



Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 01-400

Beurteilung der Lärmexposition nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

– Akustische Grundbegriffe, Mess-Strategien, Berechnung des Lärmexpositionspegels und der Unsicherheit

Juli 2019

kommmitmensch 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)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Andrea Wolff

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen
Unfallversicherung (IFA)
Fachbereich Arbeitsgestaltung – Physikalische Einwirkungen
Alte Heerstraße 111
53757 Sankt Augustin
Ausgabe: Juli 2019

Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 01-400 zu beziehen bei Ihrem zuständigen
Unfallversicherungsträger
oder unter ► www.dguv.de/publikationen

Beurteilung der Lärmexposition nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

– Akustische Grundbegriffe, Mess-Strategien, Berechnung des Lärmexpositionspegels und der Unsicherheit

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
1	Einleitung	5	5.8 Tages- und Wochen-Lärmexpositionspegel ..
2	Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz- verordnung	6	5.8.1 Repräsentativer Arbeitstag
2.1	Allgemeines	6	5.8.2 Tages-Lärmexpositionspegel
2.2	Auslösewerte und damit verbundene Maßnahmen	6	5.8.3 Wochen-Lärmexpositionspegel
2.3	Gefährdungsbeurteilung	7	5.8.4 Beispiel zur Anwendung des Tages- und des Wochen-Lärmexpositionspegels
2.4	Technischer Lärmschutz	8	5.9 Bestimmung des Lärmexpositionspegels durch tätigkeitsbezogene Messungen
3	Normen und Richtlinien	9	5.9.1 Allgemeines
4	Grundbegriffe	11	5.9.2 Zerlegung der Arbeitsschicht in Tätigkeiten
4.1	Schalldruckpegel	11	5.9.3 Erfassen der Lärmexposition für die einzelnen Tätigkeiten
4.2	Frequenzbewerteter Schalldruckpegel	11	5.9.4 Berechnung des Lärmexpositionspegels
4.3	Zeitbewerteter Schalldruckpegel	12	5.9.5 Beispiele zur Berechnung des Lärm- expositionspegels nach Strategie 1
4.4	Äquivalenter Dauerschallpegel	13	5.10 Messunsicherheit
4.5	Beurteilungspegel	14	5.10.1 Einflussfaktoren
4.6	Tages-Lärmexpositionspegel	14	5.10.2 Unsicherheit nach DIN EN ISO 9612
4.7	Genauigkeitsklassen	14	5.11 Vergleich mit Auslösewerten
5	Erfassen der Lärmexposition	15	5.11.1 Allgemeines
5.1	Allgemeines	15	5.11.2 Genauigkeitsklassen in Abhängigkeit von der kombinierten Standardunsicherheit
5.2	Arbeitsanalyse	15	5.11.3 Genauigkeitsklassen nach vereinfachtem Verfahren
5.3	Messstrategien	16	5.11.4 Vergleich des Lärmexpositionspegels mit Auslösewerten
5.3.1	Tätigkeitsbezogene Messungen (Strategie 1)	16	6 Messbericht
5.3.2	Berufsbildbezogene Messungen (Strategie 2)	17	7 Literatur
5.3.4	Vergleich der drei Messstrategien	18	
5.4	Orts- und personenbezogener Lärmexpositionspegel	18	
5.5	Ortsfeste und personengebundene Messung	20	
5.5.1	Ortsfeste Messung	20	
5.5.2	Personengebundene Messung	21	
5.6	Messgeräte und deren Kalibrierung	22	
5.7	Messgrößen	22	
5.7.1	Äquivalenter Dauerschallpegel L_{pAeq} , Messdauer	22	
5.7.2	Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$	23	

1 Einleitung

Nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 06. März 2007 [1] muss der Unternehmer im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes [2] prüfen, ob die Beschäftigten Lärm oder Vibrationen ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein könnten (§ 3). Dazu kann er sich z. B. auf die Angaben eines Maschinenherstellers, auf eigene Erfahrungen oder auf bestehende Datenbanken stützen. Lässt sich nicht zweifelsfrei ermitteln, ob die in der Verordnung gegebenen Auslösewerte eingehalten werden, muss der Unternehmer die bestehende Lärmexposition durch geeignete Messungen objektiv erfassen.

Zur Durchführung der entsprechenden Messungen weist die Verordnung auf den Stand der Technik (§ 4) und stellt damit eine Verknüpfung zu den einschlägigen technischen Messnormen her. Messverfahren und Messgeräte müssen den vorhandenen Arbeitsplatz- und Expositionsbedingungen angepasst sein. Die Messungen müssen von fachkundigen Personen durchgeführt werden (§ 5). Um die Anforderungen der Verordnung zu konkretisieren und praxisingerechte Hilfen zu geben, wurden die Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV) erstellt. Die erste Fassung vom 15.01.2010 wurde inzwischen überarbeitet und liegt nun in einer Neufassung vom August 2017 vor [3].

Dieses Lärmschutz-Arbeitsblatt beschreibt die fachkundige Durchführung von Lärmmessungen nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung und den Technischen Regeln zu dieser Verordnung (TRLV Lärm). Grundlage für die entsprechenden Messungen bildet die Internationale Norm DIN EN ISO 9612 [4], die die Bestimmung des Lärmexpositionspegels nach drei unterschiedlichen Messstrategien beschreibt. Diese Strategien werden hier vorgestellt und miteinander verglichen. Weitergehende Erläuterungen zur Durchführung entsprechender Messungen und Beispiele zur Berechnung des Lärmexpositionspegels enthält das Taschenbuch „Lärm-messung im Betrieb“ [5].

2 Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung

2.1 Allgemeines

Nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [1] darf der Arbeitgeber die Ermittlung der Lärmexposition nur an fachkundige Personen übertragen, die aufgrund ihrer Ausbildung und Erfahrung über die notwendigen Kenntnisse in der akustischen Messtechnik verfügen und mit den entsprechenden Messnormen vertraut sind. Die Gefährdungsbeurteilung erfordert zudem auch Kenntnisse der relevanten gesetzlichen Vorschriften. Deshalb sollen hier zunächst die mit der Messung zusammenhängenden Vorgaben der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung erläutert werden.

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung ist eine Verordnung nach § 18 Arbeitsschutzgesetz [2] und setzt zwei Europäische Arbeitsschutz-Richtlinien in nationales Recht um (2003/10/EG „Lärm“ und 2002/44/EG „Vibrationen“). Zur weitergehenden Erläuterung dieser Verordnung wurden vom Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) die Technischen Regeln (TRLV) für die Bereiche „Lärm“ [3] und „Vibration“ erarbeitet. Bei Einhaltung dieser Technischen Regeln kann der Unternehmer davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind.

Die Technischen Regeln zum Lärm gliedern sich in folgende vier Teile:

- **Allgemeiner Teil:** Der Allgemeine Teil beschreibt den Anwendungsbereich, die Verantwortung des Arbeitgebers und erläutert die wichtigsten Begriffe.
- **Teil 1:** Teil 1 beschreibt die Grundsätze zur fachkundigen Durchführung der Gefährdungsbeurteilung. Dabei werden auch Wechselwirkungen zwischen Lärm und Vibrationen sowie zwischen Lärm und arbeitsbedingten ototoxischen Substanzen angesprochen. Weitere Themen sind die Unterweisung der Beschäftigten und die allgemeine arbeitsmedizinische Beratung.
- **Teil 2:** Teil 2 beschreibt die Durchführung und Auswertung von Lärmmessungen nach dem Stand der Technik und den Vergleich der Messergebnisse mit den Auslösewerten. Außerdem werden die orts- und die personenbezogene Beurteilung und die Anwendung von Tages- und Wochen-Lärmexpositionspiegel erläutert.

- **Teil 3:** Teil 3 befasst sich mit Lärmschutzmaßnahmen. Erläutert werden z. B. das Minimierungsgebot und die Rangfolge von Schutzmaßnahmen. Es werden verschiedene grundsätzliche Möglichkeiten der Lärminderung, wie z. B. Auswahl lärmarmen Maschinen, konstruktive Maßnahmen an der Quelle, raumakustisch wirksame Maßnahmen und organisatorische Maßnahmen beschrieben. Darüber hinaus wird auch die Auswahl und Anwendung von Gehörschutzmitteln behandelt.

2.2 Auslösewerte und damit verbundene Maßnahmen

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung gibt die in der Tabelle 1 angegebenen Auslösewerte für den Tages-Lärmexpositionspiegel und den C-bewerteten Spitzenschalldruckpegel vor, die jeweils bestimmte Präventionsmaßnahmen nach sich ziehen, wenn sie erreicht oder überschritten werden. Darüber hinaus werden auch maximal zulässige Expositionswerte eingeführt, die die maximale Geräuschbelastung unter dem Gehörschutz beschreiben und unter keinen Umständen überschritten werden dürfen.

Gemäß Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung ist der „Tages-Lärmexpositionspiegel $L_{EX,8h}$ [...] ein A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel, der (personenbezogen) für die Dauer eines repräsentativen Arbeitstages zu ermitteln und auf eine Achtstundenschicht (Zeitdauer von acht Stunden) zu beziehen ist. Er umfasst alle am Arbeitsplatz auftretenden Schallereignisse.“ Weiter wird festgelegt: „Der Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ ist der Höchstwert des Schalldruckpegels mit der Frequenzbewertung „C“ und der Zeitbewertung „peak“ innerhalb des Messzeitraums. Dieser Zeitraum ist so zu wählen, dass die lautesten Schallereignisse innerhalb einer Arbeitsschicht erfasst werden.“

Tabelle 1: Auslösewerte und maximal zulässige Expositionswerte nach der LärmVibrationsArbSchV [1]

	Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$	Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$
untere Auslösewerte	80 dB(A)	135 dB(C)
obere Auslösewerte	85 dB(A)	137 dB(C)
maximal zulässige Expositionswerte	85 dB(A)	137 dB(C)

In Abhängigkeit von der Lärmexposition sind vom Unternehmer die in der Tabelle 2 zusammengestellten Maßnahmen zu ergreifen.

Tabelle 2: Nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [1] erforderliche Maßnahmen

$L_{EX,8h} \geq 80 \text{ dB(A)}$ oder $L_{pC,peak} \geq 135 \text{ dB(C)}$

- Beschäftigte informieren und über die Gefahren durch Lärm unterweisen

$L_{EX,8h} > 80 \text{ dB(A)}$ oder $L_{pC,peak} > 135 \text{ dB(C)}$

- Geeignete Gehörschützer bereitstellen
- Beschäftigten arbeitsmedizinische Vorsorge anbieten

$L_{EX,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}$ oder $L_{pC,peak} \geq 137 \text{ dB(C)}$

- Beschäftigte müssen Gehörschutz benutzen
- Bestimmungsgemäße Verwendung des Gehörschutzes ist sicherzustellen
- Regelmäßig Vorsorge veranlassen (Pflichtvorsorge)

$L_{EX,8h} > 85 \text{ dB(A)}$ oder $L_{pC,peak} > 137 \text{ dB(C)}$

- Lärmbereiche kennzeichnen und Zugang beschränken
- Lärmreduzierungsprogramm aufstellen und durchführen

Obwohl hier verschiedene Maßnahmen erst bei Überschreitung der Auslösewerte gefordert sind, empfiehlt sich die Umsetzung der entsprechenden Maßnahmen bereits bei Erreichen der Werte, weil eine so feine Differenzierung der Pegel im Grenzbereich (Erreichen/Überschreiten) kaum möglich ist. So ist beim Erreichen der Auslösewerte im unmittelbaren Bereich der Lärmquellen auch mit einer Überschreitung der entsprechenden Werte zu rechnen. Die im Zusammenhang mit der Ermittlung der Lärmexposition bedeutenden Aktionen seien in den folgenden Abschnitten kurz erläutert.

2.3 Gefährdungsbeurteilung

Der Unternehmer muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung überprüfen, ob eine Lärmgefährdung besteht (§ 3 LärmVibrationsArbSchV). Dabei ist der Lärm nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Gehörgefährdung zu betrachten, sondern auch hinsichtlich „*einer sonstigen mittelbaren oder unmittelbaren Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten*“. Damit sind also genau genommen alle möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder Unfallgefahren durch Lärm zu betrachten (siehe z. B. VDI 2058 Blatt 3 [6]).

Bei einer gleichzeitigen Belastung der Beschäftigten durch Lärm und Vibrationen sind die gewonnenen Ergebnisse bei der Gefährdungsbeurteilung zusammenzuführen, um damit mögliche Wechsel- oder Kombinationswirkungen zu berücksichtigen. Die Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung, Teil Lärm empfehlen bei entsprechenden kombinierten Belastungen schon ab Erreichen der unteren Auslösewerte präventive Schutzmaßnahmen sowie arbeitsmedizinische Vorsorge (TRLV Lärm, Teil 3, 4.7.2).

Nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung sind zudem mögliche Wechsel- oder Kombinationswirkungen bei gleichzeitiger Belastung durch Lärm und arbeitsbedingten ototoxischen Substanzen zu berücksichtigen. Auch in diesem Fall werden in den Technischen Regeln präventive Schutzmaßnahmen und arbeitsmedizinische Vorsorge bereits ab Erreichen der unteren Auslösewerte empfohlen (TRLV Lärm, Teil 3, 4.7.1). Es wird allerdings auch darauf hingewiesen, dass ein wesentlicher durch arbeitsbedingte ototoxische Substanzen verursachter Hörverlust bei Einhaltung der dafür gültigen Grenzwerte wenig wahrscheinlich ist (TRLV Lärm, Teil 1, 6.5 (3)).

Zur Ermittlung der Lärmexposition kann sich der Unternehmer neben der direkten Messung auch auf Angaben von Maschinenherstellern, auf eigene Erfahrungswerte oder auf geeignete Datenbanken stützen. Als Hilfestellung sind im Teil 1 der TRLV Lärm als Anlage 1 zahlreiche Arbeitsverfahren, Arbeitsbereiche, Arbeitsmittel und Berufe zusammengestellt, für die eine Gefährdung gegeben sein kann. In der Anlage 3 dieses Teils 1 wird erläutert, wie sich die Lärmexposition aus Geräuschemissionswerten abschätzen lässt. Die objektive messtechnische

Erfassung der Lärmexposition ist nur dann gefordert, wenn sich die Einhaltung der gegebenen Auslösewerte nicht zweifelsfrei feststellen lässt.

Anmerkung:

Nach einer Änderung der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 19. Juli 2010 hat der Arbeitgeber „Arbeitsbereiche, in denen einer der oberen Auslösewerte für Lärm ($L_{EX,8h}$, $L_{pC,peak}$) überschritten werden kann, als Lärmbereiche zu kennzeichnen und, falls technisch möglich, abzugrenzen“. Dabei sind die Worte „überschritten werden kann“ leider etwas missverständlich. So könnte man darunter verstehen, dass man nun die denkbar ungünstigste akustische Situation annehmen muss, wie sie sich beispielsweise ergibt, wenn alle Maschinen unter höchster Last und gleichzeitig betrieben werden. Das entspräche aber einer völlig unrealistischen Situation, die hier keinesfalls gemeint sein kann und nichts mit der für die Gefährdungsbeurteilung maßgebenden längerfristig typischen Situation zu tun hat. An fast jedem Arbeitsplatz können sich von einem Tag zum anderen unterschiedliche Lärmexpositionen ergeben. Der für die Beurteilung der Lärmexposition maßgebende Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ ist jedoch in jedem Fall für den „repräsentativen Arbeitstag“ zu bestimmen, der sich bei entsprechenden Schwankungen von Tag zu Tag aus der Mittelung der Geräuschmission über mehrere Tage ergibt (TRLV Lärm, Teil 2, 6.2.1 (1)).

