2003-12 „Akustik – Messungen der Schallabsorption in Hallräumen“ oder DIN EN ISO 11654:2018-05 „Akustik – Schallabsorber – Bewertung von Schallabsorptionsgraden“ bzw. Schallabsorptionsgradtabellen in TRLV „Lärm“, ASR A3.7, DIN 18041:2016-03 „Hörsamkeit in Räumen, Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“ oder weiteren Quellen). Damit ist in den meisten Fällen nur ein über alle Oktavbänder gemittelter, mittlerer Schallabsorptionsgrad abschätzbar.

5.3.4 Messung der Schallpegelabnahme pro Abstandsverdoppelung

Für die Messung des im Abschnitt 2.5 beschriebenen Parameters DL_2 wird – neben einem Schallpegelmesser mit Anzeige der Oktavbandpegel – eine Vergleichsschallquelle benötigt:

- mit einem bekannten Schallleistungsspektrum
- mit einer möglichst gleichförmigen Abstrahlung in alle Raumrichtungen
- mit einem zeitlich konstanten Pegel

Die Schallquelle wird in mindestens 3 m Entfernung zu reflektierenden Flächen auf einer Höhe von 1,5 m positioniert. Die Positionen des Schallpegelmessers befinden sich nach Angaben der TRLV „Lärm“ in gerader Linie zur Schallquelle jeweils in einem Abstand von 0,75 m, 1,5 m, 3 m und 6 m. Die Abstände der Messpositionen zu reflektierenden Oberflächen müssen mindestens 1,5 m betragen. Dieser Messpfad sollte sich möglichst in einem Arbeitsbereich und nicht in einem Flur befinden. In großen Hallen sind mehrere Messpfade in Längs- und in Querrichtung erforderlich. An jeder Messposition sind Schalldruckpegel der Testschallquelle und der Fremdgeräuschpegel zu erfassen. Beträgt die Differenz weniger als

10 dB, ist eine Fremdgeräuschkorrektur vorzunehmen. Als Ergebnis wird die Schallpegelabnahme pro Abstandsverdopplung in den Oktavbändern von 500 Hz bis 4000 Hz dargestellt.

Diese Messmethode eignet sich besonders für große Räume (Volumen größer 10.000 m³). Weiterführende Informationen bieten die TRLV „Lärm“ Teil 3, das IFA-LSA 01-234 und die DIN EN ISO 14257.

5.4 Grundlagen der Geräuschemission

Laut LärmVibrationsArbSchV müssen innerhalb einer Gefährdungsbeurteilung Herstellerangaben zur Geräuschemissionen von Maschinen herangezogen werden, um Maschinen miteinander zu vergleichen und im Vergleich lärmarme Produkte auswählen und kaufen zu können.

Die EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, in Deutschland in der 9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz umgesetzt, präzisiert, welche Angaben die Hersteller in der Betriebsanleitung sowie in Verkaufsliteratur, die auch die Leistungsangaben der Maschine enthält, zu den Geräuschemissionen machen müssen:

1. A-bewerteter Emissionsschalldruckpegel L_{pA} an den Arbeitsplätzen
 - ist er kleiner oder gleich 70 dB(A), muss es wie folgt notiert werden:
 $L_{pA} \leq 70 \text{ dB(A)}$
 - ist er größer 70 dB(A), wird der Wert konkret angegeben
 $L_{pA} = xx \text{ dB(A)}$

Bei großen Maschinen oder, wenn der Arbeitsplatz nicht genau definiert ist, kann der Emissionsschalldruckpegel mit den Maßen 1,60 m Höhe und 1 m Abstand zur Maschine angegeben werden.
2. Höchstwert des momentanen C-bewerteten Emissionsschalldruckpegels $L_{pC, \text{peak}}$ an den Arbeitsplätzen, sofern er 130 dB(C) übersteigt.
3. A-bewerteter Schallleistungspegel der Maschine L_{WA} ist anzugeben, falls der A-bewertete Emissionsschalldruckpegel am Arbeitsplatz 80 dB übersteigt.

L_{pA} und L_{WA} dienen folgenden Zwecken:

- dem Vergleich der Geräuschemission von Maschinen gleicher oder unterschiedlicher Art
- dem Vergleich mit vorgegebenen Emissionswerten (z. B. Grenzwerten)
- der Festlegung von Kennzeichnungswerten
- der Prüfung vertraglich vereinbarter Werte
- der Abschätzung von Geräuschimmissionen bei Planungsaufgaben

Im Rahmen dieser DGUV Information können nur die Prinzipien und die wichtigsten Daten der Geräuschemission genannt werden. Um es praktisch umzusetzen, reicht es im Allgemeinen, die Messungen und Auswertungen zu verstehen, die Protokolle deuten und daraus Schlüsse ziehen zu können. Außerdem sollten die wichtigsten Bestimmungen und technischen Regeln bekannt sein. Für die korrekte Ermittlung der Geräuschemission von Maschinen sind umfangreiche Fachkenntnisse und eine sehr gute Übersicht der einschlägigen Normen erforderlich, die in dieser Broschüre nicht vermittelt werden kann.

5.4.1 Emissionen und Immissionen

Bei den unter den Abschnitten 5.1 und 5.2 genannten Schalldruckpegeln handelt es sich um Immissionsdaten. Sie beschreiben die Einwirkung auf eine Person oder auf einen Messort, der meist einen bestimmten Arbeitsplatz repräsentiert. Auf die Person oder den Messort können Schall verschiedener Maschinen sowie Reflexionen von Begrenzungsflächen einwirken und sich dort überlagern.

Emissionsdaten bezeichnen hingegen die Geräuschabstrahlung EINER Maschine ohne Reflexionen von Decken, Wänden und Böden.

Beide Werte werden jedoch über dieselbe Einheit dargestellt dB(A), so dass bei Angaben in der Literatur immer darauf zu achten ist, um welche Größe es sich handelt (Immission oder Emission?).

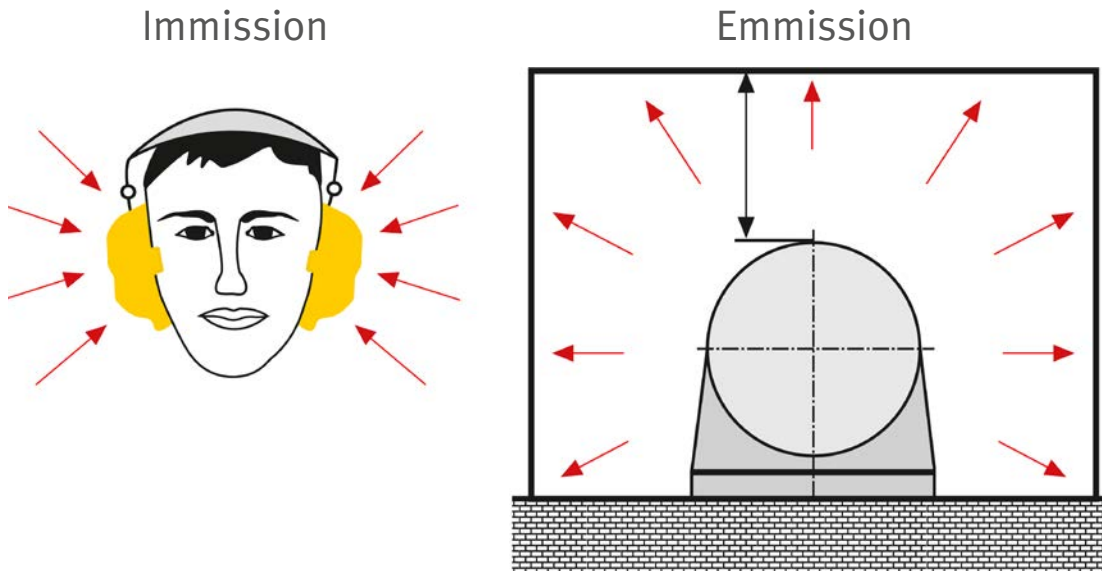


Abb. 17
Immission –
Emission

5.4.2 A-bewerteter Emissionsschalldruckpegel L_{pA} an den Arbeitsplätzen

Beim Emissionsschalldruckpegel L_{pA} handelt es sich um den Schalldruckpegel einer einzelnen Maschine an einem definierten Arbeitsplatz einer Bedienperson bei festgelegten Betriebsbedingungen ohne zusätzliche Beeinflussung der Raumrückwirkungen, wie Reflexionen von Decke, Boden und Wand.

Die Bestimmung des Emissionsschalldruckpegels am Arbeitsplatz ist in den Grundnormen DIN EN ISO 11201:2010-10 Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten [...]“ bis DIN EN ISO 11205 beschrieben.

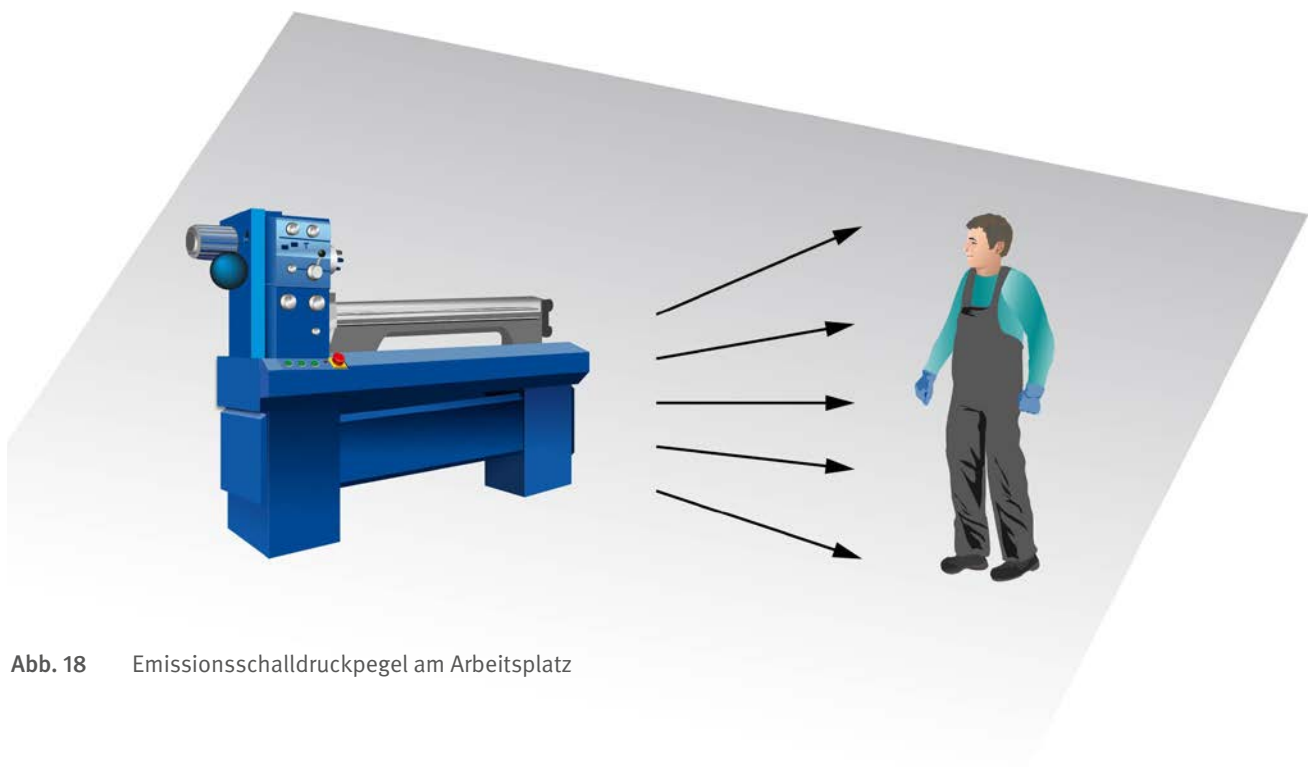


Abb. 18 Emissionsschalldruckpegel am Arbeitsplatz

5.4.3 Höchstwert des momentanen C-bewerteten Emissionsschalldruckpegels $L_{pC,peak}$ an den Arbeitsplätzen

Der C-bewertete Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ ist eine Kenngröße, die angegeben wird, wenn am Arbeitsplatz der Spitzenschalldruckpegel 130 dB(C) übersteigt.

5.4.4 A-bewerteter Schallleistungspegel L_{WA}

Der Schallleistungspegel beschreibt die insgesamt abgestrahlte Schallenergie pro Zeiteinheit, die von einer Maschine an die Umgebung abgegeben wird. Er ist eine maschinenspezifische Größe, die unabhängig von der Entfernung ist.

Der Schallleistungspegel L_W ergibt sich aus den auf der Hüllfläche gemessenen, energetisch gemittelten Schalldruckpegeln L_p :

$$L_W = L_p + 10 \lg (S/1 \text{ m}^2) \text{ dB} - K_1 - K_2 \quad (\text{Gleichung 17})$$

Tabelle 15 Größen zur Berechnung des Schallleistungspegels

Erläuterung der Größen		
Größe	Einheit	Erläuterung
L_W	dB(A)	Schallleistungspegel dB(A) re 10^{-12} W
L_p	dB(A)	mittlerer Schalldruckpegel auf der Messfläche S in dB(A) re $2 \cdot 10^{-5}$ Pa
S	m ²	Messflächeninhalt
K_1	dB(A)	Korrekturwert für den Fremdgeräuscheinfluss
K_2	dB(A)	Korrekturwert für die Raumrückwirkung

Bei der Messung in betrieblicher Umgebung sind Fremdgeräusche und Raumeinflüsse in den meisten Fällen nicht zu vermeiden und müssen für eine korrekte Bestimmung des Schalleistungspegels berücksichtigt werden.

Die Korrekturfaktoren K_1 und K_2 werden nach DIN EN ISO 3744:2011-02 „Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Geräuschkategorie 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene“

beziehungsweise DIN EN ISO 3746:2011-03 „Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Geräuschkategorie 3 über einer reflektierenden Ebene“ ermittelt.

Wird zum Beispiel der mittlere Schalldruckpegel auf einer halbkugelförmigen Messfläche ($S = 2\pi r^2$) mit Radius $r = 4$ m über einer näherungsweise punktförmigen Schallquelle mit 80 dB(A) gemessen, ergibt sich folgender Schallleistungspegel (Gleichung 17, Annahme $K_1 = K_2 = 0$ dB):

$$L_{W(4\text{ m})} = 80 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{2\pi \cdot (4 \text{ m})^2}{1 \text{ m}^2} \right) \text{ dB} = 80 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 100 \text{ dB re } 1 \text{ pW}$$

Bei Messung, zum Beispiel in doppelter Entfernung, ($2 \times 4 = 8$ m) reduziert sich der mittlere Schalldruckpegel entsprechend der Regel „6dB pro Abstandsverdoppelung“, und beträgt also nur noch 74 dB(A). Allerdings erhöht sich durch den Wert $r = 8$ m auch die Größe der Messfläche. Damit ergibt sich ein Schallleistungspegel von:

$$L_{W(8\text{ m})} = 74 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{2\pi \cdot (8 \text{ m})^2}{1 \text{ m}^2} \right) \text{ dB} = 74 \text{ dB} + 26 \text{ dB} = 100 \text{ dB re } 1 \text{ pW}$$

Man sieht, dass sich derselbe Wert ergibt, die Größe „Schallleistungspegel“ also unabhängig von der Messentfernung ist.

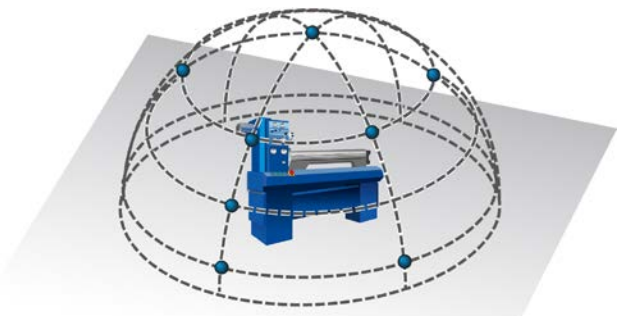
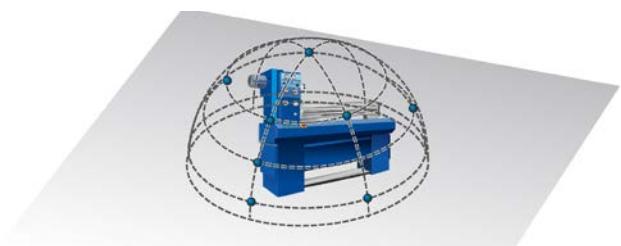


Abb. 19 und 20 Hüllfläche mit zwei verschiedenen Entfernungen zum Messobjekt

Der Schallleistungspegel ist die wichtigste Geräuschemissionskenngröße und besonders geeignet, Maschinen gleicher Art in Bezug auf ihre Geräuschemission miteinander zu vergleichen und Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle (Maschine) zu beurteilen. Der Schallleistungspegel kann als Kennwert einer Maschine bezeichnet werden, vergleichbar mit der Drehzahl, Tragfähigkeit oder anderen maschinenspezifischen Daten. In Bezug auf den Pegel ist es zunächst unerheblich, die exakte Position der dort beschäftigten Person zu kennen.

Zur Bestimmung des Schallleistungspegels können verschiedene Messverfahren angewendet werden, wie das Hüllflächenverfahren (DIN EN ISO 3744:2011-02 „Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene“ und DIN EN ISO 3746:2011-03 „Akustik – Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene“) oder Intensitätsmessungen (Normenreihe DIN EN ISO 9614).

Im ersten Schritt entsteht ein virtueller Bezugsquader, der die Maschine umschließt. Er ist die Basis für die Hüllfläche, die in 1 m Abstand definiert wird.

Die Form der Hüllfläche kann eine Halbkugel, aber auch ein Quader sein.

In der DIN EN ISO 3744 und DIN EN ISO 3746 werden, je nach Größe der Hüllfläche, eine bestimmte Anzahl Messpunkte definiert. An jedem der Messpunkte wird der Schalldruckpegel gemessen. Die Messwerte an den festgelegten Messpunkten ergeben den unkorrigierten 1-m-Messflächen-Schalldruckpegel. Im Anschluss erfolgt noch eine Korrektur, um den Fremdgeräuscheinfluss (K_1) und den Einfluss von reflektiertem Schall (K_2) zu eliminieren (falls vorhanden).

Als Fremdgeräusch werden andere Schallquellen bezeichnet. Dazu zählen auch andere Maschinen in unmittelbarer Umgebung der Messvorgänge. Die Messung sollte in Abwesenheit anderer Lärmquellen durchgeführt werden. Das ist in einigen Fällen nicht umsetzbar, zum Beispiel bei verketteten Anlagen.

Der Fremdgeräuschpegel darf beim Hüllflächenverfahren bestimmte Grenzen nicht überschreiten. Die mittleren Schalldruckpegel der Fremdgeräusche sollten mindestens 6 dB unter dem mittleren Schalldruckpegel der zu untersuchenden Schallquelle liegen, vorzugsweise aber mehr als 15 dB.

Verwendet man eine Intensitätssonde (Normenreihe DIN EN ISO 9614, siehe auch Abschnitt 5.7 „Auswahl von Schalldruckpegelmessgeräten“), können Fremdgeräusche besser vom Geräusch der zu messenden Maschine unterschieden werden. Bei der Messung mit einer Sonde wird nur selten an einzelnen Punkten gemessen (ISO 9614-1), sondern es werden zumeist Flächen gescannt (ISO 9614-2 oder ISO 9614-3).

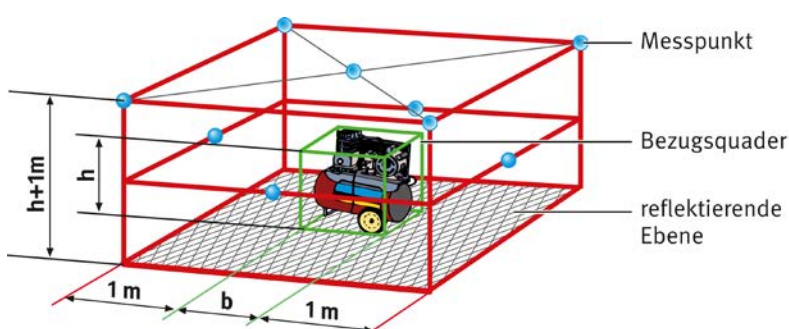


Abb. 21 Geräuschemissionsmessung an einem Druckluftheizer

5.4.5 Hinweise für die Praxis

Beim Einkauf von Maschinen sind die oben genannten Parameter, meist der Emissionsschalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} und der Schallleistungspegel L_{WA} , zu beachten.

Der Hersteller muss die genannten Werte der Maschine angeben. Gegebenenfalls ist die Einhaltung bestimmter Werte vom Betreiber zu definieren, um die eigenen Zielvorgaben im Unternehmen einhalten zu können. Bei der Angabe der Werte ist es wichtig, dass auch die Betriebsbedingungen genannt werden, unter denen sie ermittelt worden sind. Es klingt plausibel, dass eine Maschine im Leerlauf leiser ist, als mit einem Produkt befüllt und dass eine Maschine mit voller Leistung lauter ist als eine

Maschine, die mit halber Leistung gefahren wird. Im besten Fall ist der Betriebszustand gemessen worden, mit dem die Maschine später auch im Unternehmen betrieben wird.

Die Angaben in einem Geräuschdatenblatt einer Maschine können aussehen, wie in Tabelle 16 beschrieben. Auch hier sind, genau wie bei den Immissionsdaten, Messunsicherheiten anzugeben.

In maschinenspezifischen Normen (sog. C-Normen), für einzelne Maschinen oder Maschinengruppen verfügbar, sind Messanforderungen für verschiedene Betriebsbedingungen im Einzelnen aufgeführt (Muster eines Bestellschreibens, siehe Anhang 2).

Tabelle 16 Geräuschemissionsangaben gemäß EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

Typnummer der Maschine, Betriebsbedingungen und weitere spezifische Angaben: Drehautomat Typ 990, Modell 11-TC, 50 Hz, 230 V,			
Kenngrößen	Leerlauf	Last/Bearbeitung	angewendete Norm
Zweizahl-Angabe nach DIN EN ISO 4871			
Schallleistungspegel			
L_{WA} (in dB re 1 pW)	88 dB	95 dB	DIN ISO 8525: 2013-01
Unsicherheit K_{WA}	2 d	2 dB	
Emissionsschalldruckpegel			
am Arbeitsplatz L_{pA} (in dB re 20 µPa) oder an anderen festgelegten Orten	76 dB	83 dB	DIN ISO 8525: 2013-01
Unsicherheit K_{WA}	2 dB	2 dB	
Emissions-Spitzenschalldruckpegel			
$L_{pC,peak}$ (in dB re µPa)	110 dB	112 dB	DIN ISO 8525: 2013-01

Die Werte wurden nach der maschinenspezifischen Prüfnorm DIN ISO 8525:2013-01 mit Bezug zur DIN ISO 230-5:2006-03 und den Rahmenmessnormen DIN EN ISO 3744:2011-02 sowie DIN EN ISO 11202:2010-10 ermittelt.

Anmerkung: Angegebene Einzahl-Gerauschemissionswerte sind die Summe aus den Messwerten und den zugehörigen Unsicherheiten, sie stellen eine obere Grenze der Werte dar, die bei Messungen auftreten können.

5.5 Frequenzanalysen

5.5.1 Grundlagen und Anwendung

Um Informationen über die Zusammensetzung von Geräuschen gewinnen zu können, sind Frequenzanalysen erforderlich (Abb. 22).



Abb. 22
Terz-Frequenz-
analyse mit der
Software des
Messgeräts

Frequenzanalysen dienen

- der gezielten Lärminderung an einzelnen Bauteilen von Maschinen,
- der Auswahl von Gehörschützern,
- der Prüfung von Liefervereinbarungen,
- der Beurteilung raumakustischer Verhältnisse,
- der Bestimmung der Tonhaltigkeit eines Geräusches bei der Beurteilung extra-auraler Lärmwirkungen.

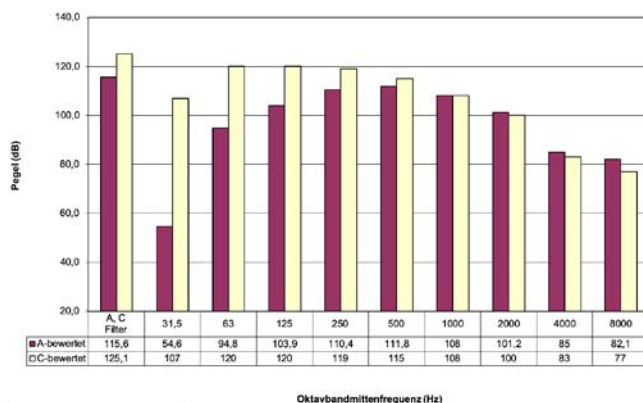


Abb. 23a Frequenzspektrum eines Kompressors mit A- bzw. C-Filter gemessen

Unterschieden werden Oktav-, Terz- und Schmalbandanalysen. Mit zunehmender Unterteilung des Frequenzbereichs steigt die Aussagekraft der Frequenzanalyse.

Die Oktavbandmittenfrequenz benachbarter Oktaven unterscheidet sich um den Faktor 2, zum Beispiel 125 zu 250 Hz, 250 zu 500 Hz usw. Die Unterteilung des hörbaren Schalls besteht deshalb aus 10 Oktaven, von 16 bis 16000 Hz.

Bei Terz-Analysen ist jede Oktave in drei Terzen unterteilt. Schmalbandanalysen unterteilen das Frequenzspektrum noch feiner. Sie basieren auf der Fourier-Transformation und nutzen einen anderen Ansatz als die Filterung in Oktaven oder Terzen.

5.5.2 Durchführung einer Frequenzanalyse

Gängige Messgeräte können das Spektrum über Teile des Messzeitraums oder den gesamten Messzeitraum ausweisen, so dass zum Beispiel einzelnen Arbeitsplätzen oder Tätigkeiten ein Spektrum zugeordnet werden kann. Das wiederum unterstützt bei der Auswahl des Gehörschutzes und der Lärminderungsmaßnahmen.

Als Beispiel für ein Frequenzspektrum sind hier zwei Oktavanalysen eines Kompressors und eines Turbinenbohrers dargestellt.

An diesen beiden Extrembeispielen lässt sich erkennen, dass der Kompressor stärker im tieffrequenten Bereich Schall abstrahlt, der Turbinenbohrer im höherfrequenten Bereich.

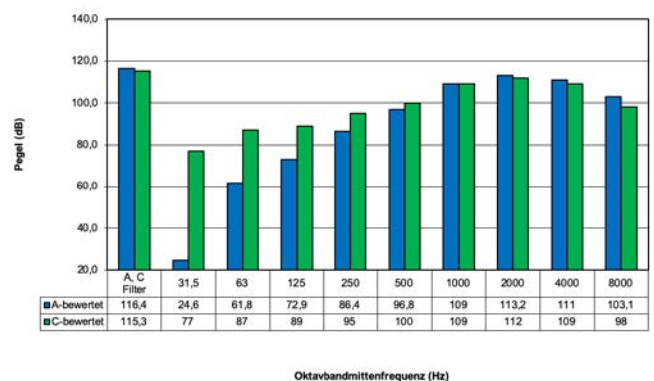


Abb. 23b Frequenzspektrum eines Turbinenbohrers mit A- bzw. C-Filter gemessen

Falls das Messgerät keine Möglichkeit zur Frequenzanalyse bietet, können in den meisten Fällen zumindest die Messwerte L_A und L_C abgelesen (Abb. 22, 23a, 23b) werden. Sie ermöglichen ein Urteil darüber, in welchem Frequenzbereich der Hauptteil der Schallenergie liegt.

Tieffrequente Geräusche weisen eine Differenz $L_C - L_A$ von mehr als 5 dB auf. Bei tieffrequenten Geräuschen ist der A-bewertete Schalldruckpegel L_A wegen der starken Dämpfung im unteren Frequenzbereich erheblich kleiner als der C-bewertete Schalldruckpegel L_C (siehe A- und C-Filter). Diese Information kann bei der Auswahl des richtigen Gehörschutzes nützlich sein.

5.6 Infra- oder Ultraschall

Vor einer Infra- oder einer Ultraschallmessung muss geprüft werden, ob das Messgerät, besonders in Verbindung mit dem Mikrofon, in der Lage ist diese Frequenzbereiche zu erfassen, um eine potenziell bestehende Gefährdung zu erkennen.

Die Anwesenheit von Ultraschall kann die Werte einer Hörschallmessung verfälschen, wenn das Klasse 1-Messgerät noch nicht über das AU-Filter verfügt, das die Frequenzen oberhalb von 16000 Hz scharf abschneidet. Wird im Unternehmen Ultraschall eingesetzt (z. B. beim Schweißen, Reinigen oder Schneiden), muss das bei der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden und die VDI-Richtlinie 3766 sollte angewendet werden. Verfügt das Unternehmen nicht über die notwendige Fachkunde zur Bewertung von Ultraschall, muss ein Spezialist oder eine Spezialistin zu Rate gezogen werden. Sprechen Sie in Zweifelsfällen Ihren Unfallversicherungsträger an.

Infraschall tritt zum Beispiel bei großvolumigen Lüftungs- und Verbrennungsanlagen auf. Aufgrund der großen Wellenlänge können extra-aurale Wirkungen auch noch in sehr großen Abständen zur Schallquelle auftreten.

Weitere Hinweise zur Gehörgefährdung und Richtwerte für die Prävention sind in der VDI 2058, Blatt 2 (Ausgabe 8/2020), enthalten.

5.7 Auswahl von Schallpegelmessgeräten

Welche Art Schallpegelmesser angeschafft werden soll, richtet sich nach der entsprechenden Messaufgabe. In den oben genannten Abschnitten sind die jeweiligen Messparameter und Kriterien aufgeführt.

Schallpegelmesser für die oben genannten Messaufgaben müssen der DIN EN 61672-Teil 1:2014-07 entsprechen, in der zwischen Klasse 1 und Klasse 2 unterschieden wird. In Klasse 2 sind die Toleranzgrenzen größer als in Klasse 1. Die Anschaffung eines Messgeräts mit Bauartzulassung ist empfehlenswert, weil die Klasse des Messgeräts zusätzlich durch eine unabhängige Prüfstelle bestätigt wird. Zum Kalibrieren des Messgeräts vor und nach jeder Messreihe muss ein Kalibrator mit der gleichen oder einer besseren Klasse eingesetzt werden. Die Kalibrierung soll sicherstellen, dass das Messgerät bis zum Abschluss der Messreihe in einwandfreiem Zustand war. Schallpegelmessgeräte müssen alle zwei Jahre in einem qualifizierten Labor (meist der Hersteller) geprüft werden. In Sonderfällen kann es notwendig sein, geeichte Geräte oder Geräte mit Explosionsschutz (ATEX-Kennzeichnung) einzusetzen.

6 Gefährdungsbeurteilung

Nach §3 der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber feststellen, ob die Beschäftigten Lärm ausgesetzt sind oder sein können.

Unternehmerinnen oder Unternehmer können für eine Gefährdungsbeurteilung Angaben der Maschinenhersteller oder anderer verfügbarer Quellen verwenden. In der Praxis wird das beim Vorhandensein mehrerer, evtl. unterschiedlicher lauter Maschinen und unter Berücksichtigung der Raumnrückwirkung sehr schwierig. Angaben und Werte können auch durch Recherchen an vergleichbaren Arbeitsplätzen oder durch Berechnungen mit entsprechenden Programmen gewonnen werden.

Um bei diesen komplexen Bedingungen Sicherheit zu erlangen, bieten sich Messungen an, die nach dem Stand der Technik (§4 LärmVibrationsArbSchV), also den einschlägigen Normen gemäß, durchzuführen sind. Die Gefährdung muss von fachkundigen Personen ermittelt werden (§5 LärmVibrationsArbSchV), die in der Lage sind, die Regelwerke anzuwenden (siehe z. B. TRLV Lärm Teil 1 bzw. Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 01-400).