2.4 Technischer Lärmschutz

Unabhängig von der Höhe der Lärmexposition besteht nach §7 die Forderung, Lärmbelastungen an Arbeitsplätzen zu vermeiden oder soweit wie möglich zu verringern („Minimierungsgebot“). Als Maßstab bei der Entscheidung über erforderliche Lärmschutzmaßnahmen ist jeweils der Stand der Technik zu berücksichtigen, der nach §2 als „Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen“ definiert ist. Technische Maßnahmen haben Vorrang vor organisatorischen Maßnahmen. Erst wenn sich damit keine ausreichenden Lärminderungserfolge erzielen lassen, kommen persönliche Schutzmaßnahmen durch Gehörschutzmittel in Betracht.

Lärminderungsprogramm

Wird einer der oberen Auslösewerte überschritten, hat der Arbeitgeber ein Programm mit technischen und organisatorischen Lärminderungsmaßnahmen aufzustellen und durchzuführen (§7 (5) LärmVibrationsArbSchV). Die wesentlichen Schritte im Rahmen der Erstellung eines Lärminderungsprogramms werden in den Technischen Regeln TRLV Lärm, Teil 3 im Abschnitt 7 aufgeführt und im IFA-LSA 01-305 detailliert erläutert [7].

Gehörschutz

Bereits bei Überschreiten von einem der unteren Auslösewerte sind den Beschäftigten geeignete Gehörschutzmittel zur Verfügung zu stellen. Wird einer der oberen Auslösewerte erreicht oder überschritten, muss der Arbeitgeber dafür sorgen, dass die Beschäftigten den Gehörschutz auch tragen. Der Gehörschutz ist hinsichtlich seiner Schalldämmung so auszuwählen, dass die Gehörbelastung des Beschäftigten (unter dem Gehörschutz!) die maximal zulässigen Expositionswerte von $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ bzw. $L_{pC,peak} = 137 \text{ dB(C)}$ nicht überschreitet. Das sollte bei der Auswahl des Gehörschutzes nach der DGUV Regel 112-194 [8] gewährleistet sein. Zur Unterstützung des Betriebes bei der Auswahl von für die jeweiligen Arbeitsplätze geeigneten Gehörschützern bietet das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) auf seiner Internetseite ein herunterladbares Auswahl-Programm an (www.dguv.de, Webcode d4785).

Für einen Lärmbereich gilt grundsätzlich die Verpflichtung, Gehörschutz zu tragen, auch bei nur kurzzeitigem Aufenthalt in diesem Bereich. Die TRLV Lärm erläutert dazu, dass der Arbeitgeber bei Lärmexposition im Bereich der oberen Auslösewerte von einer Überschreitung des maximal zulässigen Expositionswertes ausgehen muss, wenn hier kein Gehörschutz getragen wird (Teil 3, Abschnitt 5 (5)).

3 Normen und Richtlinien

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung verweist bzgl. Messtechnik auf den Stand der Technik und stellt damit eine Verbindung zu den einschlägigen Messnormen her. Die EG-Lärmschutz-Richtlinie 2003/10/EG [9] bezieht sich bei der Lärmmessung auf die Norm ISO 1999 [10], die jedoch nur eine relativ grobe Beschreibung der Messmethodik enthält. Sehr viel detaillierter beschrieben wird die Lärmmessung am Arbeitsplatz in der im Jahr 2009 verabschiedeten Neufassung der DIN EN ISO 9612 [4].

Die über viele Jahre in Deutschland für die Beurteilung der Lärmbelastung an Arbeitsplätzen maßgebende Norm DIN 45645-2 (Fassung von Juli 1997) [11] musste nach der Übernahme der ISO 9612 als Europäische Norm in ihrem Anwendungsbereich eingegrenzt werden. Da die Lärm-messung zur Beurteilung der Gehörgefährdung an Arbeitsplätzen nun durch die DIN EN ISO 9612 abgedeckt wurde, wurde der Anwendungsbereich der DIN 45645-2 auf den Pegelbereich unterhalb der Gehörgefährdung eingeschränkt. Die Neufassung der DIN 45645-2 [12] beschreibt nun die Ermittlung des Beurteilungspegels als Kennwert zur Beurteilung der Lästigkeit und Störwirkung von Geräuschen (extra-aurale Wirkungen).

Im Folgenden sollen alle im Zusammenhang mit der Beurteilung der Lärmexposition am Arbeitsplatz bedeutsamen Normen und VDI-Richtlinien kurz beschrieben werden.

- **DIN EN ISO 9612:2009-09**, Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren) [4]. Die Norm gibt eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise zur Ermittlung des Lärmexpositionspegels an Arbeitsplätzen. Dabei unterscheidet sie drei Messstrategien: die tätigkeitsbezogene Messung (Strategie 1), die berufsbildbezogene Messung (Strategie 2) und die Ganztagsmessung (Strategie 3). Die Norm enthält einen neuen Ansatz zur Bestimmung der Messunsicherheit, der allerdings mit einem relativ großen Rechenaufwand verbunden ist. Als Hilfe wurde deshalb ein Tabellenkalkulationsprogramm erstellt, das z. B. auf der Internetseite des Deutschen Instituts für Normung (DIN) zur Verfügung gestellt wird (URLs werden auf der letzten Seite dieser Publikation als QR-Code angeboten):
▶ <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nals/kalkulationsprogramm-zur-din-en-iso-9612-2009-09-unsicherheiten--90316>.

- **Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“**
Am 18. Mai 2018 wurden die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“ veröffentlicht [13]. Sie konkretisieren die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und setzen bindende Anforderungen für Arbeitsstätten und Arbeitsplätze in Arbeitsräumen für einen Pegelbereich unterhalb von 80 dB(A) fest. So werden einerseits tätigkeitsbezogene Grenzwerte für den Beurteilungspegel L_T nach sogenannter Tätigkeitskategorie festgelegt. Andererseits werden raumakustische Anforderungen an Arbeitsräume gestellt. Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR 3.7 „Lärm“ dienen zum Schutz der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten vor extra-auralen Lärmwirkungen. Diese zeigen sich unter anderem durch psychische, physiologische und vegetative Auswirkungen, aber auch durch Leistungsminderung. Eine Erläuterung zu extra-auralen Lärmwirkungen liefert die ASR A3.7 im Anhang 1.
- **DIN 45645-2:2012-09**, Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung [12]. Die Norm beschreibt die Ermittlung des Beurteilungspegels als Kennwert zur Beurteilung von extra-auralen Lärmwirkungen an Arbeitsplätzen bei Tätigkeiten mit erhöhten Anforderungen, z. B. an die Konzentration. Der Beurteilungspegel ist insbesondere für den Vergleich mit den tätigkeitsbezogenen Grenzwerten nach den technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 „Lärm“ [13] wichtig. Diese stimmen mit den in der Richtlinie VDI 2058 Blatt 3 [6] genannten Richtwerten von 55 dB(A) und 70 dB(A) überein.
- **VDI 2058 Blatt 2:1988-06 und 2017-02-E**, Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung [14]. Diese VDI-Richtlinie behandelt die Entstehung von Hörminderungen und Gehörschäden und gibt Hinweise zur Beurteilung des Hörschadensrisikos durch Geräuschbelastungen. Dabei wird unterschieden zwischen chronischen Gehörschäden durch langjährige Belastungen mit Expositionspegeln ab 85 dB(A) und akuten Gehörschäden durch sehr hohe kurzzeitige Geräuschbelastungen, wie z. B. Knalle und Explosionen. Außerdem werden Gefährdungen durch Ultraschall und Infraschall angesprochen und entsprechende Richtwerte genannt, mit denen sich Beeinträchtigungen vermeiden lassen.

- **VDI 2058 Blatt 3:2014-08**, Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten [6].
Diese VDI-Richtlinie beschreibt ganz allgemein die Wirkung von Lärm auf die Gesundheit, Arbeitssicherheit und Leistungsfähigkeit, insbesondere im nicht gehörgefährdenden Pegelbereich unter 85 dB(A). Zur Beurteilung der Geräuschimmission hinsichtlich Lästigkeit und Störwirkung werden neben den akustisch messbaren Größen auch personenbezogene Einflussfaktoren erläutert, beispielsweise die körperliche und psychische Verfassung der Beschäftigten und ihre Einstellung zu der Tätigkeit. Anhand von Tätigkeitsmerkmalen werden drei Tätigkeitskategorien unterschieden, denen die Beurteilungspegel in den Stufen von 55, 70 und 85 dB(A) zugeordnet werden. Als Orientierungshilfe für die Zuordnung einzelner Tätigkeiten gibt es eine Reihe von Beispielen.
- **ISO 1999:2013-10**, Akustik – Bestimmung des lärmbedingten Hörverlusts [10].
Die Norm beschreibt den statistischen Zusammenhang zwischen Lärmexposition und lärminduzierter Hörschwellenverschiebung für Personen verschiedener Altersgruppen. Besondere Bedeutung kommt dem empirischen Modell zur Vorhersage von Hörverlustverteilungen für lärmbelastete Populationen zu, das auf umfangreichen audiometrischen Daten beruht. Dieses Modell ist anwendbar für Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ von 75 bis 100 dB(A) und erlaubt Hörverlustprognosen für die Fraktile 0,05 bis 0,95. Für diese relativ komplizierten Berechnungen bietet das IFA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung auf seinen Internetseiten ein kostenloses, herunterladbares Programm an
(▶ www.dguv.de, Webcode d3290).

4 Grundbegriffe

Im Zusammenhang mit Geräuschmessungen an Arbeitsplätzen sind die folgenden Grundbegriffe und Definitionen von Bedeutung. Weitergehende Ausführungen zu akustischen Grundlagen, z. B. zur Entstehung und Ausbreitung von Schallwellen, zur Frequenzanalyse und zum Rechnen mit Pegelwerten, enthält das vom Institut für Arbeitsschutz (IFA) herausgegebene Taschenbuch „0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel“ [15].

4.1 Schalldruckpegel

Der Schalldruckpegel L_p ergibt sich entsprechend der folgenden Gleichung durch Bezug des Schalldrucks p auf den Referenzschalldruck p_0 von $20 \mu\text{Pa}$:

$$L_p = 10 \cdot \lg \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

mit:

- p – gemessener Schalldruck
- p_0 – $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ (Hörschwelle)

Der Bezugswert $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ entspricht der mittleren Hörschwelle für eine Gruppe ohrgesunder Jugendlicher bei der Frequenz von 2000 Hz. Der Schalldruck p wird in der Regel als Effektivwert p_{eff} des Wechseldrucks bestimmt. Zur Beschreibung von einzelnen Schallimpulsen kann ggf. zusätzlich die absolute (positive oder negative) Schalldruckspitze (Scheitelwert) erfasst werden (siehe Abbildung 3). Den damit entsprechend obiger Gleichung bestimmten Pegelwert bezeichnet man dann als Spitzenschalldruckpegel $L_{p,\text{peak}}$.

4.2 Frequenzbewerteter Schalldruckpegel

Um die Frequenzabhängigkeit der Hörempfindung zu berücksichtigen, hat man die in Abbildung 1 dargestellten Frequenzbewertungskurven A, B und C festgelegt (Annäherung an die „Kurven gleicher Lautstärkepegel“ für unterschiedliche Pegelbereiche). Damit werden die nicht so laut empfundenen tieffrequenten und sehr hochfrequenten Geräuschanteile bei der Messung entsprechend gedämpft erfasst.

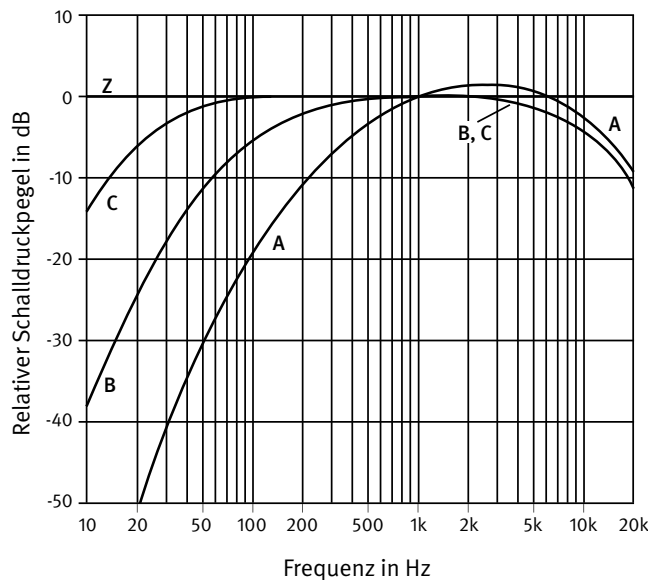


Abb. 1 Frequenzbewertungskurven A, B, C und Z [5]

Außerdem gibt es noch die sogenannte Frequenzbewertung „Z“ („Zero“), die Schallsignale im gesamten interessierenden Frequenzbereich ohne eine Dämpfung oder Verstärkung überträgt. In früheren Messgerätennormen wurde diese Charakteristik mit „LIN“ (Linear) bezeichnet.

Für die meisten betrieblichen Messungen ist die A-Bewertung anzuwenden. Der A-bewertete Schalldruckpegel wird sowohl zur Beurteilung der Gehörgefährdung (VDI 2058 Blatt 2 [14]) als auch zur Beurteilung der Lästigkeit und Störwirkung von Geräuschen (VDI 2058 Blatt 3 [6]) herangezogen. Die C-Bewertung mit ihrer in einem weiten Bereich flach verlaufenden Dämpfungscharakteristik wird genutzt, um den Spitzenschalldruckpegel $L_{p,\text{C,peak}}$ eines sehr hohen Schallimpulses zu beschreiben. Darüber hinaus lässt sich durch einen Vergleich des C-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegels mit dem A-bewerteten Pegel eine Aussage zur Frequenzcharakteristik von Geräuschen treffen, was z. B. im Zusammenhang mit der Auswahl von Gehörschutzmitteln von Bedeutung ist (siehe DGUV Regel 112-194 [8]).

Bei der Angabe von Messwerten wird vielfach die genutzte Frequenzbewertung in Klammern an die Einheit Dezibel angehängt, z. B. dB(A) oder dB(C). So wird beispielsweise ein Lärmexpositionspegel oder ein Beurteilungspegel oft in „dB(A)“ angegeben, um zu verdeutlichen, dass es sich um einen A-bewerteten Pegel handelt. Aus den entsprechen-

den Formelzeichen L_{EX} bzw. L_r lässt sich das in diesen Fällen nicht ablesen. Streng genommen gibt es in der Normung aber nur das „dB“ und der Lärmexpositionspegel und der Beurteilungspegel werden in den entsprechenden Messnormen immer in „dB“, d. h. ohne Nennung der Frequenzbewertung, angegeben.

In diesem Informations- und Arbeitsblatt soll entsprechend der vielfach üblichen Praxis verfahren werden:

- Falls sich die Frequenzbewertung aus der angegebenen Größe oder dem Formelzeichen erkennen lässt, erfolgt die Angabe in „dB“, z. B. der A-bewertete Schalldruckpegel oder der Schalldruckpegel L_A in dB.
- Falls sich die Frequenzbewertung aus der angegebenen Größe oder dem Formelzeichen nicht direkt erkennen lässt, wird das Ergebnis in „dB(A)“ angegeben, z. B. der Lärmexpositionspegel L_{EX} oder der Beurteilungspegel L_r in dB(A).