Bis zu einem äquivalenten Dauerschallpegel von 80 dB(A) befindet man sich im Regelungsbereich der Arbeitsstättenregel ASR A3.7, ab 80 dB(A) ist die Lärm- und VibrationsArbeitsschutzVerordnung anzuwenden.

Aus dem Vergleich der gewonnen Werte mit den rechtlichen Vorgaben ergeben sich die zu treffenden Maßnahmen, die sich nach dem S-T-O-P-Prinzip (Substitution, dann technische, dann organisatorische, dann persönliche Schutzmaßnahmen) aufteilen:

- Ist-Zustand der Arbeitsverfahren, der Maschinen und der Räumlichkeiten vergleichen mit dem aktuellen Stand der Lärminderungstechnik; ergeben sich Lärminderungspotentiale, müssen sie ausgeschöpft werden (Minimierungsgebot).
- Beschäftigte informieren über Lärmeinwirkung an ihrem Arbeitsplatz, über die getroffenen technischen, organisatorischen oder persönlichen Schutzmaßnahmen (Erstunterweisung vor Aufnahme der Tätigkeit) und ggf. informieren im Rahmen einer allgemeinen arbeitsmedizinischen Beratung.
- Arbeitsmedizinische Vorsorge anbieten und ggf. veranlassen, abgestuft in Wunsch-, Angebots- und Pflichtvorsorge.
- Auswahl an Gehörschutz bereitstellen, über verpflichtenden Einsatz von Gehörschutz informieren, verbunden mit praktischen Übungen.
- Wiederholungsunterweisung
- Oberhalb von einem Tages-Lärmexpositionspegel von 85 dB(A) bzw. einem Spitzenschalldruckpegels von 137 dB(C) sind die Arbeitsbereiche zu kennzeichnen, der Zugang ist zu beschränken und es ist ein Lärmminierungsprogramm aufzustellen, um die Lärmbelastung zu reduzieren.
- Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen muss kontrolliert werden.

Übersichten liefern die folgenden Tabellen. Die einzuhaltenden raumakustischen Anforderungen für Arbeitsräume sind darin nicht enthalten und müssen dem jeweiligen Regelwerk (ASR A3.7 bzw. TRLV Lärm Teil 3) entsprechen.

Tabelle 17 In Abhängigkeit der Pegelwerte zu treffende Maßnahmen nach Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung

Geltungsbereich der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung													
↔ Unterer Auslösewert					↔ Oberer Auslösewert								
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	$L_{EX,8h}$ in dB(A)	
135	136				137	138	139	140	141	142	143	$L_{pC,peak}$ in dB(C)	
Information der Beschäftigten (siehe Abschnitte 5 und 6)													
Information und Unterweisung													
Allgemeine arbeitsmedizinische Beratung													
Gehörschutz (siehe Abschnitt 9)													
Bereitstellung von Gehörschutz													
					Benutzung von Gehörschutz								
Arbeitsmedizinische Vorsorge (siehe Abschnitt 10)													
Angebotsvorsorge					Pflichtvorsorge								
Weitere Maßnahmen (siehe Abschnitte 7 und 8)													
						Lärmbereichskennzeichnung, ggf. abgrenzen Lärmminderungsprogramm							
Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik mit dem Ziel, Lärm so weit wie möglich zu verringern													

Tabelle 18 In Abhängigkeit der Pegelwerte zu treffende Maßnahmen nach ASR A3.7

Geltungsbereich der ASR A3.7			
Tätigkeitskategorie			
I Hohe Konzentration oder hohe Sprachverständlichkeit	II Mittlere Konzentration oder mittlere Sprachverständlichkeit	III Geringe Konzentration oder geringe Sprachverständlichkeit	
0 bis 55	55 bis 70	70 bis 80	L_r in dB(A)
Information der Beschäftigten			
Lärmbezogene Arbeitsplatzbegehung			
Gehörschutz			
	Übergangsweise Gehörschutz statt Lärmminderung		
Arbeitsmedizinische Vorsorge			
ggf. Wunschvorsorge			
Weitere Maßnahmen			
Lärmminderungsmaßnahmen und Wirksamkeitskontrolle			

7 Lärminderungsprogramm

Die Forderung des § 7 Abs. 5 der LärmVibrationsArbSchV besagt, dass für Arbeitsplätze, an denen einer der oberen Auslösewerte überschritten wird, ein Programm aus Substitution, technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Verringerung der Lärmexposition auszuarbeiten ist.

Dabei bezieht sich der Stand der Technik auf den Zeitpunkt, zu dem das Programm aufgestellt wird. Der Stand der Technik beschreibt fortschrittliche Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Arbeitsverfahren zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit.

Vergleichbare Anwendungen wurden in der Praxis bereits erfolgreich erprobt. Ihre Eignung für die Praxis ist deshalb gesichert. Entsprechend muss das Programm bei einer Weiterentwicklung der Lärminderungstechnik geprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

Ziel ist es, eine Lärmgefährdung zu vermeiden. Das bedeutet, die oberen Auslösewerte sollten unterschritten werden.

Ein Lärminderungsprogramm muss folgende Aspekte enthalten:

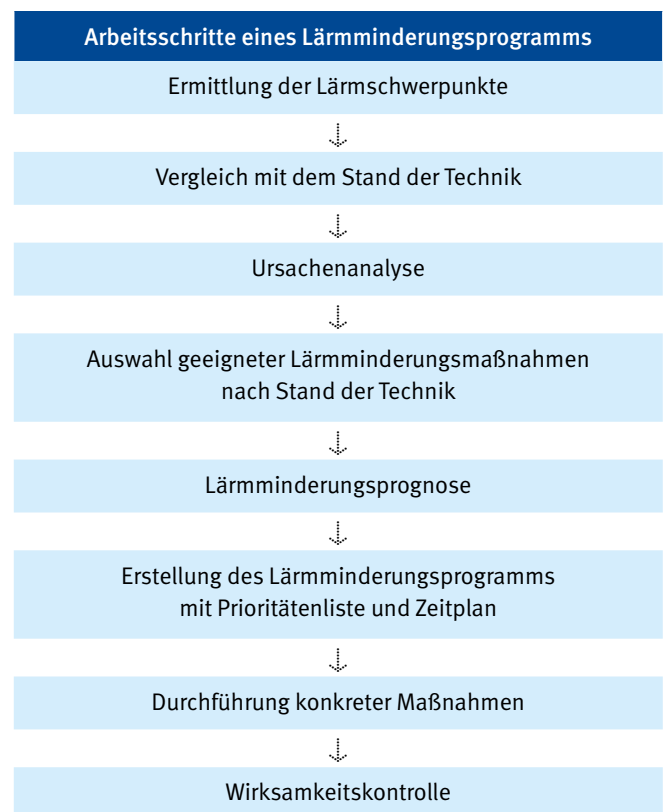
- Ermittlung und Darstellung der Geräuschimmission am Arbeitsplatz
- Tätigkeit am Arbeitsplatz
- Analyse der Geräuschquellen (Ursachenanalyse)
- Auswahl und Beurteilung der technischen Lärminderungsmaßnahmen, zutreffend für Arbeitsmittel, Arbeitsverfahren und Arbeitsräume
- Beurteilung des Entwicklungsstands der technischen Maßnahmen in Arbeitsstätten und Einrichtungen
- Zeitplan, Verantwortlichkeiten und Prioritäten der Maßnahmen
- Prognose, welche Werte der Geräuschemission durch Lärminderung am Arbeitsmittel bzw. Arbeitsverfahren erreicht werden
- Prognose, welche Werte der Geräuschexposition durch Lärminderungsmaßnahmen erreicht werden

Weitere Hinweise enthält IFA-LSA 01-305 „Geräuschminderung im Betrieb; Lärminderungsprogramm“. Auch in diesen Fällen wird empfohlen, sich durch externe Fachleute beraten zu lassen.

Ein Lärminderungsprogramm aufzustellen, beinhaltet die systematische Vorgehensweise und die Prognose der Pegelreduzierung.

Es sollte dabei auch berücksichtigt werden, dass der Aufwand für die Erstellung eines Lärminderungsprogramms in einem angemessenen Verhältnis zur Realisierung der Lärminderungsmaßnahme steht.

Tabelle 19 Arbeitsschritte eines Lärminderungsprogramms (aus TRLV „Lärm“ Teil 3)



8 Lärminderungsmaßnahmen

Das Ziel aller Lärminderungsmaßnahmen muss die Senkung des Lärmexpositionspegels sein. Lärm ist Stress mit allen psychosomatischen Begleiterscheinungen, wie Bluthochdruck, und kann bei langjähriger Einwirkung ab 85 dB(A) zu irreversiblen Gehörschäden führen.

Zuerst muss geprüft werden, ob es leisere Arbeitsverfahren gibt, erst danach sind technische und organisatorische Maßnahmen an den Arbeitsverfahren durchzuführen. Erst dann, wenn sie nicht erfolgreich sind, kommen persönliche Maßnahmen zum Einsatz.

8.1 Rangfolge

Die Rangfolge der Schutzmaßnahmen ist in einschlägigen Rechtsnormen festgelegt und keineswegs frei wählbar, zum Beispiel nach Kostenerwägungen.

Wie im Arbeitsschutz üblich, ergibt sich die Reihenfolge nach dem **S-T-O-P**-Prinzip:

1. **Substitution:** Laute durch weniger laute Verfahren ersetzen.
2. **Technische Schutzmaßnahmen:**
 - 2.1 Lärm an der Quelle verringern.
 - 2.2 Lärmquelle abschirmen.
 - 2.3 Lärm auf dem Übertragungsweg reduzieren.
3. **Organisatorische Maßnahmen:**
 - 3.1 Lärmintensive Arbeitsplätze zusammenfassen.
 - 3.2 Lärmintensive Arbeiten in die Nacht verlegen.
4. **Persönliche Schutzmaßnahmen:** Zum Beispiel Gehörschutz tragen.

8.2 Maßnahmen

Bevor Maßnahmen ergriffen werden, müssen die relevanten Schallquellen ermittelt werden. Anderenfalls werden viel Zeit und Geld investiert, ohne den Lärmpegel zu senken. Ein Beispiel:

In einer Werkstatt sind drei dominante Schallquellen festgestellt und **einzeln** mit Bezug auf die Tagesschicht gemessen worden. Für die durchzuführenden Lärminderungsmaßnahmen wurden bereits Kostenvorschläge eingeholt:

Drehmaschine (M₁) $L_{EX,8h} = 110 \text{ dB(A)}$ Kosten 100.000 €

Drehmaschine (M₂) $L_{EX,8h} = 100 \text{ dB(A)}$ Kosten 30.000 €

Drehmaschine (M₃) $L_{EX,8h} = 90 \text{ dB(A)}$ Kosten 10.000 €

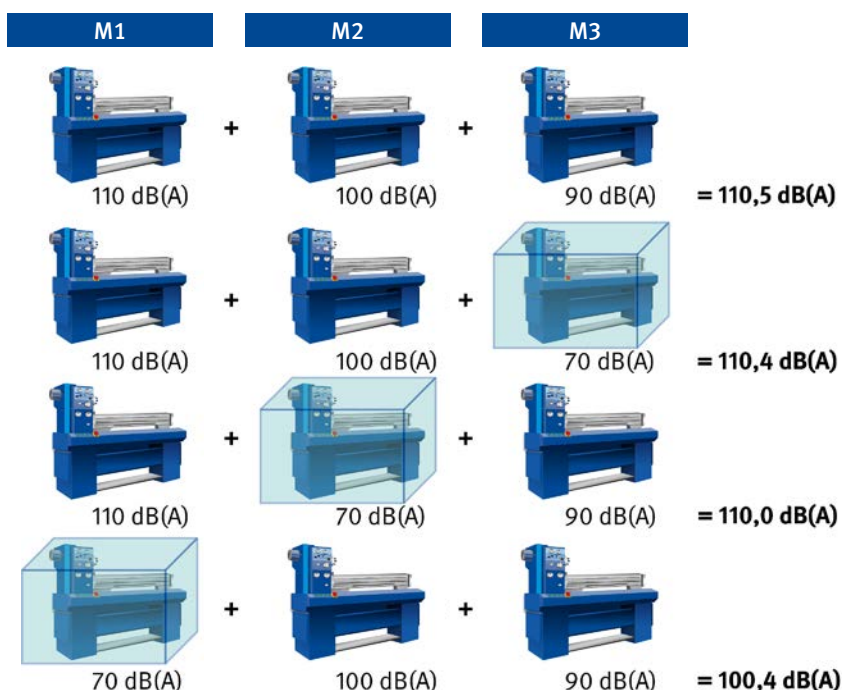


Abb. 24
Berechnung des Summenschallpegels vor und nach Lärminderungsmaßnahmen

Auswirkungen verschiedener Lärminderungsmaßnahmen:
Der Summenschallpegel ergibt sich, wenn keine oder jeweils eine der Maschinen auf einen Restschallpegel von 70 dB(A) gekapselt wird.

Erkenntnis 1: Wurde nur die Maschine ausgewählt, die am preiswertesten zu kapseln ist, ergäbe sich ein Lärminderungs-erfolg von 0,1 dB(A).

Erkenntnis 2: Es zeigt sich, dass der Gesamtschallpegel maßgeblich von der lautesten Maschine bestimmt wird. Vor den Sanierungsmaßnahmen muss daher bekannt sein, welche Anteile die einzelnen Schallquellen zum Gesamtergebnis beitragen!

Wer also nicht selbst über ausreichende Kenntnisse der Akustik verfügt, sollte sich fachkundig beraten lassen, bevor kostenintensive Lärminderungsmaßnahmen eingeleitet werden.

8.2.1 Erste Priorität: Lärm an der Quelle vermeiden/ beseitigen/reduzieren

Die wirkungsvollste Maßnahme zur Lärmbekämpfung ist es, Lärm zu vermeiden. Schall, der gar nicht erst entsteht, muss auch nicht gemindert werden. Deshalb müssen Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel bereits in der Planung so gewählt werden, dass am besten kein, oder aber wenig Lärm entsteht, indem alternative Arbeitsverfahren oder Arbeitsmittel gesucht (Substitution) oder die Eigenschaften der Lärmquelle konstruktiv verändert werden.

8.2.1.1 Alternative leisere Arbeitsverfahren

Durch die Wahl lärmarmen Arbeitsverfahren kann die Gehörgefährdung erheblich gesenkt werden. Die Bedeutung lärmarmen Arbeitsverfahren wird dadurch unterstrichen, dass alternative Arbeitsverfahren in der LärmVibrations-ArbSchV an erster Stelle der technischen Maßnahmen genannt werden.

Tabelle 20 Beispiele lärmarmen Arbeitsverfahren

Arbeitsverfahren			
Laut	lärmarm	laut	lärmarm
Abwerfen	Ablegen	Richten mit Hammer	Hydraulisches Ziehen/Drücken
Abblasen	Absaugen	Nieten	Kleben
Ankörnen mit Körner	Ankörnen mit Zentrierbohrer	Stanzautomat	Laserschneidmaschine
Stanzen	Bohren	akustische Signalgebung	optische Signalgebung
Schlagbohrmaschine	Bohrhammer	Schlagstempeln	Prägen
Anschweißen von z. B. Knacken	Bolzenschweißen (Schiffbau)	Schlagen	Pressen
Schlagschrauber	Drehmoment-schrauber	Kettentrieb	Riementrieb
Verbrennungsmotor	Elektromotor	Trennschleifen	Sägen
Schmieden	Gießen	Nieten	Schrauben
Wälzlager	Gleitlager	Nieten	Schweißen
Bördeln mit Hammer	Hydraulisches Verformen	Schweißspritzer abschlagen	Schweißtrennmittel aufsprühen
		Transport stoßweise	Transport kontinuierlich

8.2.1.2 Beschaffung leiserer Arbeitsmittel/Maschinen

Wie bereits in Abschnitt 8.1 dargestellt, hat die Beschaffung leiser Maschinen und die Auswahl leiser Arbeitsmittel oberste Priorität. Deshalb werden in diesem Abschnitt nur exemplarische oder häufige Lärmquellen aufgeführt. Weit verbreitet sind in den Betrieben Druckluftdüsen zum Reinigen und Kühlen von Werkzeugen und Werkstücken und zum Auswerfen und Transportieren von Werkstücken und Abfallmaterial. Mehrlochdüsen haben gegenüber Einlochdüsen den Vorteil, dass Wirbelbildungen geringer und die Strahlrichtwirkung verbessert sind. Das bedeutet: Es entsteht eine höhere Blaskraft bei gleichzeitiger Senkung der Schallabstrahlung.

Leider wird in der Praxis ein hoher Lärmpegel mit einer guten Reinigungswirkung gleichgesetzt. Das ist ein fataler Irrtum. Werden lärmgeminderte Düsen in einem Betrieb eingeführt, besteht oft ein hoher Aufklärungsbedarf unter den Beschäftigten. Die lärmgeminderte Version wird nicht akzeptiert, weil sie mit einer schlechten Reinigungswirkung gleichgesetzt wird, mit der Konsequenz, dass die lärmgeminderten Düsen manipuliert werden. Eine Absenkung des Luftdrucks zum Abblasen, zum Beispiel auf 3 bar, ergibt eine weitere Pegelminderung.



Abb. 25 Lärmgeminderte Druckluftdüsen

Analog zu lärmgeminderten Druckluftdüsen lassen sich pneumatische Steuerungen lärmmindern, wenn die Abluft durch passende Schalldämpfer strömt.



Abb. 26 Sintermetall-Schalldämpfer an pneumatischer Steuerung

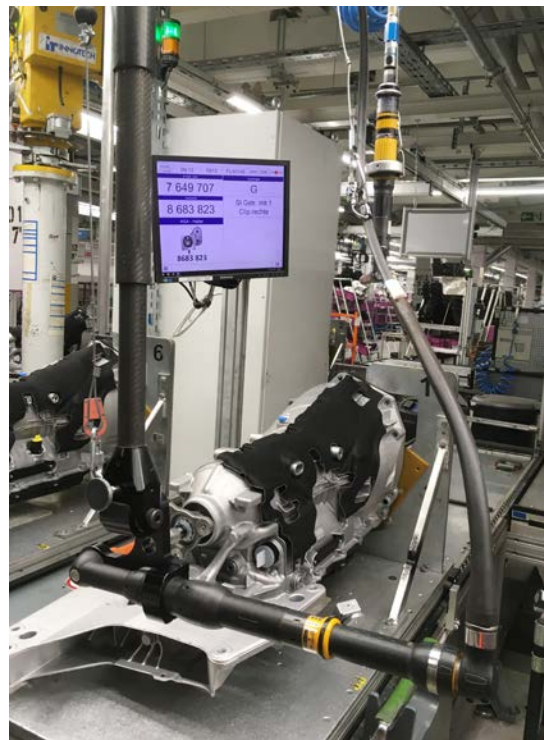


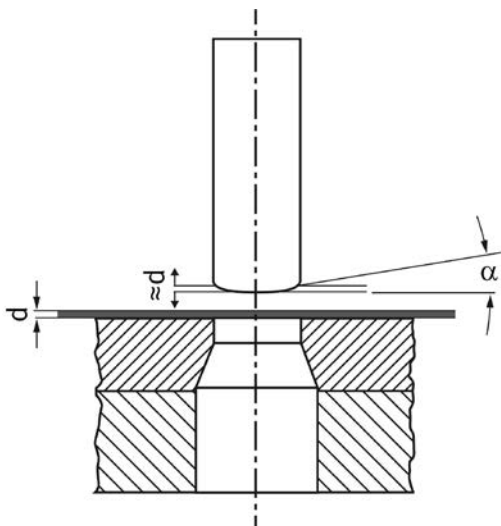
Abb. 27 Ersatz von Schlagschraubern durch Drehmomentschrauber. Die Benutzung von Gehörschutz ist nicht notwendig. Balancer verbessern die Ergonomie.

Tabelle 21 Möglichkeiten zur Lärminderung beim Betreiber

Maßnahme Werkstoff/Bauelement	Einsatzmöglichkeiten
Auswerfer – mechanisch	Ersatz für Werkstücktransport mit Druckluft
Mehrloch-Druckluftdüsen	Ausblasen und Reinigen mit Druckluft
Hämmer – rückprallfrei	Positionieren und Richten schwerer Teile
Sägeblätter	Holz- und Metallverarbeitung
Schalldämpfer	Dämpfung des Luftaustritts
Schleifscheiben – lärmarm	Schruppschleifen
Schnittschlagdämpfer	Schnittgeräusch an Pressen dämpfen
Schrauber – lärmgemindert	Montage
Verbundblech	Entdröhnen vibrierender Blechverkleidungen

8.2.1.3 Schallerzeugung reduzieren

Konstruktive Maßnahmen: Lärminderungsmaßnahmen müssen bereits an der Schallentstehungsstelle, möglichst schon in der Planung getroffen werden, im Allgemeinen

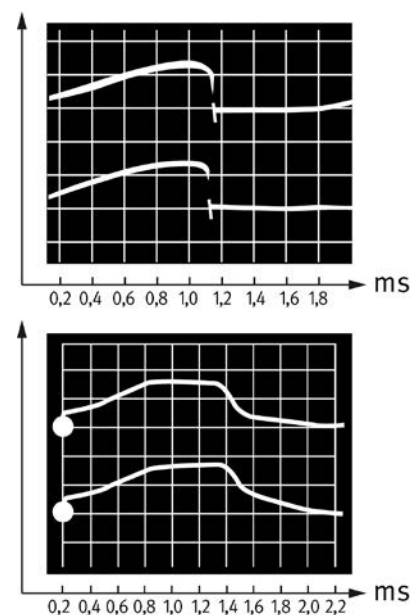
**Abb. 28** Schrägschnitte an einem Stanzwerkzeug

wird bereits beim Hersteller von Maschinen und Geräten darauf geachtet. Die VDI-Richtlinie 3720 „Konstruktion lärmarmen Maschinen und Anlagen“ sollte für alle, die Maschinen und Geräte konstruieren, als Vorlage dienen. Für Betriebe in denen Maschinen und Anlagen zum Teil selbst hergestellt oder umgebaut werden, sind darin einige Grundprinzipien von Lärminderungsmöglichkeiten zusammengestellt.

Vermeiden Sie:

- den 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
- große Oberflächenrauigkeit
- große Fallhöhen

Schneid- und Stanzvorgänge an Pressen, Stanz- und Nibbelmaschinen lassen sich durch Dach- und Schrägschnitte an Pressenwerkzeugen zeitlich dehnen. Damit werden Impulsspitzen und gleichzeitig auch die Schallenergie reduziert (Abb. 28 und 29).

**Abb. 29**
Pegelzeitverlauf des Stanzvorgangs

Den Schall bereits an der Quelle zu unterbinden, lautet eine der Maßnahmen. Demnach sollte verhindert werden, dass Körperschall als Luftschall von Oberflächen abgestrahlt wird (siehe Abb. 30).

Konstruktive Möglichkeiten:

- abstrahlende Oberflächen möglichst klein halten
- abstrahlende Flächen lochen (ab 20 % Lochanteil)
- Abstrahlflächen biegeweich ausführen
- Steifigkeit vergrößern durch dickere Wände, Rippen usw.
- Dämpfungsmaterial 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

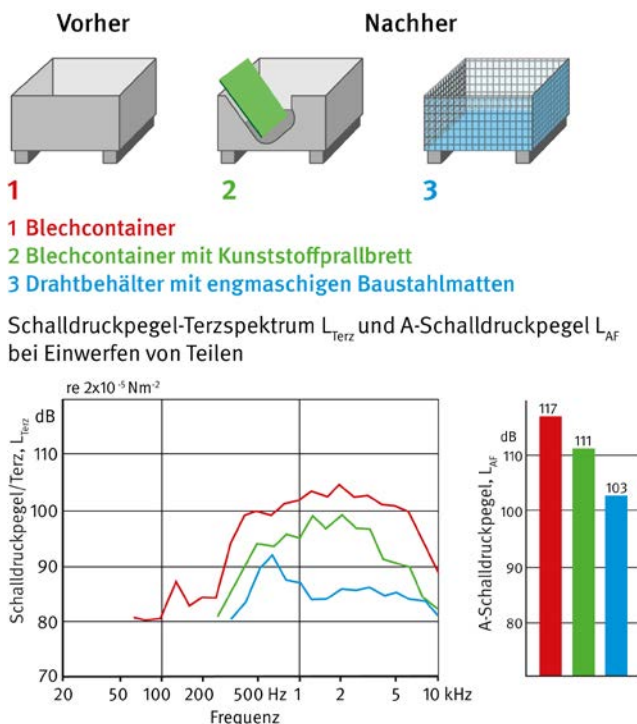


Abb. 30 Lärmminderung beim Einsatz verschiedener Container

8.2.1.4 Schallübertragung (Körperschall) reduzieren

Während bei ausströmender Druckluft der Schall durch Turbulenzen entsteht, sind es sonst meistens vibrierende Maschinenteile, die den Schall erzeugen. Ursache dafür sind zum Beispiel Unwuchten (auch durch Verschleiß) oder Zahneingriffsfrequenzen bei Getrieben. Das bedeutet, eine Lärmminderungsmaßnahme besteht darin, die Übertragung auf andere, selbst nicht vibrierende Maschinenteile, zu verhindern, zu dämmen oder zu dämpfen.

Technische Lärmschutz-Maßnahmen bestehen z. B. darin:

- elastische Rohrelemente (sog. Kompensatoren, s. Abb. 31) einzufügen



Abb. 31 Kompensator in einer Absauganlage

- Maschinen oder Baugruppen (teilweise auf eigenen Fundamenten) elastisch zu lagern
- Körperschall zu dämmen (z. B. durch Sprünge im Materialquerschnitt)
- Material mit hoher innerer Dämpfung zu wählen (z. B. Sandwichbleche, Grauguss)

Besonders problematisch können zum Beispiel Pressen, Stanzen oder Schmiedehämmer sein, deren Stöße das Gebäude und die Umgebung erschüttern. Die Folge ist, dass in weit entfernten Büros die einzelnen Stöße hörbar sind oder auch die Nachbarschaft in Mitleidenschaft ziehen.

8.2.1.5 Schallabstrahlung reduzieren

Ist es nicht möglich, die Übertragung von Vibrationen auf Maschinenteile zu verhindern, kann die Schallabstrahlung reduziert werden:

- Lochblech statt Vollblech (sog. akustischer Kurzschluss)
- Versteifen von Blechteilen
- Beschichten von Blechteilen (z. B. mit zähelastischem Material; Polyurethan)

- Verwenden von Sandwichblechen
- Teilkapseln von Maschinenbaugruppen (z. B. Getriebe oder Pumpen)

8.2.1.6 Kapselungen

Mit der Kapselung soll verhindert werden, dass die Luftschallabstrahlung der Maschine in den Arbeitsraum dringt. Das könnte mit einer massiven Außenschale erreicht werden, zum Beispiel mit einem Stahlblech von 1mm Wandstärke. Dadurch, dass der Schall sich nun nicht mehr auf einem großen Luftvolumen ausbreiten kann, führt eine Kapselung zu einer Schallpegelerhöhung innerhalb der Kapsel. Bei gleichbleibender Schalldämmung des Stahlblechs kann die Wirkung der Kapsel erhöht werden, wenn auf der Innenseite schallabsorbierendes Material eingebaut wird (Abb. 32).

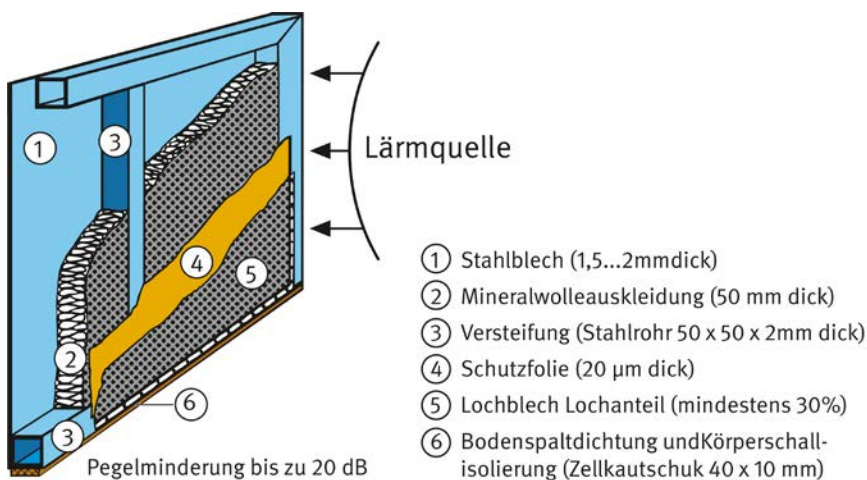


Abb. 32 Typischer Aufbau einer Kapselwand

Das oben abgebildete Lochblech dient nur als mechanischer Schutz der Folie und des Schallabsorptionsmaterials. Die Folie verhindert das Ausrieseln lose eingelegter Mineralwolle und das Eindringen von Staub, Öl oder Feuchtigkeit in das Innere der Wand.

Entscheidenden Einfluss auf die Dämmwirkung haben die Öffnungen in der Kapsel. Bereits geringe Restöffnungen führen zu einem deutlichen Wirkungsverlust der Dämmung. Deshalb fördert eine gute Zusammenarbeit zwischen Betreiber und Kapselhersteller, eine praktikable Lösung zu finden. Die Öffnungen ergeben sich aus Restöffnungen an den Fenstern, Türen, Klappen, Besichtigungs- und Entnahmeöffnungen, Zu- und Abluftöffnungen (Abb. 33).

Wie stark die maximal erreichbare Pegelminderung von der Summe der Öffnungen begrenzt ist, zeigt Abb. 34.

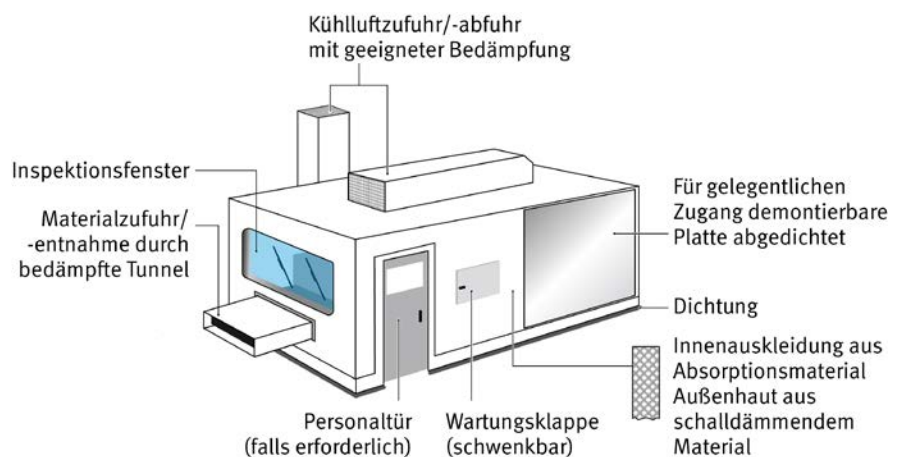


Abb. 33 Gestaltungsbeispiel einer Maschinenkapsel

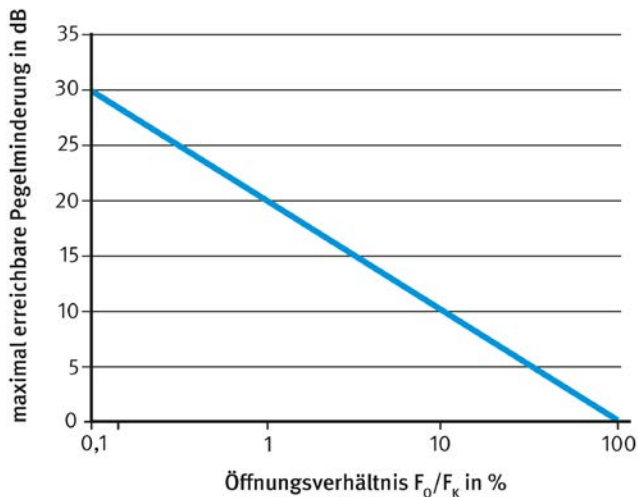


Abb. 34 Abnahme der Schalldämmung mit zunehmender Öffnungsfläche

8.2.2 Zweite Priorität: Lärmquelle abschirmen/Schall absorbieren

Wenn die Minderung der Schallabstrahlung direkt an der Quelle nicht möglich ist, sollte die Ausbreitung des Lärms verhindert oder wenigstens reduziert werden. Eine erste Möglichkeit wäre es, die lärmintensivsten Arbeitsplätze in einem Bereich zu konzentrieren. Denn es ist besonders schwierig, Beschäftigte, die selbst keinen Lärm verursachen, aber dem Lärm von Nachbararbeitsplätzen zwangsläufig ausgesetzt sind, zu motivieren, Gehörschutz zu tragen. Häufig ist das wegen Materialflussüberlegungen nicht möglich, trotzdem sollte es geprüft werden. Schallschutztechnische Maßnahmen, wie das Einziehen von Trennwänden oder das Anbringen von Absorptionsmaterial, könnten sich dann auf diesen Bereich beschränken (Kostenminderung).