4.3 Zeitbewerteter Schalldruckpegel

Die Norm für Schallpegelmessung DIN EN 61672-1 [16] definiert für die Anzeige des Schalldruckpegels unterschiedliche Trägheiten bzw. Zeitbewertungen: S (slow) – langsam, F (fast) – schnell. Die DIN 45657 [17] definiert für besondere Messaufgaben noch die Zeitbewertung I (impulse) – Impuls. Die Zeitbewertungen lassen sich durch die in der Tabelle 3 angegebenen Zeitkonstanten für den Pegelanstieg und den Pegelabfall beschreiben.

Tabelle 3: Zeitbewertungen nach DIN EN 61672-1 [16] und DIN 45657 [17]

Zeitbewertung	Zeitkonstante τ	
	Pegelanstieg	Pegelabfall
S – langsam ("slow")	1 s	
F – schnell ("fast")	125 ms	
I – Impuls ("impulse")	35 ms	1500 ms

Abbildung 2 veranschaulicht das daraus resultierende Anzeigeverhalten eines Schallpegelmessers anhand von entsprechenden Pegelschrieben in den unterschiedlichen Zeitbewertungen. Dargestellt ist jeweils der für ein impuls-haltiges Geräusch (Schmiedehammer) aufgenommene Schallpegelschrieb. So ergibt sich beispielsweise in der Zeitbewertung „S“ (langsam) eine stark gedämpfte Anzeige, die den Vorteil hat, dass sie sich relativ leicht ablesen lässt. In der Zeitbewertung „F“ (schnell) dagegen ist die Anzeige deutlich unruhiger, lässt jedoch die einzelnen Spitzen besser erkennen. Die Zeitbewertung „I“ (Impuls) zeichnet sich durch einen sehr schnellen Pegelanstieg (Zeitkonstante $\tau = 35$ ms) und einen verzögerten Pegelabfall (Zeitkonstante $\tau = 1500$ ms) nach jedem einzelnen Schallereignis aus, wodurch die charakteristische „Impulsschleppe“ entsteht.

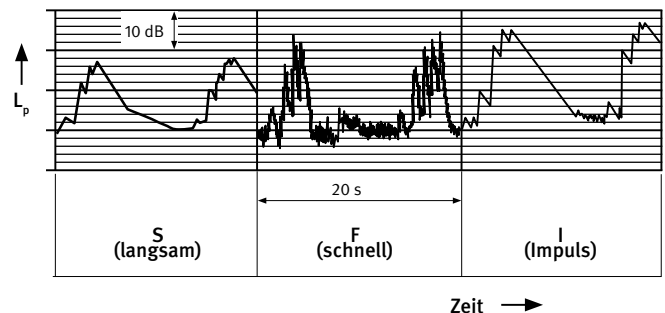


Abb. 2 Aufzeichnung des Schalldruckpegels L_p für Lärmimpulse eines Schmiedehammers bei unterschiedlichen Zeitbewertungen [15].

Zusätzlich zu diesen Zeitbewertungen für das gleichgerichtete Signal gibt es die Zeitbewertung „Spitze“ („peak“), die den absoluten Spitzenwert (Scheitelwert) eines Schallsignals beschreibt. Dabei wird die innerhalb der Messdauer auftretende höchste Pegelspitze nahezu verzögerungsfrei erfasst.

Zur Veranschaulichung zeigt Abbildung 3 als blaue Kurve ein Schallsignal, wie es z. B. ein Oszilloskop aufzeichnet und den daraus abzulesenden Schalldruckspitzenwert „Peak“. Im Vergleich dazu sind auch die entsprechenden gleichgerichteten Schalldrucksignale in den Zeitbewertungen „F“ (Fast) und „S“ (Slow) dargestellt.

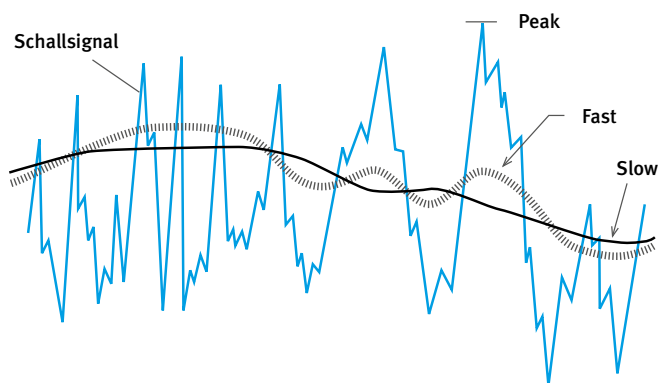


Abb. 3: Schallsignalsignal in den Zeitbewertungen „F“, „S“ und „Peak“ [15].

Der Spitzenschalldruckpegel $L_{p,peak}$ fällt bei einem konstanten Einzelton um 3 dB höher aus als die Effektivwerte in den Zeitbewertungen „F“ bzw. „S“ (3 dB entspricht dem Verhältnis von Spitzenwert zu Effektivwert, sog. Scheitelfaktor). Bei impulshaltigen Geräuschen ergeben sich jedoch sehr viel größere Unterschiede zwischen dem Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ und dem zeitbewerteten Effektivwert. Auch bei Anwendung verschiedener Zeitbewertungen ergeben sich für impulshaltige Geräusche große Unterschiede in den resultierenden Schallpegeln. So kann der Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ je nach Schallimpuls (Impulsdauer) um 15 bis 30 dB höher ausfallen als der in der Zeitbewertung „I“ aufgenommene A-bewertete Maximalpegel L_{Almax} (siehe z. B. [17]).

Tabelle 4 zeigt einige Beispiele für Schallimpulse mit hohen Spitzenschalldruckpegeln $L_{pC,peak}$ und die entsprechenden maximalen AI-bewerteten Pegel L_{Almax} .

Um bei einem gewonnenen Messwert die entsprechende Zeitbewertung kenntlich zu machen, kann das Formelzeichen für den Pegel L neben dem Index für die Frequenzbewertung zusätzlich mit dem Index für die Zeitbewertung „S“, „F“, „I“ oder „peak“ versehen werden, z. B. L_{AF} , $L_{pC,peak}$.

Tabelle 4: Beispiele für Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ und maximale AI-bewertete Schalldruckpegel L_{Almax} von Lärmimpulsen (Messung jeweils am Ohr, sofern nicht abweichend angegeben; aus [5] und Messungen des IFA)

Lärmquelle	$L_{pC,peak}$ in dB	L_{Almax} in dB
Flaschenabfüllanlage (1 m Abstand)	120	105
Schlagbohrmaschine	123	110
Stanze	123	107
Druckluftnagler	127	104
Richten von Edelstahl-Flachstäben	134	114
Schmiedehammer	144	126
Pistole, Walther OSP (9 mm Munition)	162	133
Gewehr, FN (Munition 7,62x51), in Schießkanal	161	144
Geschütz (106 mm Geschoss, rückstoßfrei)	178	151
Hände klatschen (0,3 m Abstand)	130	110
Autotür fest zuschlagen	135	102
Schlagzeug	131	113
Platzen von Luftballon (1 m Abstand)	138	117

4.4 Äquivalenter Dauerschallpegel

Der äquivalente Dauerschallpegel L_{eq} ist der zeitliche Mittelwert eines Schalldruckpegels $L(t)$ und beschreibt somit die durchschnittliche Geräuschbelastung über die entsprechende Messdauer. Er wird in der Regel als A-bewerteter Pegel L_{Aeq} bestimmt und lässt sich nach der jeweiligen Messdauer direkt vom integrierenden Schallpegelmessgerät oder Personen-Lärmdosimeter ablesen. Die an einem Arbeitsplatz ermittelten A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel bilden die Grundlage für die Bestimmung des Lärmexpositionspegels.

In den TRLV Lärm wie auch in der Messnorm DIN EN ISO 9612 [4] wurde das Formelzeichen für den äquivalenten Dauerschallpegel zusätzlich mit dem Index p versehen, um zu verdeutlichen, dass es sich um

einen Schalldruckpegel handelt. Deshalb sei der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel hier dementsprechend ebenfalls mit L_{pAeq} bezeichnet.

4.5 Beurteilungspegel

Der Beurteilungspegel L_r ist ein Kennwert zur Beurteilung der Lästigkeit und Störwirkung der Geräuschimmission für eine Tätigkeit. Er wird nach DIN 45645-2 [12] als A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel L_{pAeq} für die längerfristig typische Arbeitssituation bestimmt und ggf. mit Zuschlägen für Impulshaltigkeit bzw. für Ton- und Informationshaltigkeit versehen:

$$L_r = L_{pAeq} + K_I + K_T \quad (2)$$

mit:

- L_{pAeq} – A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel
- K_I – Impulzzuschlag
- K_T – Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit

Durch die Zuschläge wird der Erfahrung und den wissenschaftlichen Erkenntnissen Rechnung getragen, dass impulshaltige Geräusche bzw. ton- oder informationshaltige Geräusche eine erhöhte Störwirkung haben. Bezüglich der Bestimmung der Zuschläge sei auf die DIN 45645-2 [12] und die ASR A3.7 [13] verwiesen.

4.6 Tages-Lärmexpositionspegel

Der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ nach TRLV Lärm [3] und DIN EN ISO 9612 [4] ergibt sich aus der über den repräsentativen Arbeitstag gemittelten Geräuschimmission, bezogen auf die Zeitdauer von 8 Stunden (Arbeitstag) und dient als Maß zur Beurteilung der Gehörgefährdung durch eine Geräuschexposition. Der Tages-Lärmexpositionspegel wird als A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel bestimmt.

4.7 Genauigkeitsklassen

Die Erfassung der Geräuschimmission am Arbeitsplatz ist mit einer Unsicherheit verbunden. Um die Unsicherheit des Ermittlungsverfahrens zu beschreiben, werden drei Genauigkeitsklassen 1, 2 und 3 unterschieden, wobei die Klasse 1

der höchsten Genauigkeit und die Klasse 3 der geringsten Genauigkeit entspricht. Die Genauigkeitsklasse ergibt sich in der Regel aus der zugrunde liegenden Messnorm.

Die DIN EN ISO 9612 [4] zur Bestimmung des Lärmexpositionspegels am Arbeitsplatz beschreibt ein Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 („Ingenieurverfahren“), das jedoch je nach Stichprobenumfang und eingesetztem Messgerät zu sehr unterschiedlichen Unsicherheiten führt. Deshalb wurde in der ersten Fassung dieses Lärmschutz-Arbeitsblattes (Oktober 2007) eine Unterscheidung von drei Genauigkeitsklassen in Anlehnung an die Praxis nach der früheren Ausgabe der DIN 45645-2 (Juli 1997) [11] vorgeschlagen (siehe auch [18]). Dabei werden z. B. die Genauigkeit des eingesetzten Schallpegelmessers und die Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition berücksichtigt.

Dieser Vorschlag wurde in leicht abgewandelter Form auch in den Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [3] umgesetzt und ist insbesondere für den Vergleich des gewonnenen Lärmexpositionspegels mit den gegebenen Auslösewerten von Bedeutung (siehe Abschnitt 5.11).

Auch bei den Schallpegelmessern werden mehrere Genauigkeitsklassen unterschieden. So definiert die DIN EN 61672-1 [16] Schallpegelmesser in den Genauigkeitsklassen 1 und 2. In älteren Schallmessgerätenormen gab es drei oder auch vier Genauigkeitsklassen für die Messgeräte (0, 1, 2 und 3).

5 Erfassen der Lärmexposition

5.1 Allgemeines

Bei der Geräuschmissionsmessung werden alle auf einen Ort oder eine Person einwirkenden Geräusche erfasst und bewertet. Dabei können sich z. B. die Geräusche mehrerer Lärmquellen und die Schallreflexionen innerhalb des Raumes summieren. Als wichtigster Kennwert zur Beurteilung der Gehörgefährdung wird in der Regel der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ nach DIN EN ISO 9612 [4] bestimmt, der die Geräuschmission für einen repräsentativen Arbeitstag beschreibt. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [1] kann zusätzlich die Erfassung des Spitzenschalldruckpegels $L_{pC,peak}$ gefordert sein. Nach der VDI-Richtlinie 2058 Blatt 2 [14] ist ein weiterer Kennwert von Bedeutung, wenn es um die Beurteilung von akuten Gehörschäden (z. B. Knalltrauma) durch Einzel-Schallereignisse geht. Um die Schallenergie eines entsprechenden Schallereignisses zu beschreiben, ist dann der maximale A-Schalldruckpegel $L_{A,max}$ in der Zeitbewertung „I“ zu bestimmen.

In diesem Abschnitt sollen die im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung durchzuführenden Messungen auf der Grundlage der maßgebenden Messnorm DIN EN ISO 9612 beschrieben werden. D. h. es geht um die Ermittlung des Tages-Lärmexpositionspegels $L_{EX,8h}$ und des Spitzenschalldruckpegels $L_{pC,peak}$.

Bezüglich der Ermittlung der Lärmbelastung unter Helmen, beispielsweise von Piloten oder Motorradfahrern, oder unter Kopfhörern, beispielsweise in einem Callcenter oder Tonstudio, sei auf das Taschenbuch „Lärmessung im Betrieb“ [5] verwiesen.

Die Messung und Beurteilung von Ultraschall-Geräuschen, die z. B. an Ultraschall-Schweißmaschinen oder -Reinigungsanlagen entstehen, wird in der VDI-Richtlinie 3766 [19] beschrieben. Im Entwurf der VDI 2058 Blatt 2 [14] werden dazu entsprechende Richtwerte genannt, mit denen sich Beeinträchtigungen der Beschäftigten vermeiden lassen.

5.2 Arbeitsanalyse

Die DIN EN ISO 9612 [4] beschreibt eine abgestufte Vorgehensweise zur Bestimmung des Lärmexpositionspegels am Arbeitsplatz. Dabei werden folgende Schritte unterschieden:

- Arbeitsanalyse
- Auswahl der Messstrategie
- Durchführung der Messungen
- Ermittlung der Unsicherheit
- Darstellung der Ergebnisse.

Die Arbeitsanalyse ist demnach der erste Schritt. Diesem Schritt kommt eine besondere Bedeutung zu, weil davon die Entscheidung abhängt, welche Messstrategie sinnvollerweise anzuwenden ist. Je nach gewählter Messstrategie ergibt sich ggf. ein größerer Aufwand für die Arbeitsanalyse oder für die Durchführung der Messungen, wie in den folgenden Abschnitten erläutert wird.

Da der **Tages-Lärmexpositionspegel** die Lärmbelastung für den repräsentativen Arbeitstag beschreibt, gilt es **im Rahmen der Arbeitsanalyse** die entsprechende **repräsentative Lärmsituation zu ermitteln**. Unter dem repräsentativen Arbeitstag ist dabei die längerfristig typische (durchschnittliche) Arbeits- bzw. Lärmsituation zu verstehen. Falls sich die Lärmsituation von einem Tag zum anderen unterscheidet, bedeutet das eine **Mittlung der Lärmexposition über einen längeren Zeitraum, z. B. über mehrere Tage** (siehe auch DIN EN ISO 9612, Abschnitt 7.3).

Um den Messaufwand zu reduzieren, lassen sich im Rahmen der Arbeitsanalyse ggf. Gruppen von Beschäftigten mit gleicher Lärmexposition bilden. Das können z. B. Gruppen mit gleichartigen Tätigkeiten oder mit Aufenthalt in einem Bereich mit gleichartiger Lärmexposition sein. Hinweise auf entsprechende Gruppen liefern in der Regel entsprechende Berufsbezeichnungen, Arbeitsbezeichnungen oder Einsatzorte.

Ziel der Arbeitsanalyse ist die Beschreibung des repräsentativen Arbeitstages einschließlich aller ausgeführten Tätigkeiten und der üblichen Pausen. Dabei ist darauf zu achten, dass alle Ereignisse erfasst werden, die zur Lärmbelastung beitragen, also z. B. auch einzelne kurzzeitige Belastungen mit hohen Pegeln oder einzelne Schallimpulse. Die Mittagspause und andere offizielle Arbeitspausen

lassen sich in der Regel als lärmfreie Phasen annehmen, da sie keinen nennenswerten Anteil an der Gesamtexposition haben. Deshalb kann man die Messung in diesen Pausen unterbrechen und muss sie bei der Berechnung des Lärmexpositionspegels nicht berücksichtigen.

Falls die Recherche ergibt, dass möglicherweise extrem hohe Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ entsprechend den unteren Auslösewerten von 135 dB(C) oder darüber vorkommen können, ist dies durch entsprechende Messungen abzuklären (siehe Abschnitt 5.7.2). Dabei sollte die Belastungssituation mit den höchsten möglichen Schalldruckpegelspitzen betrachtet werden.

Um die typische Lärmsituation am Arbeitsplatz bzw. den repräsentativen Arbeitstag zu ermitteln, empfiehlt die DIN EN ISO 9612, sowohl die Beschäftigten als auch die Vorgesetzten zu Art, Ausmaß und Dauer der einzelnen Tätigkeiten bzw. Belastungsphasen zu befragen. Gegebenenfalls lassen sich vorhandene Arbeitsablaufstudien nutzen oder die Zeiten für einzelne Abschnitte der Arbeitsschicht unmittelbar messen.

Zur Beschreibung des repräsentativen Arbeitstages sollen folgende Inhalte benannt werden:

- Arbeitsaufgaben (Inhalt und Dauer)
- Hauptlärmquellen und laute Arbeitsbereiche
- Arbeitsabläufe und alle für die Lärmbelastung relevanten Ereignisse (hohe Pegel bzw. lange Pausen).

Darüber hinaus sind die Produktionsbedingungen z. B. durch folgende Angaben genauer zu beschreiben:

- Bearbeitetes Material
- Werkstückdicke
- Materialmenge
- Maschineneinstellung

5.3 Messstrategien

DIN EN ISO 9612 beschreibt drei Strategien zur Messung des Lärmexpositionspegels. Diese Messstrategien stellen gleichwertige, alternative Verfahren dar. Die Norm erläutert ihre Vor- und Nachteile und gibt Empfehlungen für die Anwendung der einzelnen Strategien.

Nach DIN EN ISO 9612 sind folgende Messstrategien zu unterscheiden:

- tätigkeitsbezogene Messungen (Strategie 1)
- berufsbildbezogene Messungen (Strategie 2)
- Ganztags-Messungen (Strategie 3)

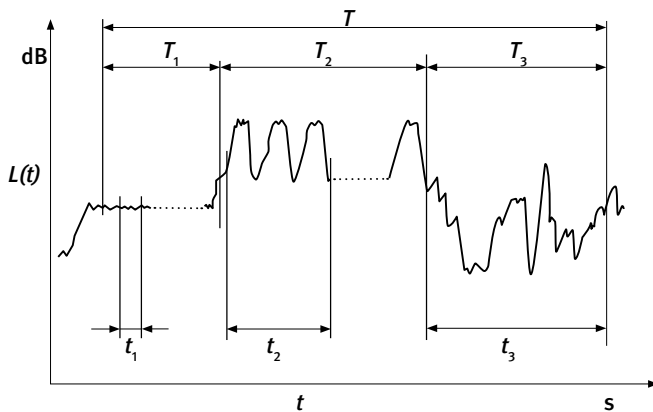
Die drei Messstrategien der DIN EN ISO 9612 sollen hier kurz beschrieben und miteinander verglichen werden. Die tätigkeitsbezogenen Messungen nach Strategie 1 werden wegen ihrer besonderen Bedeutung für die betriebliche Praxis im Abschnitt 5.9 ausführlicher behandelt und anhand von Beispielen erklärt. Bezüglich der Strategien 2 und 3 sei auf die detaillierten Erläuterungen im Taschenbuch „Lärmessung im Betrieb“ [5] verwiesen.

5.3.1 Tätigkeitsbezogene Messungen (Strategie 1)

Das in Deutschland wohl am weitesten verbreitete Messverfahren an Arbeitsplätzen beschreibt die DIN EN ISO 9612 als Strategie 1 bzw. tätigkeitsbezogene Messung. Dieses Verfahren ist anwendbar, wenn sich die Arbeitsschicht in mehrere typische Tätigkeiten mit in sich gleichartiger Lärmexposition zerlegen lässt. Abbildung 4 zeigt als Beispiel den Pegelschrieb für eine Arbeitsschicht mit drei unterschiedlichen Tätigkeiten. Zur Ermittlung des Lärmexpositionspegels ist die Geräuschbelastung für jede einzelne Tätigkeit separat zu erfassen. Aus den äquivalenten Dauerschallpegeln der einzelnen Tätigkeiten lässt sich dann der Lärmexpositionspegel unter Berücksichtigung der jeweiligen Zeitanteile berechnen (siehe Abschnitt 5.9).

Dieses Verfahren der Strategie 1 hat den wesentlichen Vorteil, dass man in der Regel mit relativ kurzen Messzeiten t_m für die einzelne Tätigkeit auskommt. Andererseits ist gegebenenfalls ein hoher Aufwand nötig, um die Arbeitsplatzsituation zu analysieren und die Zeitanteile für die zu berücksichtigenden Tätigkeiten mit ausreichender Sicherheit zu ermitteln.

Das Verfahren lässt sich in der Regel auch dann anwenden, wenn am Tage der Messung Bedingungen vorliegen, die von der repräsentativen Situation abweichen. So lassen sich die Zeitdauern der einzelnen Tätigkeiten z. B. auf der Grundlage der betrieblichen Erfahrungen als längerfristig typische Werte einsetzen. Auch können bestimmte Belastungssituationen durch kurzzeitige Simulationen erfasst und entsprechend berücksichtigt werden.



- T Arbeitsschichtdauer
- T_1 Dauer von Tätigkeit 1
- T_2 Dauer von Tätigkeit 2
- T_3 Dauer von Tätigkeit 3
- t_1 Messdauer innerhalb der Tätigkeit 1
- t_2 Messdauer innerhalb der Tätigkeit 2
- t_3 Messdauer innerhalb der Tätigkeit 3

Abb 4: Zerlegung einer Arbeitsschicht in mehrere Tätigkeiten mit in sich gleichartiger Geräuschsituation [4].

5.3.2 Berufsbildbezogene Messungen (Strategie 2)

Als Strategie 2 bzw. berufsbildbezogene Messungen beschreibt DIN EN ISO 9612 ein Stichprobenverfahren, mit dem sich die Lärmexposition für ein Berufsbild durch zeitlich zufällige Stichprobenmessungen erfassen lässt. Ein Stichprobenverfahren bietet sich vor allem für Berufsbilder mit vielen unterschiedlichen Tätigkeiten oder bei einem unvorhersehbaren Arbeitsablauf an. An solchen Arbeitsplätzen wäre die Ermittlung der einzelnen Tätigkeiten mit ihren Zeitanteilen und die messtechnische Erfassung der jeweiligen Geräuschbelastungen nach der Strategie 1 mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand verbunden. Man kann sich in diesem Fall durch die Anwendung der Strategie 2 (berufsbildbezogene Messung) eine aufwändige Analyse der Arbeitsplatzsituation ersparen, muss jedoch mit höherem Aufwand für die Durchführung der Messungen rechnen.

Die Vor- und Nachteile der Strategien 1 und 2 sind in der Tabelle 5 gegenübergestellt. Dabei wird neben dem Aufwand zur Durchführung der Messungen (Messdauer) und für die Arbeitsanalyse auch die ggf. zu gewinnende

Information über den Anteil einer einzelnen Tätigkeit an der gesamten Geräuschexposition der Arbeitsschicht als ein Kriterium aufgeführt. Diese zusätzliche Information liefert nur die Strategie 1, was z. B. als Grundlage für die Entscheidung über Lärmschutzmaßnahmen von Nutzen sein kann. Bekanntlich lässt sich die Lärmexposition an einem Arbeitsplatz nur dann deutlich reduzieren, wenn man bei Tätigkeiten ansetzt, die maßgeblich zur Gesamtbelastung des Beschäftigten beitragen.

Tabelle 5: Vor- und Nachteile der Strategien 1 und 2 [5].

	Strategie 1 Tätigkeitsbezogene Messung	Strategie 2 Berufsbildbezogene Messung
Messdauer	in der Regel kurze Messdauern	Stichprobenmes- sungen über länge- re Zeiten
Arbeitsanalyse	Ggf. zeitaufwändig, z. B. bei komplexen Arbeitsabläufen	Keine detaillierte Arbeitsanalyse erforderlich
Information zum Anteil an der Gesamtbelas- tung	Beitrag jeder einzel- nen Tätigkeit wird ermittelt	Kein Informations- gewinn zu den Bei- trägen einzelner Tätigkeiten

5.3.3 Ganztags-Messungen (Strategie 3)

Als Strategie 3 bzw. Ganztags-Messungen bezeichnet DIN EN ISO 9612 eine Messmethode, bei der die Lärmexposition durch Langzeitmessungen über mehrere möglichst vollständige Arbeitsschichten zu erfassen ist. Die ausgewählten Arbeitstage sollten repräsentativ für den betrachteten Arbeitsplatz sein. Jede Ganztags-Messung wird als ein Stichproben-Messwert verstanden und wie bei der Strategie 2 ausgewertet. Die Strategie 3 empfiehlt sich vor allem für mobil eingesetzte Beschäftigte mit vielfältigen unterschiedlichen Tätigkeiten. Da man diese Beschäftigten kaum über die gesamte Zeit mit einem Hand-schallpegelmessgerät verfolgen kann, erfordert dieses Verfahren in der Regel personengebundene Messungen mit Schalldosimetern.

5.3.4 Vergleich der drei Messstrategien

Wie in den vorherigen Abschnitten erläutert weisen die hier beschriebenen Strategien jeweils Vor- und Nachteile auf. Tabelle 6 gibt einen Überblick, in welchen Fällen die jeweiligen Strategien anwendbar (markiert mit „Häkchen“) und wann sie besonders zu empfehlen sind (markiert mit „Sternchen“). Danach bietet sich Strategie 1 – tätigkeitsbezogene Messung – immer dann an, wenn sich die Arbeitsschicht in eine überschaubare Anzahl von Tätigkeiten (Teilzeiten) zerlegen lässt. Wenn dies wegen vielfältiger Tätigkeiten mit unbekannter Dauer nicht möglich ist, kommen die als Strategie 2 beschriebenen berufsbildbezogenen Stichprobenmessungen in Betracht. Bei mobilen Arbeitsplätzen mit einer großen Zahl an Tätigkeiten sind schließlich Ganztags-Messungen entsprechend Strategie 3 zu empfehlen.

Im Einzelfall lassen sich auch verschiedene Strategien kombinieren, z. B. indem man die Lärmbelastung für eine bestimmte Belastungsphase (Tätigkeit) durch Stichprobenmessungen (Strategie 2) erfasst und mit anderen Belastungsphasen (Tätigkeiten) nach der Strategie 1 tätigkeitsbezogen auswertet.

5.4 Orts- und personenbezogener Lärmexpositionspegel

Je nach Aufgabenstellung kann es sinnvoll sein, die Geräuschimmission personenbezogen oder ortsbezogen zu betrachten und dementsprechend einen personenbezogenen oder einen ortsbezogenen Lärmexpositionspegel zu bestimmen.

Die DIN EN ISO 9612 betrachtet die Geräuschimmission jeweils **personenbezogen**, d. h. der zu ermittelnde Lärmexpositionspegel beschreibt die **Einwirkung auf einen einzelnen Beschäftigten oder eine Gruppe von gleichartig belasteten Beschäftigten**, die sich über verschiedene Bereichen bewegen können.

Auch im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [1] bzw. den TRLV Lärm [3] gilt es in der Regel, den personenbezogenen Lärmexpositionspegel zu bestimmen. Der personenbezogene Lärmexpositionspegel wäre dann die Grundlage zur Entscheidung über die Gehör-Vorsorge, das Tragen von Gehörschutzmitteln sowie die Verpflichtung zur Aufstellung und Durchführung eines Lärmreduzierungsprogramms.

Tabelle 6: Anwendungsmöglichkeiten und -empfehlungen für die drei Messstrategien (in Anlehnung an DIN EN ISO 9612 [4])

Arbeitsplatz	Arbeitsaufgabe/Tätigkeit	Strategie		
		1	2	3
		Tätigkeitsbezogene Messungen	Berufsbildbezogene Messungen	Ganztagsmessungen
fest	einfach oder einzelne	✓*		
	komplex oder vielfältig	✓*	✓	✓
mobil	vorhersehbarer Arbeitsablauf, kleine Zahl an Tätigkeiten	✓*	✓	✓
	vorhersehbarer Arbeitsablauf große Zahl an Tätigkeiten oder komplexer Arbeitsablauf	✓	✓	✓*
	unvorhersehbarer Arbeitsablauf		✓	✓*
fest o. mobil	vielfältige Tätigkeiten mit unbekannter Dauer		✓*	✓
	keine vorgegebenen Tätigkeiten		✓*	✓

✓ – Strategie ist geeignet
* – empfohlene Strategie

Auch bei der Auswahl eines Gehörschützers sollte man sich in der Regel an dem personenbezogenen Lärmexpositionspegel orientieren, um für den Beschäftigten bzw. die betrachtete Gruppe von Beschäftigten ein hinsichtlich der Schalldämmung gut geeignetes Gehörschützer-Modell zu finden [8].

Die personenbezogene Beurteilung ist außerdem im Rahmen der Begutachtung eines Lärmschwerhörigkeitsfalles gefragt, um damit das individuelle Gehörschadensrisiko für die betrachtete Person zu beschreiben.

Der **ortsbezogene Lärmexpositionspegel** beschreibt die **auf einen festen Ort** (Arbeitsplatz) oder **einen Bereich einwirkende Geräuschemission**, unabhängig davon, ob sich dort Beschäftigte aufhalten oder nicht. Bei der entsprechenden Messung ist die auf diesen Ort einwirkende Geräuschemission so zu erfassen, als wolle man die Belastung für eine Person ermitteln, die sich dort über die gesamte Arbeitsschicht aufhält.

Der ortsbezogene Lärmexpositionspegel ist nach der TRLV Lärm als Grundlage für die Festlegung von Lärmbereichen heranzuziehen (TRLV Lärm, Teil Allgemeines, 4.9).