Stichwort: Schalldämmung beziehungsweise Schallabsorption

Während bei der Schalldämmung der abgestrahlte Schall ausschließlich an der Ausbreitung gehindert, also reflektiert wird und, wie bei einer Kapselung, im Inneren zu einer Pegelerhöhung führt, wird bei der Schallabsorption ein Teil der Schallenergie in Wärme umgewandelt. Der Schallpegel sinkt. In der Regel werden zur **Schalldämmung** massive Baustoffe verwendet, wie Stahl oder Beton, und zur **Schallabsorption** poröse Materialien, in der die Luft hin- und herschwingen kann. Dabei wird die Energie abgebaut.

All diese Überlegungen sind, wie meist in der Akustik, stark von der Frequenz abhängig, sodass es empfehlenswert ist, fachkundigen Rat einzuholen. Weitere Informationen zu Kapselungen stehen zum Beispiel im IFA-Lärmschutzarbeitsblatt 243 (IFA-LSA 01-243) „Geräuschminderung durch Kapselung“.

8.2.2.1 Abschirmung

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

Da der Schall nur in Richtung der Abschirmwand an der Ausbreitung gehindert wird und in allen anderen Richtungen nicht, können bei weitem nicht die Pegelminderungen erreicht werden, wie bei Kapselungen.

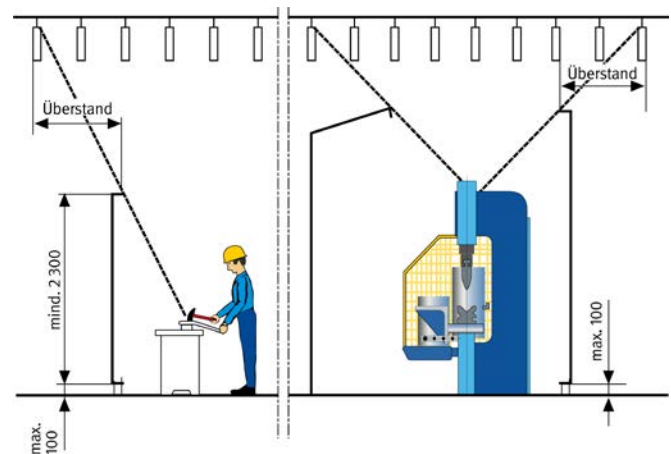


Abb. 35 Prinzipbild einer Abschirmung (die Absorber an der Decke symbolisieren eine Akustikdecke)

Pegelminderungen von 5 bis 10 dB(A) am Arbeitsplatz hinter der Abschirmwand sind möglich, wenn die in Abb. 35 angedeuteten Prinzipien und die folgenden 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 ausgeführt
- ausreichende Schalldämmung der Abschirmwand
- Decke über Schirm absorbierend ausführen, Überstand nötig
- evtl. variable Verwendungsmöglichkeit (verfahrbare Schirme)

Die Erfahrung zeigt, dass Abschirmungen nur dann zu brauchbaren Ergebnissen führen, wenn die Hallendecke absorbierend gestaltet oder mindestens 10 Meter hoch ist. Anderenfalls wird der Schall von der Decke hinter die Abschirmung reflektiert und damit die Wirkung der Abschirmung größtenteils aufgehoben.

8.2.2.2 Raumakustik

Im Bereich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sollen durch raumakustische Maßnahmen im Wesentlichen zwei Ziele erreicht werden:

1. Die Lärmbelastung an weiter entfernt liegenden Arbeitsplätzen soll reduziert werden.
2. In Kommunikationsräumen (Büros, Bildungsstätten) soll eine gute Geräuschkämpfung und eine gute Sprachverständlichkeit gewährleistet werden.

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

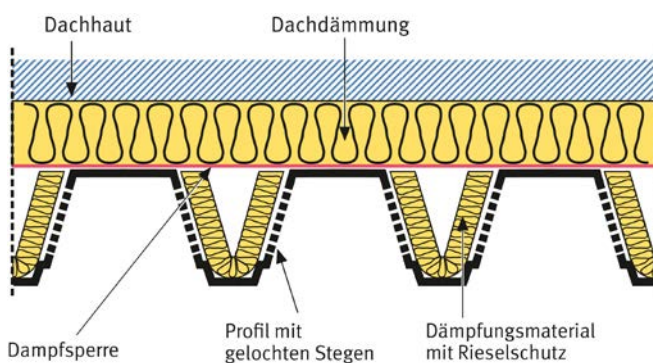


Abb. 36 Bereits bei der Planung schallabsorbierend ausgelegtes Dachsystem aus Stahl-Trapezblech mit gelochten Stegen und hinterlegtem Dämpfungsmaterial

dass Fertigungshallen häufig Arbeitsverfahren überdauern. Deshalb sollte die Entscheidung für raumakustische Maßnahmen relativ großzügig ausgelegt werden. Die Notwendigkeit dieser Maßnahme ist in § 7 LärmVibrations-ArbSchV geregelt und in der TRLV „Lärm“ Teil 3 näher beschrieben (siehe Abschnitt 4.3).

Bei der Auswahl der Baustoffe müssen viele Randbedingungen beachtet werden, zum Beispiel Brandschutz. Deshalb ist eine sorgfältige Vorgehensweise nötig. Auf dem Markt werden für alle Anwendungsfälle geeignete Materialien angeboten, auch für Räume mit hohen Ansprüchen an die Hygiene, wie in Küchen, Kantinen und Krankenhäusern.



Abb. 37 Nachträglich mit Baffeln raumakustisch verbesserte Werkstatt

8.2.2.3 Bauakustik

Die Bauakustik ist von großer Bedeutung, wenn es darum geht, leise von lauten Räumen zu trennen. Probleme können entstehen, wenn Büroräume von lauten Produktionsstätten zu trennen sind, Bürotüren den Lärm vom Flur aussperren sollen oder wenn Fenster in Richtung einer viel befahrenen Straße liegen. In erster Linie ist hier die DIN 4109-1:2018-01 „Schallschutz im Hochbau“, Teil 1 zu beachten, die die Mindestanforderungen zum Schallschutz beschreibt. Bei Produktionsstätten in unmittelbarer Umgebung von Wohngebäuden spielen bauakustische Kriterien eine große Rolle. Außerdem ist es wichtig, die Übertragung von Erschütterungen oder Körperschall in umliegende Gebäude zu dämmen. Hier sind oft Speziallösungen (siehe Abb. 38) gefordert, die bereits in der Planungsphase festgelegt werden sollten.



Abb. 38 Elastische Maschinenlagerung zur Reduzierung des Eintrags von Körperschall in ein Gebäude

8.2.3 Dritte Priorität: Schallbelastung reduzieren

Die LärmVibrationsArbSchV nennt als organisatorische Lärmminderungsmaßnahmen auch:

- Wartungsprogramme für Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Anlagen
- Begrenzung von Ausmaß und Dauer der Exposition
- Arbeitszeitpläne mit ausreichend Zeiten ohne Lärmexposition

8.2.3.1 Begrenzung der Exposition

Die zeitliche Exposition der Beschäftigten kann auch durch Verlegung lärmintensiver Arbeiten in Schichten erfolgen, in denen nur wenige Beschäftigte anwesend sind, wie in der Nacht. Die wenigen, die dann noch im Betrieb sind, müssen sich mit Gehörschutz schützen.

8.2.3.2 Arbeitszeitpläne

Eine wirksame Möglichkeit zur zeitlichen Begrenzung der Lärmexposition kann die Jobrotation darstellen. Dabei erfolgt systematisch ein nach einem bestimmten Zeitplan durchgeführter Wechsel des Arbeitsplatzes, bei dem der Ausgleich von lärmbelasteten mit nicht lärmbelasteten Arbeiten eine Verringerung der gesamten Lärmexposition zur Folge hat.

8.2.4 Vierte Priorität: Persönliche Schutzausrüstung

Lassen sich weder leisere Maschinen beschaffen noch laute Maschine kapseln, Arbeitsräume weniger hallig gestalten oder lassen sich die Arbeitszeiten nicht flexibel handhaben, dann müssen sich Beschäftigte mit Persönlicher Schutzausrüstung schützen. Im Gegensatz zu den sicherheitstechnischen Maßnahmen, die die Schallausbreitung einschränken, wirkt die Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen direkt am Menschen.

Dem Einsatz von persönlichem Gehörschutz und den damit verbundenen Problemen und Risiken ist der Abschnitt 9 gewidmet.

9 Persönlicher Gehörschutz

Solange technische oder organisatorische Maßnahmen noch nicht wirkungsvoll umgesetzt sind, müssen persönliche Schutzmaßnahmen greifen. Beim Lärm bezieht sich das auf den Gehörschutz und auf verhaltensbedingte Maßnahmen, also auf den richtigen Umgang mit dem Gehörschutz.

Weil der persönliche Gehörschutz, gewissermaßen, die letzte Schutzmöglichkeit gegen Lärm darstellt, sind die Anforderungen an den Gehörschutz und den Umgang damit besonders umfangreich und streng.

- Wird der **untere** Auslösewert für den Tages-Lärmexpositionspegel von 80 dB(A) überschritten, müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber Gehörschutz bereitstellen.
- Der Gehörschutz ist so auszuwählen, dass, unter Berücksichtigung der Dämmwirkung, die maximal zulässigen Expositionswerte von $L'_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ bzw. $L'_{pC,peak} = 137 \text{ dB(C)}$ nicht überschritten werden.
- Wird der **obere** Auslösewert erreicht oder überschritten, müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber sicherstellen, dass der Gehörschutz bestimmungsgemäß getragen wird und dazu praktische Übungen innerhalb der regelmäßigen Unterweisung erfolgen.
- Es muss regelmäßig geprüft werden, ob der Gehörschutz die Schutzwirkung erfüllt.
- Wird der **obere** Auslösewert erreicht oder überschritten, müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber die entsprechenden Bereiche mit dem Gebotsschild kennzeichnen.



Abb. 39
Gebotsschild M 03
„Gehörschutz benutzen“
(nach DIN EN ISO 7010)

9.1 Arten von Gehörschützern

Bei der Auswahl und Bereitstellung von Gehörschutz muss mit großer Sorgfalt vorgegangen werden, um die erforderliche Schutzwirkung sicher zu erzielen. Diese Sorgfalt ist notwendig, weil eine Vielzahl unterschiedlicher Arbeitsbereiche und damit Anforderungen an den Gehörschutz existieren und der Markt ein großes Angebot an verschiedenen Gehörschützern bereithält. Viele betroffene Beschäftigte, die regelmäßig mit neuen Gehörschutzprodukten ausgestattet werden müssen, sind in diesem Zusammenhang ein wirtschaftlicher Aspekt, der ebenfalls berücksichtigt werden muss.

Grundsätzlich werden drei verschiedene Gehörschutzarten unterschieden:

- Kapselgehörschutz
- Gehörschutzstöpsel für den einmaligen oder mehrfachen Gebrauch
- Gehörschutz-Otoplastiken (als Spezialform der Gehörschutzstöpsel)

Außerdem gibt es Gehörschutz, der in Kombination mit einem Schutzhelm oder gemeinsam mit einer Schutzbrille verwendet werden kann. Für den Arbeitsschutz darf nur Gehörschutz eingesetzt werden, der ein Konformitätsbewertungsverfahren nach der PSA-Verordnung (Verordnung (EU) 2016/425) erfolgreich durchlaufen hat. Dazu gehören eine EU-Baumusterprüfung und eine laufende Produktionsüberwachung durch eine notifizierte Stelle.

9.1.1 Kapselgehörschutz

Man unterscheidet:

- mit Kopfbügel
- mit Nackenbügel
- mit Universalbügel
- die nur an einem passenden Industrieschutzhelm montiert werden dürfen



Abb. 40
Typischer Kapselgehörschutz und Kapselgehörschutz mit Kommunikationseinrichtung

- mit pegelabhängiger Schalldämmung (laute Geräusche werden gedämmt, leise Geräusche können elektronisch verstärkt werden, was meist die Sprachverständigung verbessert)
- mit eingebautem Radiogerät oder elektrischer bzw. Bluetooth-Verbindung zu Unterhaltungszwecken (es werden nur Gehörschützer mit Pegelbegrenzung angeboten)
- mit Kommunikationseinrichtung (es gibt Gehörschützer zur Verständigung, z. B. über Sprechfunk oder Bluetooth)

9.1.2 Gehörschutzstöpsel

Man unterscheidet:

- fertig geformte (werden zum mehrmaligen Gebrauch oder einmaligen Gebrauch angeboten)
- vor Gebrauch zu formende zum einmaligen Gebrauch,
- Bügelstöpsel
- Gehörschutzstöpsel mit Verbindungsschnur
- Gehörschutz-Otoplastiken



Abb. 41 Schaumstoffstöpsel

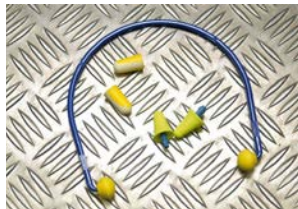


Abb. 42 Bügelstöpsel



Abb. 43
Lamellenstöpsel

9.1.3 Otoplastiken

Gehörschutz-Otoplastiken sind ein im Ohr getragener Gehörschutz, der für jeden Gehörgang individuell geformt und angefertigt wird. Die Otoplastiken sind besonders zu empfehlen, wenn, aufgrund arbeitsmedizinischer Befunde und bei schon vorhandenen Hörverlusten, besonders sicherer Schutz notwendig ist. Eine Funktionskontrolle vor der ersten Verwendung und, regelmäßig wiederkehrend, alle drei Jahre ist aufgrund der individuellen Anfertigung notwendig.



Abb. 44 Gehörschutz-Otoplastiken

9.2 Allgemeine Auswahlkriterien

Der Gehörschutz wird ausgewählt je nach Arbeitssituationen, Höhe des Tages-Lärmexpositionspegels am Arbeitsplatz, nach Tragekomfort, Einsatzgebiet, aufgrund individueller Besonderheiten (z. B. Kombination mit anderer PSA, wenn Richtungs- oder Warnsignalhören notwendig) und der Akzeptanz des Gehörschutzes.

Der Tragekomfort wird individuell empfunden und beurteilt. Deshalb gibt es nicht einen universellen, für jeden gleichermaßen geeigneten Gehörschutz.

Aber es gibt allgemeine Ratschläge:

- Bei Kapselgehörschutz auf geringes Gewicht achten.
- An Hitzearbeitsplätzen möglichst keinen Kapselgehörschutz einsetzen.
- Gehörschutzstöpsel der Gehörganggröße entsprechend auswählen.
- Betroffene Personen in die richtige Handhabung einweisen, das Einsetzen üben lassen.
- Die Gebrauchsanleitung beachten.
- Hochwertige und geeignete Gehörschutz-Otoplastiken können einen hohen Tragekomfort bieten.
- Harte Gehörschutz-Otoplastiken können bei Verformung des Gehörgangs, z. B.
- durch starke Drehungen des Kopfes, Druckgefühle erzeugen (besonders bei Überkopfarbeiten).
- Auf Rechts-/Links-Anwendung achten.
- Vor dem Einkauf größerer Stückzahlen Trageversuche mit wenigen Beschäftigten im Betrieb durchführen.