Darüber hinaus kann der ortsbezogene Lärmexpositionspegel auch als Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung dienen, wenn man das in den TRLV Lärm beschriebene „vereinfachte Vorgehen“ bei der Gefährdungsbeurteilung anwendet (TRLV Lärm, Teil 1, 6.1 (2)). Danach kann man entscheiden, dass alle Beschäftigten in einem Lärmbereich (ab 85 dB(A)) entsprechend dem hier ermittelten höchsten ortsbezogenen Lärmexpositionspegel belastet sind, unabhängig davon, wie lange sie sich dort aufhalten. Es wären also alle Beschäftigten, die auch nur kurzzeitig im Lärmbereich zu tun haben, als entsprechend gefährdet anzusehen. Die erforderlichen Maßnahmen, z. B. bezüglich arbeitsmedizinischer Vorsorge, Gehörschutzmittel und Lärminderung (siehe Abschnitt 2), müssen sich dann an dem höchsten ortsbezogenen Lärmexpositionspegel orientieren. Der Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass man damit bei unterschiedlich eingesetzten Beschäftigten nicht für jeden einzelnen die individuelle Lärmexposition ermitteln muss.

Die TRLV Lärm beschreiben alternativ ein anderes „vereinfachtes Vorgehen“, indem man bestimmte Arbeitsmittel aufgrund der mit dem Einsatz verbundenen Lärmbelastung (ortsbezogen) als potentiell gehörfährend kennzeichnet und – unabhängig von der tatsächlichen Expositionszeit – eine Lärmgefährdung für den Beschäftigten annimmt, auch wenn er nur kurzzeitig damit arbeitet. D. h. man spart die Ermittlung der personenbezogenen Lärmexposition für den einzelnen Beschäftigten ein und setzt den bei der Arbeit verursachten ortsbezogenen Schalldruckpegel als Lärmexpositionspegel an (ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Einsatzzeit). Alle nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung notwendigen Maßnahmen, wie die entsprechende Unterweisung, die Gehöruntersuchung und die Benutzung von Gehörschutz, orientieren sich an diesem Wert.

Dieses vereinfachte Vorgehen hat sich z. B. an Baustellenarbeitsplätzen bewährt. Hier werden die lauten Handwerkzeuge entsprechend gekennzeichnet und der Beschäftigte kann somit sofort erkennen, dass er bei der Verwendung dieses Gerätes einen Gehörschutz tragen muss. In der folgenden Tabelle 7 sind die Anwendungen für den personenbezogenen und den ortsbezogenen Lärmexpositionspegel nochmals zusammengestellt.

Tabelle 7: Anwendungen für den personenbezogenen und den ortsbezogenen Lärmexpositionspegel

	Anwendung
Personenbezogener Lärmexpositionspegel	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdungsbeurteilung, d. h. Entscheidung über Gehör-Vorsorge, Entscheidung über Tragepflicht für Gehörschutz, Entscheidung über Lärminderungsprogramm • Auswahl von Gehörschutz
Ortsbezogener Lärmexpositionspegel	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung von Lärmbereichen (Tragepflicht für Gehörschutz) • Vereinfachte Gefährdungsbeurteilung, d. h. Entscheidung über Gehör-Vorsorge, Entscheidung über Tragepflicht für Gehörschutz, Entscheidung über Lärminderungsprogramm

5.5 Ortsfeste und personengebundene Messung

Die Benennung orientiert sich an der Position des Mikrofons. Man unterscheidet zwischen:

- **ortsfeste Messung:**
Messung an einem bestimmten Ort, ggf. unter Nachführung des Mikrofons entsprechend den Bewegungen des Beschäftigten.
- **personengebundene Messung:**
Messung mit einem vom Beschäftigten am Körper getragenen Personenschallexposimeter (Lärmdosimeter), wobei das Mikrofon in Ohrnähe befestigt ist.

Unabhängig davon, ob die Beurteilung ortsbezogen oder personenbezogen erfolgen soll, kann die Messung ortsfest oder personengebunden durchgeführt werden.

Beispielsweise lässt sich die personenbezogene Lärmexposition für einen mobil eingesetzten Beschäftigten auf zwei Arten bestimmen: entweder durch eine personengebundene Messung mit einem Lärmdosimeter oder durch ortsfeste Messungen an den verschiedenen Einsatzorten und Berechnung der Lärmexposition unter Berücksichtigung der jeweiligen Zeitanteile.

5.5.1 Ortsfeste Messung

In den meisten betrieblichen Anwendungsfällen werden ortsfeste Messungen mit einem Handschallpegelmesser durchgeführt, um relativ schnell die Lärmbelassungssituation an einem Arbeitsplatz oder in einem bestimmten Bereich zu erfassen und mit entsprechenden Auslösewerten zu vergleichen. Im Idealfall sollte die Messung in Abwesenheit des Beschäftigten stattfinden, damit das Ergebnis nicht durch Schallreflexionen oder Abschattungseffekte vom Körper des Beschäftigten beeinflusst wird. Das Mikrofon sollte dabei an der üblichen Position des Kopfes in Ohrhöhe gehalten und so **auf die Schallquelle ausgerichtet, dass die Membran senkrecht zur Blickrichtung auf die Schallquelle steht**. Als Anhaltswerte für die Mikrofonhöhe nennt die DIN EN ISO 9612 folgende Maße:

- 1,55 m ($\pm 0,075$ m) über dem Boden für stehende Personen
- 0,8 m ($\pm 0,05$ m) über Sitzfläche für sitzende Personen.

Falls sich der Beschäftigte am Arbeitsplatz aufhalten muss, z. B. um eine Maschine zu bedienen, ist das Mikrofon in Ohrnähe seitlich des Kopfes zu positionieren. Die DIN EN ISO 9612 gibt hierfür einen Abstand von 0,1 bis 0,4 m zum Ohr vor. Bei unterschiedlich hoher Belastung beider Ohren, z. B. aufgrund eines einseitig in Ohrnähe gehaltenen Handwerkzeuges, ist die Messung auf der Seite des höher belasteten Ohres durchzuführen.

Erfahrungsgemäß bewegen sich die Beschäftigten an vielen ortsfesten Arbeitsplätzen in einem größeren Bereich, so dass sich die übliche Kopfposition (Mikrofonposition) nicht ohne weiteres festlegen lässt. In solchen Fällen empfiehlt es sich, das Mikrofon von Hand den Bewegungen des Beschäftigten nachzuführen und die daraus resultierenden örtlichen Pegelschwankungen zeitlich zu mitteln, d. h. den äquivalenten Dauerschallpegel L_{Aeq} zu bestimmen. Um den Beschäftigten dabei nicht unnötig zu behindern, hat sich die Nachführung des Mikrofons unter Verwendung einer ca. 0,8 m langen Stativstange bewährt, wie in Abbildung 5 veranschaulicht. Das Mikrofon wird dabei durch ein kurzes Verlängerungskabel mit dem in der Hand gehaltenen Schallpegelmesser verbunden.



Abb. 5 Nachführen des Mikrofons mit Hilfe einer Stativstange [5]

5.5.2 Personengebundene Messung

Bei der personengebundenen Messung wird das Mikrofon am Körper des zu untersuchenden Beschäftigten in Ohrnähe befestigt und die Belastung üblicherweise mit Hilfe eines ebenfalls am Körper getragenen Lärmdosimeters (Personenschallexposimeters nach DIN EN 61252 [20]) aufgezeichnet.

Es ist aber auch möglich, einen Beschäftigten mit dem Schallpegelmesser über einen größeren Bereich zu verfolgen, sofern man ihn dabei nicht zu sehr behindert. Ein Beispiel wäre ein Meister, der einen Rundgang in seinem Zuständigkeitsbereich macht. Die Begleitung der Person mit dem Handschallpegelmesser wäre dann als eine „personengebundene“ Messung zu verstehen. **Die Einhaltung des nach DIN EN ISO 9612 vorgegebenen Abstands von max. 0,4 m zum Ohr des Beschäftigten ist bei einem solchen Szenario allerdings schwer zu realisieren. Aus diesem Grund sind für längere personengebundene Messungen Lärmdosimeter besser geeignet.**

Die personengebundene Messung bietet sich vor allem für mobil eingesetzte Beschäftigte mit vielfältigen unterschiedlichen Tätigkeiten sowie für die Erfassung der Lärmexposition über eine lange Zeitdauer an. Wie bereits erwähnt lassen sich Ganztags-Messungen entsprechend der Strategie 3 praktisch nur als personengebundene Messungen mit Dosimetern durchführen.

Die DIN EN ISO 9612 gibt für die Dosimetermessung die **höchste Stelle auf der Schulter in mindestens 10 cm Abstand zum Ohr und möglichst 4 cm über der Schulter** als Mikrofonposition vor. Diese hat sich in der Praxis als besonders günstig erwiesen.

Um die nach DIN EN ISO 9612 empfohlene Position des Mikrofons einzustellen, kann man z. B. ein spezielles Gurtsystem einsetzen, bei dem sich das Mikrofon mit Hilfe einer Klettverbindung genau positionieren lässt. Abbildung 6 zeigt das vom Institut für Arbeitsschutz (IFA) üblicherweise bei derartigen Messungen genutzte Gurtsystem. Das Lärmdosimeter wird dabei am Gürtel getragen. Bei der Befestigung des Mikrofons und des Mikrofonkabels ist außerdem darauf zu achten, dass die auszuführenden Arbeiten nicht behindert werden und kein Sicherheitsrisiko, z. B. durch Verfangen des Mikrofonkabels in einer Maschine, entsteht. Heute gibt es sehr

kompakt gebaute Lärmdosimeter, die das Mikrofon und das Messgerät in einer Einheit verbinden, so dass die Kabelverbindung entfällt. So lässt sich das Dosimeter mit Mikrofon relativ leicht direkt auf der Schulter bzw. am Gurtsystem befestigen. Eine Befestigung der kompakt gebauten Dosimeter auf der Kleidung führt jedoch häufig zum Verrutschen des Geräts. Außerdem kann die Kleidung beschädigt werden. Daher wird das Tragen dieser all-in-one Geräte ebenfalls auf einem Gurtsystem empfohlen.



Abb. 6 Einsatz eines Schalldosimeters in Verbindung mit einem speziellen Gurtsystem zur Fixierung des Mikrofons [5]

Bei personengebundenen Messungen mit Lärmdosimetern muss man allerdings in der Regel mit etwas größeren Unsicherheiten rechnen, weil die heute üblichen Lärmdosimeter meist nicht die akustischen Anforderungen eines Schallpegelmessers der Klasse 1 erfüllen. Zusätzliche Unsicherheiten können sich aufgrund von Schallreflexionen am

Körper des Beschäftigten und von Abschattungen durch den Körper ergeben. Das gilt insbesondere für hochfrequente Geräusche und kleine Lärmquellen in geringem Abstand zum Ohr. Bei Messungen über längere Zeiträume sollten sich die entstehenden positiven und negativen Abweichungen zumindest teilweise aufheben.

Auf jeden Fall erfordert diese Messmethode besondere Sorgfalt, eine fortlaufende Beobachtung und Dokumentation der ausgeführten Tätigkeiten mit Zeitangaben und eine spätere Überprüfung der Ergebnisse auf Plausibilität [21].

5.6 Messgeräte und deren Kalibrierung

Für die Erfassung der Lärmexposition am Arbeitsplatz nach DIN EN ISO 9612 lassen sich sowohl Schallpegelmesser nach DIN EN 61672-1 [16] als auch Personenschall-exposimeter/Lärmdosimeter nach DIN EN 61252 [20] einsetzen. Die entsprechenden Vorgaben zu den Messgeräten und deren Genauigkeitsklassen sind in der Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: Messgeräte und Genauigkeitsklassen nach DIN EN ISO 9612

Schallpegelmesser	nach DIN EN 61672-1 Klasse 1 (vorzugsweise) oder Klasse 2
Personenschallexposimeter (Lärmdosimeter)	nach DIN EN 61252
Kalibrator	nach DIN EN IEC 60942 Klasse 1

Danach sind bevorzugt Schallpegelmesser bzw. Dosimeter zu verwenden, die den Anforderungen der Klasse 1 nach DIN EN 61672-1 entsprechen. Insbesondere für Geräusche mit dominierenden hohen Frequenzen oder Messungen bei sehr niedrigen Temperaturen wird die Verwendung entsprechend hochwertiger Klasse-1-Messgeräte empfohlen. Der Kalibrator muss in jedem Fall die Anforderungen der Klasse 1 nach DIN EN IEC 60942 [22] erfüllen. Die in der Messgerätenorm DIN EN 61252 an Lärmdosimeter gestellten akustischen Anforderungen entsprechen näherungsweise den Anforderungen für Schallpegelmesser der Klasse 2 (DIN EN 61672-1). Um der Forderung der DIN EN ISO 9612 nach der bevorzugten Verwendung von

Klasse-1-Geräten gerecht zu werden, müsste das Dosimeter zusätzlich die Anforderungen der DIN EN 61672-1 für Geräte der Klasse 1 erfüllen. Das trifft auf die heute üblichen Lärmdosimeter allerdings in der Regel nicht zu, weil sich das nur mit sehr hochwertigen Mikrofonen realisieren lässt.

Das eingesetzte Schallmessgerät und der Kalibrator sind mindestens alle zwei Jahre auf Einhaltung der Anforderungen nach den relevanten Messgerätenormen zu überprüfen. Diese relativ aufwändige Geräteprüfung können nur einige besonders qualifizierte Kalibrierlaboratorien anbieten, z. B. einzelne Hersteller und die Eichämter einiger Länder.

Bei bestimmten Messaufgaben kann die Benutzung eines amtlich geeichten Schallmessgerätes gesetzlich vorgeschrieben sein, z. B. wenn es sich um öffentliche Überwachungsaufgaben oder Gutachten im Rahmen von gerichtlichen Verfahren handelt (§ 3 MessEG, § 1 MessEV).

Unmittelbar vor jeder Messreihe und zu Beginn jedes Messtages muss die gesamte Messkette einschließlich Mikrofon mit einem Kalibrator der Klasse 1 kalibriert werden (Vor-Ort-Kalibrierung). Am Ende der Messreihe und am Ende jedes Messtages ist die Kalibrierung zu überprüfen. Wenn sich bei der Nachprüfung Abweichungen von mehr als 0,5 dB gegenüber der Anfangs-Kalibrierung ergeben, sind alle Messergebnisse ungültig. In diesem Fall sollte man nach der Ursache für diese ungewöhnlich großen Abweichungen suchen und die Messungen müssen wiederholt werden.

5.7 Messgrößen

5.7.1 Äquivalenter Dauerschallpegel L_{pAeq} , Messdauer

Äquivalenter Dauerschallpegel:

Wesentliche Messgröße ist in der Regel der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} . Er ist je nach Messstrategie für eine einzelne Tätigkeit (Strategie 1), für einen als Stichprobe ausgewählten Zeitabschnitt einer Arbeitsschicht (Strategie 2) oder für den ganzen Arbeitstag (Strategie 3) zu erfassen.

Der äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} lässt sich mit Hilfe eines integrierenden Schallpegelmessers nach DIN EN 61672-1 [16] oder eines Personenschallexposimeters (Lärmdosimeters) nach DIN EN 61252 [20] messen. Sofern das Messgerät dafür eine Einstellung der Zeitbewertung verlangt, sollte die Zeitbewertung „F“ (schnell) gewählt werden. Die Zeitbewertung „S“ (langsam) führt aber bei ausreichend langer Messzeit zum selben Ergebnis.

Messdauer:

Bei Stichprobenmessungen nach Strategie 2 ergibt sich die Messdauer aus der für die einzelne Stichprobe festgelegten Messdauer, von z. B. 15 oder 30 Minuten. Bei der Durchführung von Ganztagsmessungen nach Strategie 3 soll man nach Möglichkeit über die gesamte Dauer der Arbeitsschicht messen.

Im Vergleich dazu können bei tätigkeitsbezogenen Messungen nach Strategie 1 kürzere Messdauern ausreichen. Wie bereits in Abbildung 4 veranschaulicht hängt die Messdauer t von der Art des Geräusches ab und muss sich in der Regel nicht über die gesamte Zeitdauer der betrachteten Tätigkeit erstrecken. Generell ist jedoch zu beachten, dass die Messung über eine ausreichend lange Dauer durchgeführt wird, um damit den äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} für die entsprechende Tätigkeit zu erfassen. Davon kann man im Allgemeinen ausgehen, wenn erkennbar ist, dass sich der angezeigte äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} durch alle zu erwartenden weiteren Geräuschbeiträge nicht mehr nennenswert ändert.

Bezüglich der Messdauer macht die DIN EN ISO 9612 folgende Vorgaben:

- Die Messdauer sollte mindestens 5 min betragen, sofern die Tätigkeit überhaupt eine entsprechende Dauer aufweist. Kürzere Messdauern sind zulässig, falls der Pegel konstant oder gut reproduzierbar ist oder die Lärmexposition der entsprechenden Tätigkeit einen geringen Anteil an der Gesamtexposition hat.
- Für periodisch schwankende Geräusche gilt, dass mit der Messung mindestens drei vollständige Schwankungsperioden zu erfassen sind. Dabei ist außerdem noch die Mindestmessdauer von 5 min zu beachten.
- Bei zeitlich zufällig schwankenden Geräuschen können relativ lange Messdauern erforderlich sein, um den äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} für die entsprechende

Tätigkeit zu erfassen. Ggf. muss sich die entsprechende Messung über den gesamten Geräuschabschnitt erstrecken.

Für jede Tätigkeit sind nach DIN EN ISO 9612 zumindest drei entsprechende Messungen erforderlich. Wenn die Ergebnisse um mehr als 3 dB differieren, sind drei zusätzliche Messungen oder drei neue Messungen mit längeren Messdauern durchzuführen. Der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel L_{pAeq} für die jeweilige Tätigkeit wird aus den einzelnen Messwerten durch energetische Mittelung berechnet (siehe Abschnitt 5.9.4, Gleichung (5)).

Anmerkung:

Bei einer sinnvollen Festlegung der zu unterscheidenden Tätigkeiten und Beachtung der Vorgaben bezüglich der erforderlichen Messdauer sollten die drei Messwerte für die Tätigkeit eigentlich nicht nennenswert differieren.

5.7.2 Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$

Neben dem Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ ist nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung gegebenenfalls auch der Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ als Auslösewert zu beachten.

Dieser Spitzenpegel ist allerdings nur dann relevant, wenn an dem Arbeitsplatz besonders laute Lärmimpulse zu erwarten sind, die möglicherweise den unteren Auslösewert von 135 dB(C) erreichen oder überschreiten. Das gilt z. B. für Schmiedehämmer, Bolzenwerkzeuge oder Waffelärm (siehe Beispiele in Tabelle 4). Mit Hilfe des Spitzenschalldruckpegels $L_{pC,peak}$ soll die Gefahr einer unmittelbaren (akuten) Gehörschädigung durch extrem hohe Lärmimpulse erkannt werden [23, 24]. Die Auslösewerte liegen dabei in einem Bereich, der deutlich unter der Belastungsgrenze liegt, bei der man laut VDI 2058 Blatt 2 [14] bei Einzelereignissen mit akuten Gehörschäden rechnen muss. Zur Bestimmung des Spitzenschalldruckpegels $L_{pC,peak}$ muss das Schallmessgerät auf die Zeitbewertung „peak“ (Spitze) und auf die Frequenzbewertung „C“ eingestellt werden. Viele moderne Schallmessgeräte können diesen Spitzenschalldruckpegel parallel zum äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} erfassen.

Streng genommen ist der obere Auslösewert bereits überschritten, wenn der Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ nur

einmal am Tag mit mehr als 137 dB(C) gemessen wird. Die TRLV Lärm geben im Teil Allgemeines (4.14) den Hinweis, dass der Zeitraum für die Erfassung des Spitzenpegels so zu wählen ist, dass damit die lautesten Schallereignisse innerhalb einer Arbeitsschicht erfasst werden.

5.8 Tages- und Wochen-Lärmexpositionspegel

5.8.1 Repräsentativer Arbeitstag

Der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ wird aus dem für den repräsentativen Arbeitstag bestimmten A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel L_{pAeq} unter Bezug auf die Zeitdauer von 8 h berechnet. Unter dem repräsentativen Arbeitstag ist dabei die längerfristig typische bzw. durchschnittliche Belastungssituation zu verstehen. Nach DIN EN ISO 9612 [4] ist der repräsentative Arbeitstag ein typischer Tag, der die über mehrere Tage ausgeübte Tätigkeit repräsentiert. Falls die Lärmbelastung von Tag zu Tag stark schwankt, bedeutet die Ermittlung der längerfristig typischen Lärmexposition eine Mittelung der Geräuschmission über mehrere Tage. Nach der DIN EN ISO 9612 kann der repräsentative Arbeitstag in diesem Fall durch die Arbeitssituationen über mehrere Tage, z. B. für eine Arbeitswoche, definiert werden (DIN EN ISO 9612, Abschnitt 7.3).

Um das Langzeitrisiko für eine Hörminderung zu beurteilen, muss der repräsentative Arbeitstag nach DIN EN ISO 9612 die mittlere Belastungssituation für die jeweils betrachtete Zeitspanne beschreiben, so dass ggf. auch eine Mittelung über eine noch größere Zeitspanne erforderlich sein kann.

5.8.2 Tages-Lärmexpositionspegel

Auf der Grundlage des im Rahmen der Arbeitsanalyse ermittelten repräsentativen Arbeitstages lässt sich der Tages-Lärmexpositionspegel bestimmen, indem man die Geräuschmission für die entsprechende typische Arbeitsschicht nach einer geeigneten Strategie erfasst und auf die festgelegte Bezugszeit von acht Stunden bezieht.

Der **Tages-Lärmexpositionspegel** ergibt sich nach der folgenden Gleichung:

$$L_{EX,8h} = L_{pAeq,T_e} + 10 \lg \left[\frac{T_e}{T_o} \right] \text{ dB} \quad (3)$$

mit:

L_{pAeq,T_e} – A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel der typischen arbeitsschicht (repräsentativer Arbeitstag)

T_e – effektive Zeitdauer der Arbeitsschicht

T_o – Bezugszeitdauer, $T_o = 8h$

Die in DIN EN ISO 9612 beschriebenen Messstrategien zur Bestimmung des Tages-Lärmexpositionspegels (siehe Abschnitt 5.3) haben letztlich alle das Ziel, einen Mittelwert der Lärmexposition über einen längeren Zeitraum zu bestimmen, sei es durch den hypothetischen Ansatz der längerfristig typischen Belastungssituation (Strategie 1 – tätigkeitsbezogene Messungen) oder durch Mittelung der Stichprobenwerte über mehrere Tage (Strategie 2 und 3 – berufsbildbezogene Messungen und Ganztags-Messungen). Wie bereits im Abschnitt 5.8.1 erläutert kann der repräsentative Arbeitstag dabei auch durch die Arbeitssituationen für eine Arbeitswoche definiert werden (DIN EN ISO 9612, Abschnitt 7.3). Obwohl damit die Lärmexposition des repräsentativen Arbeitstages mit der mittleren Lärmexposition der üblichen Arbeitswoche gleichgesetzt wird, darf man hier vom Tages-Lärmexpositionspegel sprechen.

Falls die Lärmbelastung an Arbeitsplätzen großen saisonalen Schwankungen unterliegt, (z. B. bei Winterdiensten) ist es zweckmäßig, mehrere repräsentative Arbeitstage (z. B. Winterzeit und übrige Jahreszeit) zu unterscheiden (TRLV Lärm, Teil 2, 6.2.1). Die Ergebnisse und die damit verbundenen Maßnahmen des Arbeitsschutzes sind dann in Abhängigkeit von der jeweiligen Arbeitssituation für die unterschiedenen repräsentativen Arbeitstage getrennt zu betrachten. Ein Beispiel dafür wäre auch ein Hausmeister, der im Sommer jede Woche einmal den Rasen der Grünanlagen mäht und damit an einem Tag lärmbelastet ist. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung würde man in diesem Fall den Tages-Lärmexpositionspegel als Mittelwert über die Woche in der Sommerzeit bestimmen (Berechnung nach Abschnitt 5.9.4, Gleichung 6) und die Lärmexposition in den übrigen Wochen des Jahres separat betrachten.

Daraus kann sich z. B. ergeben, dass ein Beschäftigter an x Wochen im Jahr einer gehörfährdenden Lärmbelastung ausgesetzt ist, während er die übrigen Wochen nicht gefährdet ist.

Falls ein Arbeitstag mit einer besonders hohen Lärmexposition und einer Überschreitung eines der oberen Auslösewerte seltener als einmal in der Woche vorkommt, ist dieser Tag nach den TRLV Lärm als ein separater repräsentativer Arbeitstag zu betrachten (TRLV Lärm, Teil 2, 6.2.1 (2)). Hier stellt sich die Frage, wie der für einige einzelne Tage im Jahr ermittelte Tages-Lärmexpositionspegel von mehr als 85 dB(A) im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten ist und welche Schutzmaßnahmen für den entsprechenden Arbeitsplatz erforderlich sind. Nach den Technischen Regeln zum Lärm kann die zuständige Behörde auf Antrag gemäß § 15 Absatz 1 der LärmVibrationsArbSchV [1] zulassen, dass auf die Durchführung eines Lärmminderungsprogramms verzichtet wird, soweit das mit dem Schutz der Beschäftigten vereinbar ist. Als Grundlage für diese Entscheidung würde sich die Bestimmung der durchschnittlichen Belastung für die entsprechende Arbeitswoche mit dem lauten Tag anbieten.

Das ist im Übrigen ja auch die Vorgehensweise bei der Beurteilung von Arbeitsplätzen, an denen es jede Woche einen Tag mit besonders hoher Lärmexposition gibt. Falls beispielsweise jede Woche ein besonders lauter Tag mit einem Pegel von 87 dB(A) vorkommt, würde man zur Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition (repräsentativer Arbeitstag) eine Mittelung über mehrere Tage (z. B. eine Woche) durchführen und damit möglicherweise einen Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ von weniger als 85 dB(A) ermitteln. Damit wäre der obere Auslösewert unterschritten und es gäbe auch keine Verpflichtung zur Aufstellung eines Lärmminderungsprogramms.

5.8.3 Wochen-Lärmexpositionspegel

Der Wochen-Lärmexpositionspegel ergibt sich aus der Mittelung der Geräuschmission über eine typische (repräsentative) Arbeitswoche und Bezug auf die für die Arbeitswoche festgelegte Bezugszeit von 40 Stunden. Bezüglich der Berechnung des Wochen-Lärmexpositionspegels sei auf den Abschnitt 5.9.4 B) verwiesen.

Nach der **TRLV Lärm** kann zur Beschreibung einer Lärmsituation am Arbeitsplatz die Ermittlung des **Wochen-Lärmexpositionspegels** erforderlich sein, „wenn die Lärmexposition von einem Tag zum anderen so stark schwankt, dass sich keine typische Lärmexposition für den Arbeitstag angeben lässt“ (TRLV Lärm, Teil 2, Abschnitt 6.2.3 (2)).

Mit Blick auf die Definition des repräsentativen Arbeitstages als ein typischer Tag, der die über mehrere Tage ausgeübte Tätigkeit repräsentiert, sollten sich in der Regel ohnehin keine großen Unterschiede zwischen dem Wochen-Lärmexpositionspegel und dem Tages-Lärmexpositionspegel ergeben. Nach DIN EN ISO 9612 kann der repräsentative Arbeitstag durch die Arbeitssituation für eine Woche definiert werden, so dass sich für den Tages-Lärmexpositionspegel und den Wochen-Lärmexpositionspegel derselbe Wert errechnet (Annahme einer 5-Tage-Woche).

Falls die Wochenarbeitszeit jedoch von fünf Tagen abweicht, muss sich der Wochen-Lärmexpositionspegel vom Tages-Lärmexpositionspegel unterscheiden. So errechnet sich z. B. für eine siebentägige Arbeitswoche auf einem Seeschiff oder einer Bohrinselform ein um ca. 1,5 dB höherer Wochenpegel als der entsprechende Tages-Lärmexpositionspegel. Obwohl die Beschäftigten in einem solchen Fall tatsächlich höher belastet sind und die Anwendung des Wochen-Lärmexpositionspegels durchaus sinnvoll wäre, wird in den TRLV Lärm nicht darauf eingegangen.

Grundsätzlich hat der Arbeitgeber immer die Möglichkeit, gemäß § 15 (2) LärmVibrationsArbSchV bei der zuständigen Behörde die Anwendung des Wochen-Lärmexpositionspegels im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu beantragen. Die zuständige Behörde kann das genehmigen, falls der Wochen-Lärmexpositionspegel 85 dB(A) nicht überschreitet und geeignete Maßnahmen getroffen werden, um die mit den Tätigkeiten verbundenen Gefährdungen auf ein Minimum zu verringern.

5.8.4 Beispiel zur Anwendung des Tages- und des Wochen-Lärmexpositionspegels

Um die Anwendung des Tages- und des Wochen-Lärmexpositionspegels zu verdeutlichen, sei hier der Lärmexpositionspegel am Beispiel eines Gießerei-Maurers berechnet, der alle drei Wochen einer besonders hohen Lärmbelastung ausgesetzt ist. Bezüglich der hier genutzten Rechenformeln sei auf den folgenden Abschnitt 5.9.4 verwiesen.

Gießerei-Maurer

Situation:

- Überwiegend übliche Gießerei-Arbeiten, wie Formen, Gießen, bei einem mittleren Schalldruckpegel $L_{Aeq} = 83$ dB.
- Alle drei Wochen werden Schamotte der Gießofen-Rinne ausgestemmt – 5 h an einem Arbeitstag bei einem Pegel $L_{Aeq} = 102$ dB.
- Die tägliche Arbeitszeit beträgt 8 h.