Richtig ausgewählter Gehörschutz wird von den Beschäftigten im Lärmbereich schnell akzeptiert und gern genutzt.

Der Tages-Lärmexpositionspegel bedingt die erforderliche Schalldämmung für einen ausreichenden Gehörschutz. Die Schalldämmung eines Gehörschutzes ist

optimal, wenn der unter dem Gehörschutz verbleibende Tages-Lärmexpositionspegel (Restpegel) zwischen 70 und 80 dB(A) liegt.

Der unter dem Gehörschutz verbleibende Tages-Lärmexpositionspegel $L'_{EX,8h}$ errechnet sich für hoch- und mittelfrequenten Lärm nach folgender Gleichung:

$$L'_{EX,8h} = L_{EX,8h} - (M - K_s) \quad (\text{Gleichung 18})$$

In Gleichung 18 sind die die Werte der entsprechenden Größen aus Tabelle 22 einzusetzen.

Tabelle 22 Größen zur Berechnung des Tages-Lärmexpositionspegel unter dem Gehörschutz

Erläuterung der Größen		
Größe	Einheit	Erläuterung
$L'_{EX,8h}$	dB(A)	Tages-Lärmexpositionspegel unter dem Gehörschutz
$L_{EX,8h}$	dB(A)	Tages-Lärmexpositionspegel
M	dB(A)	Vom Hersteller des Gehörschutzes angegebener Schalldämmungswert für mittelfrequente Geräusche
K_s	dB(A)	Korrekturwert für den Praxisabschlag

Wird ein zu stark dämmender Gehörschutz verwendet, können die Sprachverständigung und das Erkennungsvermögen akustischer Warnsignale und informationshaltiger Arbeitsgeräusche beeinträchtigt werden und Isolationsgefühle bei den Beschäftigten ausgelöst werden.

Deshalb sollten bei Restpegeln von weniger als 70 dB(A) die Verständigung und das Warnsignalhören geprüft und das Isolationsgefühl hinterfragt werden.

Kontrollen der tatsächlichen Schutzwirkung von Gehörschutz haben ergeben, dass die bei der Baumusterprüfung erzielten Dämmwerte in der Praxis meist nicht erreicht werden.

Entsprechend der DGUV Regel 112-194 „Benutzung von Gehörschutz“ sind deshalb folgende Korrekturwerte für die HML-Werte (**H**-high – **M**-medium – **L**-low = hohe, mittlere und niedrige Werte) zu berücksichtigen:

Tabelle 23 Praxisabschläge für die einzelnen Gehörschutzarten

Gehörschutztyp	Korrekturwert K_s in dB
Vor Gebrauch zu formende Stöpsel	9
Fertig geformte Stöpsel	5
Bügelstöpsel	5
Kapselgehörschutz	5
Gehörschutz-Otoplastiken mit Funktionskontrolle	3

Auf die Praxisabschläge der Schalldämmung kann verzichtet werden, wenn die Beschäftigten in einer qualifizierten Benutzung unterwiesen worden sind. Dazu muss die Unterweisung mindestens viermal jährlich mit praktischen Übungen erfolgen und dokumentiert werden. Laut TRLV Lärm Teil 3 (Abschnitt 6.3.3) ist die qualifizierte Benutzung verpflichtend ab Tages-Lärmexpositionspegeln von 110 dB(A) durchzuführen.

Für normale Einsatzsituationen muss eine jährliche Unterweisung mit praktischen Übungen durchgeführt werden.

Beispiele für Inhalte einer qualifizierten Unterweisung:

Unterweisungen mit Übungen für Gehörschutzstöpsel

- Für den Gehörgang angemessene Größe der Stöpsel auswählen.
- Das nötige Zusammenrollen bzw. -drücken von vor Gebrauch zu formenden Stöpseln zeigen.
- Darauf hinweisen, dass der Stöpsel nach dem Einsetzen noch eine Zeit gehalten werden muss.
- Demonstrieren, wie tief der Stöpsel in den Gehörgang eingesetzt werden muss.
- Erläutern, wie lange ein Stöpsel-Paar jeweils genutzt werden darf. (Siehe Abb. 45 a–f)



Abb. 45 a–f Vorgehensweise beim Einsetzen von zu formenden Gehörschutzstöpseln

Unterweisungen mit Übungen für Kapselgehörschutz

- Harte oder eingerissene Kissen austauschen.
- Bügel dürfen nicht aufgebogen werden.
- Brillenbügel vermindern die Dämmung (evtl. anderen Gehörschutz verwenden).
- Auflage auf dickem Haar- oder Bartpolster vermindert die Dämmung.
- Bügel vor der Verwendung einstellen.
- Kapseln im Lärmbereich ständig benutzen.
- Kapseln mit feuchtem Tuch abwischen, nicht unter Wasser tauchen.

Unterweisungen mit Übungen für Gehörschutz-Otoplastiken

- Gehörschutz mit einer kleinen Drehung einsetzen.
- Gehörschutz-Otoplastik mit einer kleinen Drehbewegung herausnehmen, nicht herausreißen.
- Ein Beispiel der Beschriftung, um rechts und links nicht zu verwechseln: linke Seite Blaues **L**, rechte Seite: rotes **R**;
- Mit dem Reinigungsstift Ohrschmalz aus der Bohrung entfernen.
- Volle Wirkung wird nur erzielt, wenn Gehörschutz-Otoplastik ununterbrochen im Lärmbereich benutzt wird.
- Die Kordel darf nicht angebracht werden, wenn sie sich verfangen kann.
- Unter fließendem Wasser spülen.

- Filter ausblasen (aber nicht mit Druckluft).
- Otoplastiken im Etui aufbewahren.
- Mindestens alle drei Jahre Sitz und Passform prüfen lassen.

Unterweisungen mit Übungen für Bügelstöpsel

- Bügelstöpsel sind zu empfehlen, wenn ein häufiges Auf- und Absetzen erforderlich ist.
- Sie sollten nicht getragen werden, wenn Schalldruckspitzen durch Anstoßen der Bügel entstehen können.
- Bügel von Bügelstöpseln können Formveränderungen unterliegen – Austausch.
- Volle Wirkung wird nur erzielt, wenn Gehörschutz ununterbrochen im Lärmbereich eingesetzt wird.
- Bügel dürfen nicht aufgebogen werden.

Kapselgehörschützer haben im Allgemeinen bei tiefen Frequenzen eine geringere Schalldämmung als bei hohen Frequenzen. Die ungleiche Dämmung von tiefen und hohen Frequenzen führt meist zu einer schlechteren Sprach- und Signalverständlichkeit.

An Arbeitsplätzen, an denen Kommunikation oder Signal-erkennung erforderlich ist, sollte daher der Gehörschutz einen möglichst flachen Frequenzgang haben (= „flache Schalldämmkurve“). Das gilt besonders für Personen mit Hörminderung. In der Positivliste für Gehörschutz wird die

extrem flachdämmende Variante für Personen mit Hörminderung mit der Bemerkung „X“ gekennzeichnet. Gehörschutz mit der Eignung für Warnsignalhören ist mit „W“ gekennzeichnet, sodass die entsprechende Variante schnell zu finden ist.

Die Dämmwerte des auszuwählenden Gehörschutzes sollen zum Geräusch am zugehörigen Arbeitsplatz passen. Für die Berechnung des Restpegels am Ohr wird in Deutschland standardmäßig der HML-Check verwendet. Dazu wird eine Lärmmessung am Arbeitsplatz durchgeführt und die Dauerschallpegel L_A und der L_C erfasst. Durch Differenzbildung der beiden Messwerte L_A und L_C lässt sich überschlägig ermitteln, ob das Arbeitsgeräusch eher tieffrequent oder eher mittel- bis hochfrequent ist.

Tabelle 24 Auswahl von Gehörschutz nach dominierendem Frequenzbereich

Geräuschkategorie HM Hoch- bis mittelfrequent	Geräuschkategorie L überwiegend tieffrequent
$L_C - L_A \leq 5 \text{ dB}$	$L_C - L_A > 5 \text{ dB}$
Brennschneider	Bagger
Rollenrotations-Hochdruck-Pressen	Konverter-Anlagen
Dragiertrommeln	Elektro-Schmelzöfen
Rüttelformmaschinen	Elektro-Umformersatz
Druckluftdüsen	Kupol-Öfen
Schlagschrauber	Feuerungen
Elektro-Nagler	Metall-Druckgießmaschinen
Schleifmaschinen	Hochofenanlagen
Falzmaschinen	Planierdraht
Schmiedehämmer	Kollergänge
Getränkeabfüllanlagen	Strahlanlagen
Spinnmaschinen	Kompressor-Anlagen (Kolben)
Gussputzarbeiten	Verbrennungs-Öfen
Strick- und Wirkmaschinen	
Holzbearbeitungsmaschinen	
Trennschleifmaschinen	
Honmaschinen	
Webmaschinen	
Hydraulikpumpen	
Zentrifugen	

Abhängig von der Geräuschkategorie, die dem Arbeitsplatz zugeordnet wird, arbeitet man bei der Bestimmung der Schalldämmung des Gehörschutzes mit dem L-Wert (bei tieffrequentem Arbeitsgeräusch) oder dem M-Wert (bei hoch- bis mittelfrequentem Arbeitsgeräusch).

Arbeiten Beschäftigte in Bereichen, die verschiedenen Geräuschkategorien zuzuordnen sind, wird zunächst ein Gehörschutz der Geräuschkategorie HM (hoch-/mittelfrequent) ausgewählt und anschließend geprüft, ob der Tages-Lärmexpositionspegel auch im empfohlenen Pegelbereich für die Geräuschkategorie L (tieffrequent) enthalten ist.

*Beispiel für den Restexpositionspegel:
Bleche werden geschweißt und die Schweißnähte mit einer Winkelschleifmaschine nachbearbeitet.*

Angabe zum Lärm:

Tages-Lärmexpositionspegel

$L_{EX,8h} = 97 \text{ dB(A)}$ hochfrequentes Geräusch (Geräuschkategorie HM)

Angabe zum Gehörschutz:

Im Betrieb ist bereits ein vor Gebrauch zu formender Gehörschutzstöpsel zum einmaligen Gebrauch vorhanden.

Der M-Wert beträgt laut Packungsbeschriftung 29 dB.

Der Korrekturfaktor für Gehörschutzstöpsel lautet: $KS = 9 \text{ dB}$.

Berechnung:

$L'_{EX,8h}$: am Ohr wirksamer Restexpositionspegel

$L'_{EX,8h} = L_{EX,8h} - (M\text{-Wert} - KS)$

$L'_{EX,8h} = 97 \text{ dB(A)} - (29 \text{ dB} - 9 \text{ dB})$

$L'_{EX,8h} = 77 \text{ dB(A)}$

Laut Tabelle 24 Schutzwirkung ist der Gehörschutz für diesen Einsatzzweck empfehlenswert.

Hätte sich ein am Ohr wirksamer Restexpositionspegel von weniger als 70 dB(A) ergeben, sollte der Gehörschutz erst nach individueller Prüfung, ob die Kommunikation des Beschäftigten nicht eingeschränkt ist und bei ihm kein Isolationsgefühl aufkommt, angewendet werden.

Tabelle 25 Schutzwirkung

Am Ohr wirksamer Restexpositions- pegel $L_{EX,8h}$ in dB(A)	Am Ohr wirksamer Rest-Spitzen- schalldruckpegel $L_{C,peak}$ in dB(C)	Beurteilung
> 85	> 137	nicht zulässig
> 80	> 135	nicht empfehlenswert
70–80	≤ 135	empfehlenswert
< 70	–	Verständigung und Isolationsgefühl prüfen

*Beispiel für hohe Spitzenschalldruckpegel:
Baugruppen aus Stahlblech werden nach dem Schweißen
mit einem schweren Schlosserhammer gerichtet.*

1. Angabe zum Lärm:

Spitzenschalldruckpegel:

$L_{pC,peak} = 145 \text{ dB(C)}$ (Geräuschklasse HM)

2. Angabe zum Gehörschützer:

Im Betrieb ist bereits ein vor Gebrauch zu formender Ge-
hörschutzstöpsel zum einmaligen Gebrauch vorhanden.

Der M-Wert beträgt laut Packungsbeschriftung 29 dB.

Der Korrekturfaktor für Gehörschutzstöpsel lautet:

$K_S = 9 \text{ dB}$.

3. Berechnung:

$L'_{pC,peak}$: am Ohr wirksamer Restspitzenschalldruckpegel

$L'_{pC,peak} = L_{pC,peak} - (M\text{-Wert} - K_S)$

$L'_{pC,peak} = 145 \text{ dB(C)} - (29 \text{ dB} - 9 \text{ dB})$

$L'_{pC,peak} = 125 \text{ dB(C)}$

Laut Tabelle 25 Schutzwirkung ist der Gehörschutz für
diesen Einsatzzweck empfehlenswert.

Unterstützung bei der Auswahl von geeignetem Gehör-
schutz bietet die IFA-Positivliste, enthalten in der
DGUV Regel 112-194 "Benutzung von Gehörschutz",
Anhang 3 (zum Download unter www.dguv.de (Web-
code d554149)).

Die Gehörschützer der IFA-Positivliste gewährleisten eine
ausreichende Schalldämmung und die Erfüllung sicher-
heitstechnischer Anforderungen. Außerdem enthält sie die
notwendigen Angaben der Hersteller oder Lieferanten für
die Berechnung des Restexpositionspegels. Für diese Ge-
hörschützer liegt eine EG-/EU-Baumusterprüfbescheinigung
einer notifizierten Stelle vor. Diese Gehörschützer werden
vom Hersteller mit der CE-Kennzeichnung versehen.

In der Positivliste ist auch aktiver Gehörschutz enthal-
ten. Bei abgeschalteter Elektronik wirkt er wie herkömm-
licher Gehörschutz. Bei eingeschalteter Elektronik werden
Schallpegel unter 80 dB(A) verstärkt und über 80 dB(A),
insbesondere Impulsspitzen, gedämmt. Es wird auf die-
se Weise sichergestellt, dass der Schalldruckpegel unter
dem Gehörschutz 85 dB(A) nicht überschreiten kann.

Die Sprachverständigung kann bei ungleichförmigen Ge-
räuschen und vor allem in Lärmpausen, im Vergleich
zu herkömmlichem Gehörschutz, in den meisten Fällen
verbessert werden.

9.3 Vorteile und Nachteile der unterschied- lichen Gehörschutzvarianten

Bevor ein bestimmter Gehörschutz ausgewählt wird, müs-
sen grundsätzlich erst dessen Vor- und Nachteile abge-
wogen werden. Dabei sollte auch die jeweilige Arbeits-
umgebung (Tabelle 26) berücksichtigt werden.

Das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen
Unfallversicherung (IFA) bietet dafür ein Auswahlpro-
gramm an.

Mit der Vorgabe des Tages-Lärmexpositionspegels, der
Geräuschklasse HM oder L und der Situation am Arbeits-
platz nach Tabelle 18 wird unter der folgenden Internet-
adresse geeigneter Gehörschutz vorgeschlagen (zum
Download: www.dguv.de/d4785).

Tabelle 26 Eignung der einzelnen Gehörschutztypen (aus DGUV Information 212-024 „Gehörschutz-Informationen“)

Gehörschutz-Typ → Arbeitsbedingungen ↓	Kapselgehörschützer	Stöpsel zum mehrmaligen Gebrauch	Stöpsel zum einmaligen Gebrauch	Bügelstöpsel	Otoplastiken	Stöpsel mit Verbindungsschnur ⁴
Sehr hohe Temperatur und Feuchtigkeit	– ¹	+	+	+	+	+
Starke Staubbelastung	+/- ³	–	+	–	+/-	–
Wiederholte kurzzeitige Lärmexposition	+	+/-	–	+	–	–
Informationshaltige Arbeitsgeräusche	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Warnsignale, Sprachkommunikation	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Ortung von Schallquellen	–	+	+	+	+	+
Vibration und schnelle Kopfbewegungen	+/-	+	+	+/-	+	+/-
Arbeitsstoffe, Schmutz und Metallspäne an den Händen	+	+/- ²	+ ²	+/-	+/- (2)	+/- ²
Bewegte Maschinenteile	+	+	+	+/-	+/-	–

– grundsätzlich nicht geeignet

+ grundsätzlich geeignet

+/- im Einzelfall geeignet/ungeeignet

¹ Geeignet sind die mit schweißabsorbierender Zwischenlage.

² Stöpsel ohne Griff (besonders vor Gebrauch zu formende Stöpsel) nur nach vorheriger Händereinigung einsetzen.

³ Staub kann sich am Gehörschutz anlagern und, je nach Art der Staubbelastung, die Haut reizen (Typische Tätigkeiten mit starker Staubbelastung sind Schleifarbeiten in Behältern, Gussputzen.).

⁴ Gehörschutzstöpsel mit Verbindungsschnur können sowohl Stöpsel zum einmaligen oder mehrmaligen Gebrauch als auch Gehörschutz-Otoplastiken sein.

9.4 Besondere Anforderungen an die Auswahl von Gehörschutz

Neben den allgemeinen Auswahlkriterien sind in Einzelfällen Besonderheiten an den Einsatzorten und individuelle Belange der Beschäftigten zu beachten. Die Besonderheiten sind in der Liste des geprüften Gehörschutzes zum Teil gekennzeichnet.

Die Signalerkennung (Sprache und akustische Gefahrensignale) kann besonders bei hörgeschädigten Beschäftigten zu Schwierigkeiten führen, wenn dieser Aspekt bei der

Gehörschutzauswahl nicht speziell berücksichtigt worden ist. Die Schwierigkeiten lassen sich in der Regel beseitigen, wenn der Gehörschutz mit näherungsweise frequenzunabhängiger Dämmwirkung (flache Schalldämmkurve) eingesetzt wird. Dass Signale erkannt werden müssen Sie mit Hörproben sicherstellen.

Das Richtungshören spielt bei Transportarbeiten, beim Einsatz auf Fahrzeugen, Kranen usw. oft eine erhebliche Rolle. Empfindet eine Person das Tragen von Kapselgehörschutz als Beeinträchtigung, sollte sie Gehörschutzstöpsel vorziehen.

Wer eine Brille trägt, muss besonders auf die Gestaltung der Dichtungskissen von Kapselgehörschutz 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. Müssen Gehörschutz und Brille kombiniert werden sollten Gehörschutzstöpsel eingesetzt werden.

Dichtungskissen vom Kapselgehörschutz sind – möglichst täglich – nach den Anweisungen des Herstellers zu reinigen. Darüber hinaus ist die vom Hersteller angegebene Gebrauchsdauer für die Dichtungskissen zu beachten. Danach (oder bei Beschädigungen und Verschleiß) können die Dichtungskissen nicht mehr die erforderliche Dämmung aufweisen und müssen ersetzt werden.

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.

Sehr hohe Tages-Lärmexpositionspegel mit überwiegend tief- und mittelfrequenten Anteilen bedürfen einer Kombination aus Stöpseln und Kapseln. Auf diese Weise 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. Es gibt in der IFA-Positivliste geprüfte Kombinationen aus Gehörschutzstöpseln und Kapselgehörschützern, deren Eigenschaften bekannt sind.

9.5 Akzeptanz und Gewöhnung

Um die Akzeptanz für das Tragen von Gehörschutz zu erhöhen, gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Neulinge im Betrieb, ob Auszubildende oder Neueinstellungen, werden gleich zu Beginn theoretisch und praktisch in die Benutzung von Gehörschutz unterwiesen.
- Allen Beschäftigten sollten mehrere Gehörschutzarten zur Verfügung gestellt werden.

- Vorgesetzte müssen Vorbilder sein. Auch die Personen, die sich nur kurz in Lärmbereichen aufhalten, sollten wirksamen und gut sichtbar Gehörschutz benutzen.

An Lärm kann man sich angeblich leicht gewöhnen, an Gehörschutz weniger. Der Gewöhnung an Lärm liegt eine Selbsttäuschung zugrunde, denn die Betroffenen haben bereits einen Gehörschaden erlitten und nehmen den Lärm deshalb nicht mehr in voller Stärke wahr.

Es ist hingegen möglich, sich an Gehörschutz zu gewöhnen, indem man die Benutzungsdauer täglich ausdehnt. Schon nach kurzer Zeit wird der Lärm als lästiger empfunden als der Gehörschutz.

Problematisch ist die Benutzung von Gehörschutz bei unterbrochener Lärmeinwirkung. In der Lärmpause ohne Gehörschutz, wird er auch nicht wieder benutzt, wenn der Lärm plötzlich wiedereinschlägt, weil die Übung dafür fehlt, die Person sich noch nicht an die Handhabung gewöhnt hat oder der Gehörschutz nicht griffbereit ist. Aber auch kurzzeitige Lärmeinwirkung wird unterschätzt. Kapseln und Bügelstöpsel sind Gehörschutzarten, die schnell auf- und wieder abgesetzt werden können. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, auch die aus dem Verwaltungs- und Konstruktionsbereich, sollten in der Lage sein, entsprechenden Gehörschutz einzusetzen.

9.6 Schutzwirkungsverlust

Lärm in einer Stärke von 97 dB(A) über eine Dauer von 30 Minuten ist ebenso gehörschädigend wie Lärm in einer Stärke 85 dB(A) über eine Dauer von acht Stunden. Wenn diese 30 Minuten nun noch über den Tag verteilt sind, neigen die Beschäftigten dazu, die Lärmwirkung zu unterschätzen und den Gehörschutz gar nicht erst zu benutzen.

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

Beispiel:

In der Fertigungshalle beträgt der Tages-Lärmexpositionspegel für alle Mitarbeitenden 97 dB(A). Eine Person, die dort arbeitet, benutzt Gehörschutzstöpsel mit einem M-Wert von 20 dB inklusive des Praxisabschlags.

Vergisst die beschäftigte Person den Gehörschutz für 30 Minuten einzusetzen, ergibt sich aus den genannten Daten, dass die effektive Lärmdämmung dadurch von 20 dB auf 11 dB sinkt (Abb. 46).

Der Tages-Lärmexpositionspegel (Restpegel) beträgt für die Person 86 dB(A), ein Lärmpegel, der bereits das Gehör schädigen kann.



Achtung!

Es ist keine Lösung, sofort einen Gehörschutzstöpsel mit einer 9 dB(A) höheren Dämmung zu benutzen, weil es dazu führen könnte, dass die betreffende Person den Gehörschutz aufgrund der Überprotektion noch öfter entfernt, zum Beispiel während eines Gesprächs.

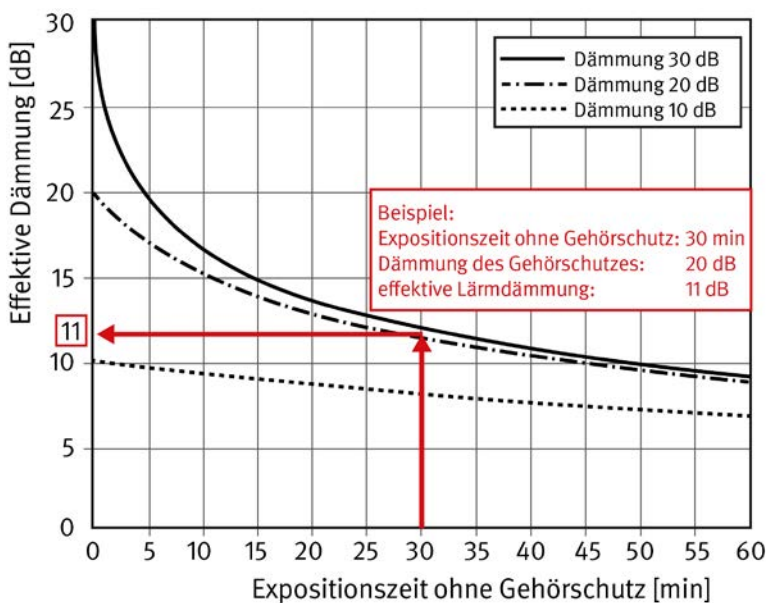


Abb. 46

Schutzwirkungsverlust für Zeiten ohne Gehörschutz bis zu 60 Minuten

10 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Durch arbeitsmedizinische Vorsorge soll sichergestellt werden, dass Lärmschwerhörigkeiten nicht entstehen oder sich verschlimmern. Darüber hinaus ist eine individuelle arbeitsmedizinische Beratung der Beschäftigten vorgesehen. Die Beratung erfolgt unter Einhaltung der ärztlichen Schweigepflicht.

10.1 Gesetzliche Grundlagen

Rechtsgrundlage für die Vorsorge ist die „Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge“ (ArbMedVV).

Auf Wunsch der Versicherten müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber eine Vorsorge (Wunschvorsorge) anbieten, es sei denn, aufgrund der Gefährdungsbeurteilung ist nicht mit einem Gesundheitsschaden zu rechnen.

Arbeitsmedizinische Vorsorge müssen Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen als Angebotsvorsorge anbieten, wenn der untere Auslösewert von $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ oder $L_{C,peak} = 135 \text{ dB(C)}$ überschritten wurde.

Die arbeitsmedizinische Vorsorge muss vom Arbeitgeber oder von der Arbeitgeberin regelmäßig als Pflichtvorsorge veranlasst werden, wenn bei einer Lärmexposition der obere Auslösewert von $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ oder $L_{C,peak} = 137 \text{ dB(C)}$ erreicht oder überschritten wurde.

Wer die Vorsorge durchführt, muss als Arzt oder als Ärztin berechtigt sein, die Gebietsbezeichnung „Arbeitsmedizin“ oder die Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ zu führen.

Der Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin trägt die Kosten der Vorsorge.

10.2 Fristen

Die Fristen für die arbeitsmedizinische Vorsorge sind in der arbeitsmedizinischen Regel (AMR) Nr. 2.1 „Fristen für Vorsorgeuntersuchungen“ festgelegt.

Dabei sind im Wesentlichen folgende Termine zu beachten:

- Erstuntersuchung innerhalb von 3 Monaten vor Beginn der Tätigkeit
- Zweituntersuchung spätestens nach 12 Monaten
- jede weitere Vorsorge spätestens nach 36 Monaten

Diese Fristen können durch den Arbeitsmediziner oder die Arbeitsmedizinerin verkürzt werden. Eine Verkürzung der Fristen kann sich ergeben, wenn ein Verdacht auf ein gesundheitliches Risiko bis zum sonst üblichen nächsten Untersuchungstermin besteht.

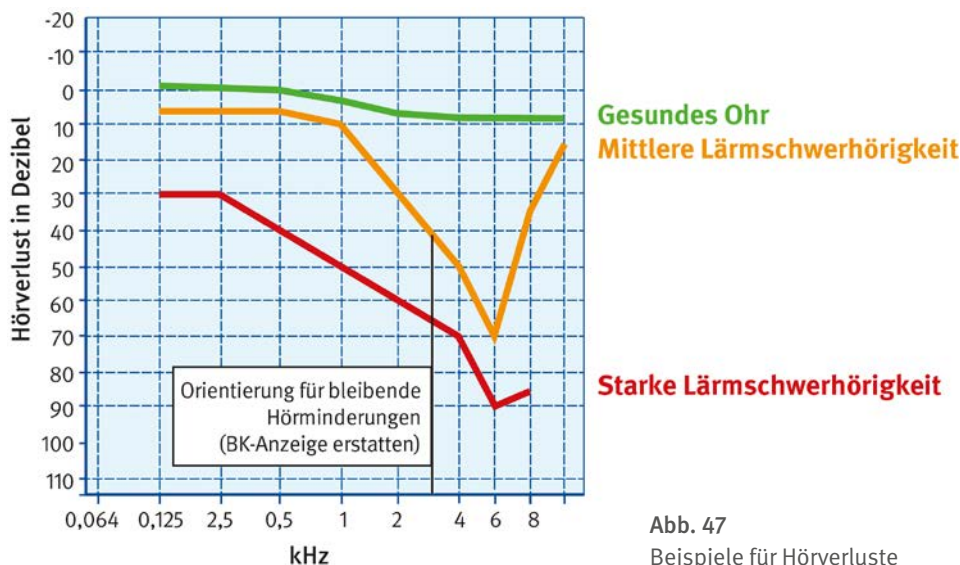


Abb. 47
Beispiele für Hörverluste

10.3 Vorsorge nach der DGUV Empfehlung „Lärm“

Die DGUV Empfehlung „Lärm“ (früher „DGUV Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 20 „Lärm“) ist eine allgemein anerkannte Regel der Arbeitsmedizin.

Voraussetzungen für die Untersuchung durch den Arzt oder die Ärztin sind:

- Die versicherte Person stimmt der Untersuchung zu.
- Arzt oder Ärztin besitzt besondere Fachkenntnisse in der Durchführung und Beurteilung audiometrischer Untersuchungen.
- Arzt, Ärztin und das medizinische Fachpersonal erfüllen die Fortbildungsanforderungen.
- Arzt oder Ärztin verfügen über eine spezielle Ausrüstung.

Wird die klinische Untersuchung von der versicherten Person abgelehnt, beschränkt sich die Vorsorge auf eine umfassende Beratung.

Wird der Untersuchung zugestimmt, wird zunächst die Lärm-I-Untersuchung durchgeführt. Dabei erfolgt eine Befragung zur Situation am Arbeitsplatz und zu Auffälligkeiten, die das Ohr und das Hören betreffen.

Im Anschluss daran wird das Außenohr bis zum Trommelfell untersucht. Es wird ein Tonaudiogramm erstellt und abschließend erfolgt die Beratung zum Gehörschutz. Stellt sich in der Lärm-I-Untersuchung eine verminderte

Luftleitungshörschwelle dar, ist die Ergänzungsuntersuchung nach Lärm II notwendig. Dabei werden die Untersuchungen ausgeweitet und vertieft.

Sollten sich auch hier wesentliche Hörverluste ergeben, erfolgt eine erweiterte hals-nasen-ohrenärztliche Ergänzungsuntersuchung Lärm III.

Vor einer Untersuchung darf das Gehör mindestens 14 Stunden lang nicht unter Schalleinwirkung eines Mittelungspegel $L_{Aeq} \geq 80$ dB gestanden haben, anderenfalls kann eine reversible Hörschwellenverschiebung stattgefunden haben, die das Messergebnis verfälscht. Das kann in der Regel ausgeschlossen werden, wenn ein entsprechender Gehörschutz vor der Untersuchung eingesetzt wird. 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 überflüssigen Ergänzungsuntersuchungen führen.

Die Beratung der versicherten Person zum Thema Art und Benutzung des Gehörschutzes ist eine wichtige ärztliche Aufgabe während der arbeitsmedizinischen Vorsorge (siehe auch DGUV Regel 112-194 „Benutzung von Gehörschutz“). Grundlage der Beratung ist der bisher benutzte Gehörschutz. Deshalb sollten die Beschäftigten ihren Gehörschutz zur Untersuchung mitbringen. Gehör-Vorsorgeuntersuchungen sollen dazu beitragen, die Beschäftigten zu motivieren, geeigneten Gehörschutz konsequent zu benutzen.



Abb. 48 Arbeitsmedizinische Vorsorge im Betrieb



Abb. 49 Beratungsgespräch

Das Tragen von Hörgeräten oder von Hörgeräten mit Gehörschutzfunktion am Arbeitsplatz sollte auf jeden Fall Gegenstand der ärztlichen Beratung sein.

Zur arbeitsmedizinischen Vorsorge nach der DGUV Empfehlung „Lärm“ gehört auch die arbeitsmedizinische Beratung des Arbeitgebers oder der Arbeitgeberin in Bezug auf Schutzmaßnahmen nach den S-T-O-P-Prinzipien unter Wahrung der ärztlichen Schweigepflicht.