Lösung:

- Da der Arbeitstag mit besonders hoher Lärmexposition seltener als einmal pro Woche vorkommt, ist dieser Tag separat zu betrachten.
- Für den einzelnen Tag mit den Stemmarbeiten errechnet sich entsprechend Gleichung (5) der folgende Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$:

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

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{8} (5 \cdot 10^{0,1 \cdot 102} + 3 \cdot 10^{0,1 \cdot 83}) \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,8h} = 100 \text{ dB(A)}$$

- Bezogen auf die Arbeitswoche mit Stemmarbeiten lässt sich der Wochen-Lärmexpositionspegel nach Gleichung (6) berechnen:

$$L_{EX,40h} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{40} \sum_{m=1}^M T_m \cdot 10^{0,1 \cdot L_{pAeq,T,m}} \right) \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,40h} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{40} (5 \cdot 10^{0,1 \cdot 102} + 35 \cdot 10^{0,1 \cdot 83}) \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,40h} = 93,3 \text{ dB(A)}$$

Der Beschäftigte ist die längste Zeit des Jahres einem Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ von **83 dB(A)** ausgesetzt. D. h. der untere Auslösewert wird überschritten und es sind die damit verbundenen Maßnahmen nach LärmVibrationsArbSchV erforderlich (Gehörschutz bereitstellen, Angebot arbeitsmedizinischer Vorsorge, siehe Abschnitt 2). Alle drei Wochen ist er an einem Tag einem Tages-Lärmexpositionspegel von 100 dB(A) ausgesetzt. Somit wird der obere Auslösewert von 85 dB(A) deutlich überschritten. Auch bezogen auf die Woche mit den Stemmarbeiten ergibt sich mit einem Lärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$ von 93,3 dB(A) eine Überschreitung des oberen Auslösewertes. Deshalb sind für diesen Arbeitsplatz weitergehende Präventionsmaßnahmen notwendig, wie z. B. die Kennzeichnung als Lärmbereich und die Aufstellung und Durchführung eines Lärminderungsprogramms.

5.9 Bestimmung des Lärmexpositionspegels durch tätigkeitsbezogene Messungen

5.9.1 Allgemeines

Wegen der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der tätigkeitsbezogenen Messmethode (Strategie 1) und ihrer besonderen Bedeutung für die betriebliche Praxis soll dieses Verfahren im Folgenden ausführlich behandelt und anhand von Beispielen verdeutlicht werden.

Rechenhilfen:

Die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Berechnungen lassen sich mit einem Taschenrechner ausführen, der die Funktion des Logarithmierens enthält. Um sich die Arbeit zu erleichtern, kann man aber auch auf fertige Rechenprogramme zurückgreifen, die von verschiedenen Stellen im Internet angeboten werden.

Das Institut für Arbeitsschutz – IFA – bietet auf der Internetseite ein Rechenprogramm an, das eine Reihe von Berechnungen mit Schalldruckpegeln erlaubt. Neben der Pegeladdition und Pegelmittelung kann man damit beispielsweise den Lärmexpositionspegel aus den für einzelne Tätigkeiten gewonnenen Schalldruckpegeln (Strategie 1) berechnen:

► www.dguv.de/ifa, Webcode d10635.

Auf der Internetseite des Deutschen Instituts für Normung – DIN – wird ein Programm angeboten, das zusammen mit der Überarbeitung der ISO 9612 entwickelt wurde und die Berechnung des Lärmexpositionspegels nach den drei Strategien sowie die Berechnung von Unsicherheiten ermöglicht:

► www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nals/kalkulationsprogramm-zur-din-en-iso-9612-2009-09-unsicherheiten-90316

Die sachgerechte Anwendung dieses Tabellen-Kalkulationsprogramms setzt allerdings die Kenntnis von Festlegungen in der DIN EN ISO 9612 (9/2009) voraus.

kurzzeitige Belastungen mit hohen Pegeln. Insbesondere bei Tätigkeiten mit hohen Schalldruckpegeln kommt es auf die sorgfältige Ermittlung der Zeitdauer T_m für die Tätigkeit m an, da solche Tätigkeiten einen wesentlichen Anteil an der gesamten Lärmexposition haben können. Falls sich für die Zeitdauer T_m einer Tätigkeit unterschiedliche Werte ergeben, ist daraus nach DIN EN ISO 9612 der arithmetische Mittelwert zu berechnen.

Die Mittagspause und ggf. festgelegte weitere offizielle Pausen kann man in der Regel als separate Phasen ohne Lärmexposition betrachten, so dass sie bei der Berechnung des Lärmexpositionspegels nicht berücksichtigt werden müssen.

Die Zerlegung in einzelne Tätigkeiten ist sowohl für die ortsbezogene als auch für die personenbezogene Beurteilung möglich. Bei der ortsbezogenen Beurteilung lassen sich die auf einen bestimmten Ort einwirkenden Geräusche ggf. in unterschiedliche Arbeitsphasen bzw. Tätigkeiten mit jeweils gleichartiger Geräuschmission zerlegen. Bei der personenbezogenen Beurteilung können sich die verschiedenen Tätigkeiten z. B. durch Einsatz an unterschiedlichen Maschinen in verschiedenen Bereichen des Betriebes ergeben.

5.9.2 Zerlegung der Arbeitsschicht in Tätigkeiten

Wie bereits erläutert erfordert die tätigkeitsbezogene Messmethode (Strategie 1) eine besonders sorgfältige Arbeitsanalyse (siehe Abschnitt 5.3.1); andererseits lässt sie sich in der Regel mit relativ geringem Messaufwand durchführen. Die tätigkeitsbezogene Methode ist immer dann zu empfehlen, wenn sich die typische Arbeitsschicht in eine oder mehrere eindeutig zu definierende Tätigkeiten mit in sich gleichartiger Geräuschmission unterteilen lässt.

Abbildung 4 (Abschnitt 5.3.1) zeigt ein Beispiel für die Zerlegung einer Arbeitsschicht in einzelne Tätigkeiten. Diese ursprünglich aus DIN 45641 [25] stammende Abbildung findet sich in der DIN EN ISO 9612 in leicht veränderter Form, weil sie die Strategie 1 besonders gut veranschaulicht. Bei der hier beschriebenen Zerlegung der Arbeitsschicht in einzelne Tätigkeiten ist zu beachten, dass alle für die Lärmbelastung relevanten Beiträge der typischen Arbeitsschicht bzw. des repräsentativen Arbeitstages berücksichtigt werden, also ggf. auch

5.9.3 Erfassen der Lärmexposition für die einzelnen Tätigkeiten

Wie bereits in Abschnitt 5.7.1 erläutert muss sich die Messung in der Regel nicht über die gesamte Dauer der jeweiligen Tätigkeit bzw. Arbeitsphase erstrecken. Vielfach lässt sich die Geräuschmission durch eine relativ kurze Messung innerhalb der entsprechenden Phase erfassen. Die Vorgaben der DIN EN ISO 9612 bezüglich Messdauer sind im Abschnitt 5.7.1 zusammengestellt. Erfahrungsgemäß sind in der Praxis vielfach deutlich kürzere Messdauern als die in der Messnorm genannten fünf Minuten ausreichend. So ist es zulässig, die Messzeit zu reduzieren, wenn der Schalldruckpegel konstant und gut reproduzierbar ist oder die Geräuschbelastung bei der Tätigkeit ohnehin nur in geringem Maße zur Gesamtlärmexposition beiträgt.

Für jede Tätigkeit fordert die DIN EN ISO 9612 mindestens drei Messungen des äquivalenten Dauerschallpegels – L_{pAeq} . Falls die Ergebnisse für eine Tätigkeit um 3 dB oder

mehr differieren, sind mindestens drei zusätzliche Messungen oder drei neue Messungen mit längeren Messzeiten erforderlich. Zur Ermittlung des für eine Tätigkeit m anzusetzenden A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegels $L_{pAeq,T,m}$ sind die einzelnen gewonnenen Messwerte nach folgender Gleichung energetisch zu ermitteln:

$$L_{pAeq,T,m} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \cdot L_{pAeq,T,mi}} \right) \text{ dB} \quad (4)$$

mit:

- I – Anzahl der Messungen für die Tätigkeit m
- $L_{pAeq,T,mi}$ – i -ter Messwert innerhalb der Tätigkeit m

Die Messwerte für eine Tätigkeit dürften jedoch eigentlich nur geringfügig voneinander abweichen, wenn man die Arbeitsschicht vernünftig in Tätigkeiten unterteilt und die Messdauer jeweils so wählt, dass damit der äquivalente Dauerschallpegel für die untersuchte Tätigkeit erfasst wird.

5.9.4 Berechnung des Lärmexpositionspegels

A) Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$

Aus den mittleren äquivalenten Dauerschallpegeln $L_{pAeq,T,m}$ der einzelnen Tätigkeiten m und den ermittelten Zeitdauern T_m der Tätigkeiten errechnet sich der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ entsprechend der folgenden Gleichung:

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{T_0} \sum_{m=1}^M T_m \cdot 10^{0,1 \cdot L_{pAeq,T,m}} \right) \text{ dB(A)} \quad (5)$$

mit:

- $L_{pAeq,T,m}$ – äquivalenter Dauerschallpegel der Tätigkeit m
- T_m – Zeitdauer der Tätigkeit
- T_0 – Bezugszeit, $T_0 = 8 \text{ h}$
- M – Gesamtzahl der Tätigkeiten m

B) Wochen-Lärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$

Der Wochen-Lärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$ lässt sich in ähnlicher Form berechnen, mit dem Unterschied, dass in die obige Gleichung (5) die jeweiligen Zeitdauern T_m für die Woche eingesetzt und die gesamte Lärmexposition auf 40 h bezogen wird:

$$L_{EX,40h} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{40} \sum_{m=1}^M T_m \cdot 10^{0,1 \cdot L_{pAeq,T,m}} \right) \text{ dB(A)} \quad (6)$$

mit:

- $L_{pAeq,T,m}$ – Äquivalenter Dauerschallpegel der Tätigkeit m
- T_m – Zeitdauer der Tätigkeit m innerhalb einer Arbeitswoche
- M – Gesamtzahl der Tätigkeiten m

Abweichend von dieser relativ einfachen Rechenformel zur Ermittlung des Wochen-Lärmexpositionspegels sieht die DIN EN ISO 9612 zunächst die Berechnung der Tages-Lärmexpositionspegel für alle Tage der Woche vor, um daraus die Gesamtexposition zu berechnen und auf fünf Tage zu beziehen. Damit erhält man in mehreren Schritten schließlich dasselbe Ergebnis wie mit der hier angegebenen Rechenformel (6).

C) Vergleich von Tages- und Wochen-Lärmexpositionspegel

Wie die folgenden Beispielrechnungen zeigen, kann der Wochen-Lärmexpositionspegel je nach Arbeitsplatz niedriger oder höher als der Tages-Lärmexpositionspegel ausfallen.

Beispiele:

- Lärmbelastung nur an einem Arbeitstag (8 h) in der Woche mit $L_{EX,8h} = 100 \text{ dB(A)}$, an vier Tagen der Woche lärmfrei.

$$L_{EX,40h} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{40} 8 \cdot 10^{0,1 \cdot 100} \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,40h} = 93 \text{ dB(A)}$$

Der Wochen-Lärmexpositionspegel kann also höchstens 7 dB(A) niedriger ausfallen als der höchste Tages-Lärmexpositionspegel.

- Lärmbelastung an sieben Tagen in der Woche mit $L_{EX,8h} = 84 \text{ dB(A)}$.

$$L_{EX,40h} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{40} (7 \cdot 8) \cdot 10^{0,1 \cdot 84} \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,40h} = 85,5 \text{ dB(A)}$$

Der Wochen-Lärmexpositionspegel würde bei sieben Arbeitsschichten in der Woche also um 1,5 dB(A) höher ausfallen als der Tages-Lärmexpositionspegel.

5.9.5 Beispiele zur Berechnung des Lärmexpositionspegels nach Strategie 1

Mit den folgenden Beispielen sollen die einzelnen Schritte zur Berechnung des Tages-Lärmexpositionspegels erläutert werden, ohne dabei auf die später erläuterte Problematik der Unsicherheit (Abschnitt 5.10) einzugehen. Ein ausführliches Beispiel mit allen erforderlichen Messungen und Berechnungen findet sich z. B. im Anhang der Norm DIN EN ISO 9612 und im Taschenbuch „Lärmmessung im Betrieb“ [5]. Wie bereits im Abschnitt 5.9.1 erwähnt lassen sich die Berechnungen mit einem Taschenrechner oder den entsprechenden Rechenprogrammen aus dem Internet durchführen.

Beispiel 1:

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist die Lärmexposition für eine Gruppe von gleichartig eingesetzten Lkw-Fahrern im Fernverkehr zu ermitteln (personenbezogene Lärmexposition).

Die Fahrer sind an jedem Arbeitstag durchschnittlich zehn Stunden auf Autobahnen und Landstraßen unterwegs. Für diese Tätigkeit wurden mit einem integrierenden Schallpegelmessgerät drei Messungen über jeweils fünf Stunden durchgeführt. Da die Ergebnisse um nicht mehr als 3 dB(A) differieren, werden die Messwerte entsprechend Gleichung (4) gemittelt. Für diese Tätigkeit errechnet sich somit ein äquivalenter Dauerschallpegel L_{pAeq} von 79 dB. Unter Berücksichtigung der täglichen Arbeitszeit von 10 h lässt sich der Tages-Expositionspegel nach Gleichung (5) berechnen:

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \lg \left[\frac{T_m}{T_0} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{pAeq}} \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \lg \left[\frac{10}{8} \cdot 10^{7,9} \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,8h} = \mathbf{80 \text{ dB(A)}}$$

Mit einem Tages-Lärmexpositionspegel von 80 dB(A) wird der untere Auslösewert erreicht und es gilt die Informationspflicht über die Gefahren durch Lärm. Da man nicht ausschließen kann, dass sich Lärmbelastungen von mehr als 80 dB(A) ergeben, sollte man auch Gehör-Vorsorge anbieten.

Beispiel 2:

Es soll geprüft werden, ob an einem Arbeitsplatz ein Lärmbereich vorliegt.

Während der typischen siebenstündigen Arbeitsschicht treten an dem Arbeitsplatz bedingt durch den Fertigungsablauf vier unterschiedliche Lärmbelastungssituationen auf. Für die Berechnung der Lärmexposition bietet es sich an, die Arbeit in vier entsprechende Tätigkeiten (Belastungsphasen) aufzuteilen und die äquivalenten Dauerschallpegel für diese Tätigkeiten separat zu ermitteln. Die gemessenen äquivalenten Dauerschallpegel $L_{pAeq,T,m}$ und die zugehörigen Zeitdauern der Tätigkeiten T_m sind in Abbildung 7 grafisch aufgetragen. Die zahlenmäßigen Ergebnisse sind in Tabelle 9 aufgelistet. Entsprechend den Vorgaben der DIN EN ISO 9612 wurden die hier angegebenen Geräuschemissionen für die einzelnen Phasen jeweils durch mindestens drei Messungen bestimmt.

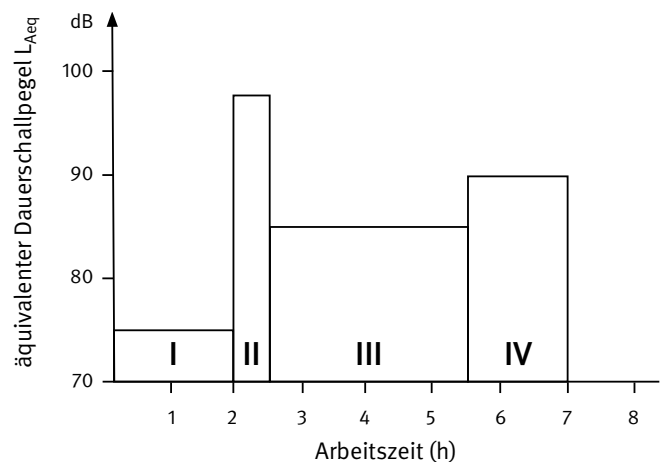


Abb. 7 Grafische Darstellung der Schalldruckpegel und der entsprechenden Zeitdauern innerhalb einer typischen Arbeitsschicht [5].