Tabelle 27 Übersicht über Gehörvorsorgeuntersuchungen

ArbMedVV in Verbindung mit AMR 2.1, AMR 6.3 und TRLV "Lärm"														
		Angebotsvorsorge					Pflichtvorsorge							
		↔ Unterer Auslösewert					↔ Oberer Auslösewert							
Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ in dB(A)		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92 und mehr
Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ in dB(C)		135	136				137	138	139	140	141	142	143	144 und mehr
TRLV „Lärm“ § 11(3)		Allgemeine arbeitsmedizinische Beratung, falls aus arb.med, Sicht erforderlich												
Fristen gem. AMR 2.1	Erstuntersuchung	Innerhalb von 3 Monaten vor Aufnahme der Tätigkeit												
	Erste Nachuntersuchung	nach max. 12 Monaten												
	weitere Nachuntersuchungen	nach max. 36 Monaten												
	vorzeitige Nachuntersuchung	nach ärztlichem Ermessen												
Mögliche Untersuchungsarten gem. DGUV Empfehlung „Lärm“		Lärm I (Siebtest)*												
		Lärm II (Ergänzungsuntersuchung)*												
		Lärm III (erweiterte Ergänzungsuntersuchung)*												
Inhalt einer Vorsorgebescheinigung gem. AMR 6.3 an den Arbeitgeber		Beschäftigtenstammdaten												
		Vorsorgedatum												
		Vorsorgeanlass (hier: Lärm), unterteilt nach Angebots- bzw. Pflichtvorsorge												
		Termin der nächsten Vorsorge												
		Unterschrift des Arztes												
Beratung		Beratung des Versicherten über Inhalte, Zweck und Risiken der Untersuchung												
		Beratung des Versicherten zu Gefährdungen durch Lärm												
		Beratung des Versicherten zu den Untersuchungsergebnissen												
		Beratung des Versicherten zum persönlichen Gehörschutz												
		Beratung des Arbeitgebers falls die getroffenen Arbeitsschutzmaßnahmen nicht ausreichen.												
Maßnahmen		Falls die getroffenen Arbeitsschutzmaßnahmen nicht ausreichen hat der Arbeitgeber die Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen, zusätzlich ist der Betriebs- oder Personalrat und die zuständige Behörde über die getroffenen Maßnahmen zu informieren.												

*) Wenn der Versicherte eine Untersuchung ablehnt, kann die Vorsorge auch nur aus einer Beratung bestehen.

10.4 Arbeitsmedizinische Dokumentation

Nach der arbeitsmedizinischen Vorsorge stellt der Arzt oder die Ärztin der betroffenen Person und der Arbeitgeberin oder dem Arbeitgeber eine Vorsorgebescheinigung gemäß AMR 6.3 aus. Die Bescheinigung enthält Angaben über:

- die Beschäftigtenstammdaten, wie
- Name, Vorname
- Geburtsdatum
- Privatanschrift
- Anschrift des Betriebs
- Personalnummer (soweit vorhanden)
- das Vorsorgedatum
- den Vorsorgeanlass
- den Termin der nächsten arbeitsmedizinischen Vorsorge
- Unterschrift des Arztes/der Ärztin

Angaben zum Befund sind nicht Bestandteil der Vorsorgebescheinigung.

Seit Inkrafttreten der Änderungsverordnung zur ArbMedVV im Oktober 2013 enthält die Bescheinigung keine Aussagen mehr zur gesundheitlichen Bedenklichkeit oder Unbedenklichkeit der Tätigkeit für die betreffende Person. Befunde und Diagnosen unterliegen nach wie vor der ärztlichen Schweigepflicht.

Der Arzt oder die Ärztin muss die Arbeitgeberin oder den Arbeitgeber darüber informieren, wenn sich in einem Arbeitsbereich gesundheitliche Auffälligkeiten zeigen und Maßnahmen des Arbeitsschutzes vorschlagen. Dabei ist darauf zu achten, dass eine einzelne Person nicht identifiziert werden kann.

10.5 Ototoxische Arbeitsstoffe

Im Tierversuch konnte nachgewiesen werden, dass einige chemische Substanzen Gehörschäden verursachen. Die Expertinnen und Experten im Arbeitskreis 1.6 „Lärm“ im Ausschuss Arbeitsmedizin der DGUV sind sich jedoch sicher, dass, unter Einhaltung zurzeit gültiger Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW), für diese Stoffe keine Gehörschäden beim Menschen zu erwarten sind.

Sehr viel vorsichtiger argumentieren Expertinnen und Experten bei gleichzeitigem Vorliegen entsprechender Chemikalien und Lärm. Die bisher vorliegenden Untersuchungen lassen noch keine eindeutigen Aussagen zu, daher wird sicherheitshalber zu weitergehenden Lärm-minderungsmaßnahmen geraten, wenn die Arbeitsstoffe am Arbeitsplatz vorkommen.

Lärm ist und bleibt, auch in Kombinationswirkung, weiterhin der stärkste Risikofaktor für Gehörschäden. Die Kombinationsbelastungen werden künftig auf den Untersuchungsbögen Lärm I und II erfragt.

Weitere Informationen sind im Positionspapier „Ototoxische Arbeitsstoffe“ des Arbeitskreises „Lärm“ im Ausschuss Arbeitsmedizin der DGUV enthalten (www.dguv.de > Webcode d1182582).

11 Quellen- und Literaturverzeichnis

Die hier gelisteten Informationsgrundlagen geben den redaktionellen Stand zum Zeitpunkt des Beschlusses im Sachgebiet wieder. Für die sichere und gesundheitsfördernde Arbeit im Betrieb ist der jeweils aktuelle Stand der Vorschriften heranzuziehen und sinngemäß anzuwenden.

11.1 Gesetze, Verordnungen und Regeln

Bezugsquelle:

*Buchhandel und Internet,
z. B. www.gesetze-im-internet.de*

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) vom 7. August 1996, zuletzt geändert am 19. Juni 2020
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) vom 12. August 2004, zuletzt geändert am 19. Juni 2020
- Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.7, Ausgabe Mai 2018
- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (Lärm-VibrationsArbSchV) vom 06. März 2007, zuletzt geändert am 18. Oktober 2017
- TRLV Lärm Teil: Allgemeines, Ausgabe August 2017
- TRLV Lärm Teil 1: Beurteilung der Gefährdung durch Lärm, Ausgabe August 2017
- TRLV Lärm Teil 2: Messung von Lärm, Ausgabe August 2017
- TRLV Lärm Teil 3: Lärmschutzmaßnahmen, Ausgabe August 2017
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) vom 18. Dezember 2008, zuletzt geändert am 12. Juli 2019
- AMR Nr. 2.1: Fristen für die Veranlassung/das Angebot von arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen vom 20. Juli 2016
- AMR Nr. 6.4 Mitteilungen an den Arbeitgeber vom 23. Juni 2014
- Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) 08. November 2011, zuletzt geändert am 19. Juni 2020
- 9. ProdSV (Maschinenverordnung) vom 12. Mai 1993, zuletzt geändert am 8. November 2011
- Mutterschutzgesetz (MuschG) vom 23. Mai 2017, Stand vom 12. Dezember 2019
- Behindertengleichstellungsgesetz (BGG) vom 27.04.2002, Stand vom 02.06.2021

11.2 DGUV Vorschriften, Regeln, Informationen und sonstige Schriften zur Messung und Bewertung

Bezugsquelle:

Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter www.dguv.de/publikationen

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ (Oktober 2014)
- Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 01-400 – Beurteilung der Lärmexposition nach der Lärm- und Vibrations-arbeitsschutzverordnung

Lärminderung

- Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 01-234 – Raumakustik in industriellen Arbeitsräumen
- Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 01-243 – Geräuschminderung durch Kapselung
- Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 01-305 – Geräuschminderung – Lärminderungsprogramm
- Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 02-375 – Geräuschgeminderte Diamant-Trennscheiben

Weitere nützliche Informationen aus dem IFA-Handbuch:

- 230 241 Geräuschgeminderte Druckluftdüsen
- 230 228 Akustische Raumgestaltung von Callcentern

Aktuelle Informationen und weitere Veröffentlichungen zum Thema „Lärm“ können über den Webcode d133135 unter www.dguv.de abgerufen werden.

Gehörschutz

- DGUV Regel 112-194 „Benutzung von Gehörschutz“
- DGUV Information 212-024 „Gehörschutz-Informationen“
- DGUV Information 212-673 „Tragen von Gehörschützern bei der Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr“
- DGUV Information 212-686 „Gehörschützer-Kurzinformation für Personen mit Hörverlust“

11.3 DIN EN- und ISO-Normen (Auswahl)

Bezugsquelle:

Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin,
www.beuth.de

Messung und Bewertung

- DIN 45635-1:1984-04 und Folgeteile u. a. „Geräuschmessung an Maschinen; Luftschallemission, Hüllflächen-Verfahren; Rahmenverfahren für 3 Genauigkeitsklassen“
- DIN 45641:1990-06 „Mittelung von Schallpegeln“
- DIN 45645-2:2012-09 „Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung“
- DIN 45657:2014-07 „Schallpegelmesser – Zusatzanforderungen für besondere Messaufgaben“
- DIN EN 61672-1:2014-07 „Elektroakustik – Schallpegelmesser – Anforderungen“
- DIN EN IEC 60942:2018-07 „Elektroakustik – Schallkalibratoren“
- DIN EN ISO 3740:2019-08 „Akustik – Bestimmung des Schallleistungspegels von Geräuschquellen – Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen“
- DIN EN ISO 11200:2020-10 „Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten – Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen zur Bestimmung von Emissionsschalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten“
- ISO 1999:2013-10 „Akustik – Bestimmung des lärmbedingten Hörverlustes“
- DIN EN ISO 9612:2009-09 „Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren)“
- DIN EN ISO 9614-1:2019-11 „Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 1: Messungen an diskreten Punkten“
- DIN EN ISO 9614-2:1996-12 „Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 2: Messung mit kontinuierlicher Abtastung“
- DIN EN ISO 9614-3:2009-11 „Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen – Teil 3: Scanning-Verfahren der Genauigkeitsklasse 1“
- DIN ISO 230-5:2006-03 „Prüfregeln für Werkzeugmaschinen – Bestimmung der Geräuschemission“

Lärminderung

- DIN EN ISO 11688-1:2009-11 „Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Maschinen und Geräte“
- DIN EN ISO 11690-1:2020-09 Entwurf „Richtlinien für die Gestaltung maschinenbestückter Arbeitsstätten – Allgemeine Grundlagen“
- DIN EN ISO 11690-2:2020-09 Entwurf „Richtlinien für die Gestaltung maschinenbestückter Arbeitsstätten – Lärminderungsmaßnahmen“
- DIN EN ISO 11690-3:1999-01 „Richtlinien für die Gestaltung maschinenbestückter Arbeitsstätten – Schallausbreitung und Vorausberechnung der Geräuschsituation“
- DIN 1320:2009-12 „Akustik – Begriffe“

Gehörschutz

- DIN EN 352-1:2018-08 Entwurf „Gehörschützer – Allgemeine Anforderungen – Teil 1 Kapselgehörschützer“
- DIN EN 352-2:2018-08 Entwurf „Gehörschützer – Allgemeine Anforderungen – Teil 2 Gehörschutzstöpsel“
- DIN EN 352-3:2018-08 Entwurf „Gehörschützer – Allgemeine Anforderungen – An Kopfschutz und/oder Gesichtsschutzgeräten befestigte Kapselgehörschützer“
- DIN EN 352-4:2017-07 Entwurf „Gehörschützer – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen – Pegelabhängige Kapselgehörschützer“
- DIN EN 458:2016-07 „Gehörschützer – Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung“

Sonstige

- DIN ISO 226:2006-04 „Akustik – Normalkurven gleicher Lautstärkepegel“
- DIN 1320:2009-12 „Akustik – Begriffe“
- DIN 33404-3:2016-04 „Gefahrensignale – Akustische Gefahrensignale – Einheitliches Notsignal“
- DIN EN ISO 7010:2020-07 „Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Registrierte Sicherheitszeichen“

11.4 VDI-Richtlinien (Auswahl)

Bezugsquelle:

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf,
www.vdi.de

- VDI 2058 Blatt 2: 2020-0 „Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung“
- VDI 2058 Blatt 3: 2014-08 „Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten“
- VDI 2062 Blatt 2: 2007-11 „Schwingungsisolierung – Schwingungsisolierelemente“
- VDI 2720 Blatt 2: 1983-04 „Schallschutz durch Abschirmung in Räumen“
- VDI 2720 Blatt 3: 1983-02 „Schallschutz durch Abschirmung im Nahfeld; teilweise Umschließung“
- VDI 3720 Blatt 2: 1982-11 „Lärmarm konstruieren; Beispielsammlung“
- VDI 3723 Blatt 1: 1993-05 „Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung schwankender Geräuschemissionen“
- VDI 3727 Blatt 1: 1984-02 „Schallschutz durch Körperschalldämpfung; Physikalische Grundlagen und Abschätzungsverfahren“
- VDI 3727 Blatt 2: 1984-11 „Schallschutz durch Körperschalldämpfung – Anwendungshinweise“
- VDI 3733: 1996-07 „Geräusche bei Rohrleitungen“
- VDI 3752 Blatt 1: 1993-07 „Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Werkzeugmaschinen; Pressen zum Schneiden von Blech (Schneidpressen)“
- VDI 3755: 2015-01 „Schalldämmung und Schallabsorption abgehängter Unterdecken“
- VDI 3759: 1986-07 „Lärminderung beim Transport von Blechen, Profilen, Hohlkörpern“
- VDI 3760: 1996-02 „Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen“

Anhang 1

Bericht zur Geräuschmessung – Geräuschimmission (Muster)

Unternehmen: _____

Bearbeitung: _____

Veranlassung: _____

Messort: _____

Datum: _____

Messgerät: _____

Teilnehmende: _____

Kalibrator: _____

Messpunkt	Arbeitsbereich	ergänzende Angaben	Messzeit	Teilzeit	Schalldruckpegel		
lfd. Nr.	Maschine Tätigkeit	Betriebszustand Hauptschallquelle Fremdgeräusch	T_M [min]	T_I [min]	L_{Aeq} [dB(A)]	L_{pCpeak} [dB(C)]	L_{Ceq} [dB(C)]
Bemerkungen: Datum: Unterschrift:							

Ortsbezogener Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$: _____ dB(A)

Genauigkeitsklasse:

Ermittlungsunsicherheit:

Anhang 2

Bestellschreiben – Geräuschemission (Muster für Auftragsvergabe)

Bezeichnung (Maschine, Anlage, Gerät, Zusatzaggregat):

Die EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG verpflichtet die Herstellfirma zur Angabe von Geräuschemissionswerten. Mit Hilfe der Werte können der Stand der Lärminderungstechnik ermittelt und entsprechend leise Maschinen ausgewählt werden.

Die Geräuschemissionswerte sind auf der Basis maschinenspezifischer Maschinensicherheitsnormen oder separater maschinenspezifischer Geräuschetestcodes zu ermitteln. Als Basisnormen gelten:

- DIN EN ISO 3740 ff oder DIN EN ISO 9614 Teile 1–3 zur Ermittlung des A-Schallleistungspegels
- DIN EN ISO 11200 ff zur Ermittlung des A-bewerteten Emissions-Schalldruckpegels am Arbeitsplatz und des C-bewerteten Spitzenschalldruckpegels

Für die Angaben gilt entsprechend die DIN EN ISO 4871, zum Beispiel als Zweizahl-Angabe (Messwert und zusätzlich die damit verbundene Unsicherheit).

Grenzwerte	Leerlauf	Last/Bearbeitung	angewendete Norm
Schallleistungspegel L_{WA} (in dB re 1 pW)	_____ dB	_____ dB	
Unsicherheit K_{WA}	_____ dB	_____ dB	
Emissionsschalldruckpegel am Arbeitsplatz L_{pA} (in dB re 20 µPa) Oder an anderen festgelegten Orten	1. _____ dB 2. _____ dB 3. _____ dB	1. _____ dB 2. _____ dB 3. _____ dB	
Unsicherheit K_{pA}	_____ dB	_____ dB	
1 m – Messflächen-Schalldruck- pegel $L_{pA,1m}$ (in dB re 20 µPa)	_____ dB	_____ dB	
Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ (in dB re 20 µPa)	_____ dB	_____ dB	
Unsicherheit $K_{pC,peak}$	_____ dB	_____ dB	

Lage der Messpunkte/des Messpunkts
am Arbeitsplatz:

Betriebsbedingungen während
der Geräuschemissionsmessung:

Weitere Schallschutzmaßnahmen:

Weitere Angaben (z. B. Tonhaltigkeit):

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de