Die Berechnung des Tages-Lärmexpositionspegels nach der Strategie 1 soll hier anhand der Tabelle 9 erläutert werden, in die die für die einzelnen Tätigkeiten anzusetzenden äquivalenten Schalldruckpegel $L_{pAeq,T,m}$ und die Zeitdauern der Tätigkeiten T_m eingetragen sind (2. und 3. Spalte).

Die in der 4. Spalte angegebene Formelgröße aus der Gleichung (6) beschreibt jeweils den Anteil der einzelnen Tätigkeit an der gesamten Lärmexposition. Diese Information kann bei der Planung von Lärminderungsmaßnahmen

von Interesse sein. So ist daraus beispielsweise abzulesen, dass die Tätigkeit II trotz der kurzen Zeitdauer von nur 30 min den größten Beitrag zum Lärmexpositionspegel liefert. Zu einer erfolgreichen Lärminderung müsste man also zuerst bei dieser Tätigkeit ansetzen.

Entsprechend der unterhalb der Tabelle ausgeführten Berechnung ergibt sich der Tages-Lärmexpositionspegel aus der Addition der Einzelbeiträge (Gleichung (5)) und unter Bezug auf die für den Arbeitstag festgelegte Zeit T_0 von 8 h (480 min).

Tabelle 9: Pegelwerte und Tätigkeitsdauern (Beispiel 2)

Tätigkeit-Nr.	$L_m = L_{pAeq,T,m}$ [dB]	Dauer der Tätigkeit T_m [min]	Formelgröße $T_m \times 10^{0,1 \times L_m}$
I	75	120	$0,4 \times 10^{10}$
II	98	30	$18,9 \times 10^{10}$
III	85	180	$5,7 \times 10^{10}$
IV	90	90	9×10^{10}
		$\sum_{m=1}^M T_m \cdot 10^{0,1 \cdot L_m} =$	34×10^{10}

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T_0} \sum_{m=1}^M T_m \cdot 10^{0,1 \cdot L_m} \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{480} \cdot 34 \cdot 10^{10} \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{EX,8h} = \mathbf{88,5 \text{ dB(A)}}$$

Danach beträgt der ortsbezogene Tages-Lärmexpositionspegel

$$L_{EX,8h} = \mathbf{88,5 \text{ dB(A)}}$$

Da der Auslösewert von 85 dB(A) eindeutig überschritten wird, liegt hier ein Lärmbereich vor.

5.10 Messunsicherheit

5.10.1 Einflussfaktoren

A) Allgemeines

Zu einem vollständigen Messbericht bzw. einem Gutachten zur Lärmexposition gehört auch eine Angabe der Messunsicherheit. Die Messunsicherheit ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn der ermittelte Lärmexpositionspegel in der Nähe eines Auslösewertes liegt und entschieden werden muss, ob dieser unter- oder überschritten wird.

B) Messgerät

Die **Unsicherheit der ermittelten Lärmexposition** hängt vor allem von den **folgenden Einflussfaktoren** ab:

- Messgerät und Kalibrierung
- Mikrofonposition
- Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition

Die Unsicherheit der Schallmessung hängt zunächst einmal von der Qualität bzw. der Genauigkeitsklasse des eingesetzten Schallmessgerätes und des Kalibrators ab. Abhängig von der Genauigkeitsklasse des Schallpegelmessers definieren die entsprechenden Messgerätenormen unterschiedliche zulässige Fehlerabweichungen. Für genaue Messungen empfiehlt sich die Verwendung von Messgeräten, die den Anforderungen der Klasse 1 nach DIN EN 61672-1 [16] entsprechen (siehe Abschnitt 5.6). Schallpegelmesser der Genauigkeitsklasse 2 oder die hinsichtlich akustischer Anforderungen damit vergleichbaren Personenschallexposimeter nach DIN EN 61252 [20] lassen insbesondere bei hochfrequenten Geräuschen größere Abweichungen erwarten.

C) Mikrofonposition

Wie in Abschnitt 5.5 erläutert besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die Lärmexposition durch ortsfeste oder personengebundene Messungen zu erfassen. Bei der ortsfesten Messung können sich dadurch Unsicherheiten ergeben, dass das Mikrofon die übliche Position des Kopfes nicht genau trifft. Außerdem kann es schwierig sein, den Bewegungen des Beschäftigten mit dem Mikrofon in Ohrnähe zu folgen. Bei der personengebundenen Messung (Dosimetermessung) muss man mit Unsicherheiten

durch Schallreflexionen oder Abschattungseffekte durch den Körper des untersuchten Beschäftigten rechnen [21]. Darüber hinaus hängt der Einfluss der Mikrofonposition auch von der Schallfeldsituation (Freifeld oder Diffusfeld), den Abmessungen und der Anzahl der Lärmquellen sowie dem Abstand des Mikrofons zu den Lärmquellen ab.

D) Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition

Die Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition ergibt sich durch die Stichprobenahme (begrenzte Messdauer, Zeitpunkt der Messung). Um diese Unsicherheit zu reduzieren, ist vor allem eine sorgfältige Arbeitsanalyse erforderlich. Bei der Messung ist zu beachten, dass alle relevanten Lärmexpositionen mit ihren zeitlichen Anteilen in die Berechnung eingehen (repräsentativer Arbeitstag) bzw. eine ausreichende Zahl an Stichprobenmesswerten aufgenommen wird. Je nach Messstrategie ist ggf. ein größerer Aufwand für die Arbeitsanalyse oder für die Durchführung der Messungen erforderlich.

5.10.2 Unsicherheit nach DIN EN ISO 9612

A) Allgemeines

Die **DIN EN ISO 9612** beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung der Unsicherheit entsprechend dem Internationalen Leitfadens zur Angabe der Unsicherheit beim Messen („GUM“). Da die Berechnungen relativ aufwändig sind, wurde zusammen mit der Erarbeitung der Messnorm ein Tabellen-Kalkulationsprogramm (Excel-Programm) zur Berechnung des Lärmexpositionspegels und der Unsicherheiten entwickelt, das vom Deutschen Institut für Normung (DIN) im Internet zur Verfügung gestellt wird:

► www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nals/kalkulationsprogramm-zur-din-en-iso-9612-2009-09-unsicherheiten--90316

In die angebotenen Tabellen sind nur die Messwerte, die ermittelten Zeitdauern und die für die eingesetzten Messgeräte anzusetzenden Unsicherheiten einzutragen, um damit die auszuweisende Unsicherheit des ermittelten Lärmexpositionspegels zu berechnen. Zur Unsicherheit bei der Ermittlung des Spitzenschalldruckpegels werden in DIN EN ISO 9612 mangels ausreichender Erfahrungen keine Angaben gemacht.

Die Ermittlung der Unsicherheit nach DIN EN ISO 9612 und die Eingabe in das Kalkulationsprogramm sollen im Folgenden erläutert werden. Dabei sind die Unsicherheiten nach der Tabelle 10 zu unterscheiden.

Tabelle 10: Bei der Unsicherheitsbetrachtung nach DIN EN ISO 9612 zu berücksichtigende Einflussfaktoren

Unsicherheitsquelle/Einflussfaktor		Standardunsicherheit
Messgerät		u_2
Mikrofonposition		u_3
Tätigkeitsbezogene Messung:	Lärmpegel der einzelnen Tätigkeit	u_{1a}
	Dauer der einzelnen Tätigkeit	u_{1b}
Berufsbildbezogene Messung:	Stichprobennahme	u_1

Aus den Standardunsicherheiten (Standardabweichungen) u_i der einzelnen Eingangsgrößen und den zugehörigen Empfindlichkeitskoeffizienten c_i lassen sich die entsprechenden Unsicherheitsbeiträge $c_i \times u_i$ berechnen und in Form einer Unsicherheitsbilanz tabellarisch darstellen.

Anmerkung:

Der Empfindlichkeitskoeffizient c_i ist ein Maß dafür, wie ein geänderter Eingangswert den Wert des zu berechnenden Lärmexpositionspegels beeinflusst. Er errechnet sich durch partielle Ableitung der Funktion zur Bestimmung des Lärmexpositionspegels nach der entsprechenden Eingangsgröße. So ergibt sich beispielsweise bei einer tätigkeitsbezogenen Messung für den Messwert einer sehr leisen Tätigkeit ein niedriger Empfindlichkeitskoeffizient, weil dieser Messwert von geringem Einfluss auf die Unsicherheit des Lärmexpositionspegels ist.

Zur Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit u des Lärmexpositionspegels sind die ermittelten Unsicherheitsbeiträge $c_i \cdot u_i$ nach der folgenden Gleichung zu addieren:

$$u^2 = \sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot u_i^2 \quad (7)$$

mit:

c_i – Empfindlichkeitskoeffizient der einzelnen Eingangsgröße

u_i – Standardunsicherheit der einzelnen Eingangsgröße

Aus der kombinierten Standardunsicherheit u errechnet sich die erweiterte Unsicherheit U durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor k :

$$U = k \cdot u \quad (8)$$

Durch die Addition der erweiterten Unsicherheit U zum Lärmexpositionspegel lässt sich der Vertrauensbereich beschreiben, in dem der Lärmexpositionspegel mit einer bestimmten Aussagewahrscheinlichkeit zu erwarten ist. Die DIN EN ISO 9612 verlangt die Ermittlung und Angabe eines einseitigen Vertrauensbereiches mit einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95 % – entsprechend dem Erweiterungsfaktor $k = 1,65$. Somit ergibt sich die erweiterte Unsicherheit zu:

$$U = 1,65 \cdot u. \quad (9)$$

Das bedeutet, dass der berechnete Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % unter dem Wert $[L_{EX,8h} + U]$ anzunehmen ist.

B) Unsicherheit der Messgeräte

Nach DIN EN ISO 9612 sind für die Messgeräte die Standardunsicherheiten u_2 entsprechend der Tabelle 11 anzusetzen. Diese Standardunsicherheiten basieren auf empirisch ermittelten Werten und gelten für die Bestimmung des äquivalenten Dauerschallpegels L_{pAeq} . Bei der Bestimmung des Spitzenschalldruckpegels $L_{pC,peak}$ muss man mit etwas größeren Unsicherheiten rechnen.

Tabelle 11: Standardunsicherheit u_2 aufgrund der Messgeräte

Typ des Messgerätes	Standardunsicherheit u_2 in dB
Schallpegelmesser nach DIN EN 61672-1 der Klasse 1	0,7
Schallpegelmesser nach DIN EN 61672-1 der Klasse 2	1,5
Personenschallexposimeter nach DIN EN 61252	1,5

C) Unsicherheit aufgrund der Mikrofonposition

Sowohl bei der ortsfesten Messung mit dem Handschallpegelmesser als auch bei der personengebundenen Messung mit dem Lärmdosimeter muss man mit Unsicherheiten aufgrund der nicht idealen Mikrofonposition rechnen (siehe 5.10.1, C). Obwohl diese Unsicherheit genau genommen auch von der Schallfeldsituation (Freifeld oder Diffusfeld), den Abmessungen und der Anzahl der Lärmquellen sowie dem Abstand zu den Lärmquellen abhängt, hat man in DIN EN ISO 9612 festgelegt, die Unsicherheit durch die nicht ideale Mikrofonposition jeweils vereinfachend mit einer Standardunsicherheit u_3 von 1,0 dB anzusetzen.

D) Berechnung der Unsicherheit bei tätigkeitsbezogenen Messungen (Strategie 1)

Zur Ermittlung der Unsicherheit für die Erfassung der längerfristig typischen Belastung bei tätigkeitsbezogenen Messungen (Strategie 1) wird für jede einzelne Tätigkeit m die Standardunsicherheit $u_{1a,m}$ des berechneten Pegels aus der Streuung der Messwerte (mindestens 3) mit der folgenden Formel berechnet:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{l(l-1)} \left[\sum_{i=1}^l (L_{pAeq,T,mi} - \bar{L}_{pAeq,T,m})^2 \right]} \quad (10)$$

mit:

$L_{pAeq,T,mi}$ – einzelner Messwert L_{pAeq} für eine Tätigkeit

$\bar{L}_{pAeq,T,m}$ – arithmetischer Mittelwert aus l gemessenen äquivalenten Dauerschallpegeln L_{pAeq}

l – Gesamtzahl der tätigkeitsbezogenen Schallpegelmessungen (Stichproben)

Die Standardunsicherheit $u_{1b,m}$ für die Ermittlung der Zeitdauer der Tätigkeit m darf abgeschätzt oder aus den Ergebnissen mehrerer Zeitmessungen nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{mj} - \bar{T}_m)^2 \right]} \quad (11)$$

mit:

- T_{mj} – Ergebnis der einzelnen Zeitmessung bzw. Befragung zur Zeitdauer einer Tätigkeit
- \bar{T}_m – arithmetischer Mittelwert aus J Zeitmessungen bzw. Befragungen für eine Tätigkeit
- J – Gesamtzahl der ermittelten Zeitdauern

Unter Berücksichtigung der Standardunsicherheit für die Messgeräte u_2 (siehe Tabelle 11) und der Standardunsicherheit aufgrund der Mikrofonposition u_3 ($u_3 = 1,0$ dB) lässt sich dann die kombinierte Standardunsicherheit u entsprechend Gleichung (7) und schließlich die erweiterte Unsicherheit $U = 1,65 \cdot u$ berechnen.

Da die Berechnungen für die einzelnen Tätigkeiten, die zugehörigen Empfindlichkeitskoeffizienten und die anschließende Summation mit hohem rechnerischem Aufwand verbunden sind, empfiehlt es sich, das bereits im Abschnitt 5.10.2 A) angesprochene Tabellen-Kalkulationsprogramm zu nutzen.

E) Berechnung der Unsicherheit bei berufsbildbezogenen Messungen und Ganztags-Messungen (Strategien 2 und 3)

Bei berufsbildbezogenen Messungen (Strategie 2) und bei Ganztags-Messungen (Strategie 3) ist die Unsicherheit jeweils nach demselben Verfahren zu berechnen. Genommen sind die bei Ganztags-Messungen für einzelne Tage erfassten Mittelungspegel L_{pAeq} ja ebenfalls Stichprobenmesswerte wie die Messwerte $L_{pAeq,T,n}$ bei berufsbildbezogenen Messungen.

Der Unsicherheitsbeitrag $c_1 \cdot u_1$ durch die Stichprobennahme lässt sich in Abhängigkeit von der Standardunsicherheit u_1 der einzelnen Stichprobenmesswerte $L_{pAeq,T,n}$ und der Anzahl der Messwerte N aus einer in DIN EN ISO 9612 gegebenen Wertetabelle ermitteln (Tabelle C.4 der Norm DIN EN ISO 9612). Anschließend kann man die kombinierte Standardunsicherheit u unter Einbeziehung der Unsicherheitsbeiträge durch die Messgeräte u_2 (siehe Tabelle 11)

und der Mikrofonposition u_3 ($u_3 = 1,0$ dB) mit der folgenden Gleichung berechnen:

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (12)$$

$$(c_2 = c_3 = 1)$$

Die erweiterte Unsicherheit U ergibt sich entsprechend Gleichung (9) zu:

$$U = 1,65 \cdot u \quad (13)$$

Um sich diese Berechnungen zu erleichtern, empfiehlt sich auch hier die Anwendung des dafür entwickelten Tabellen-Kalkulationsprogramms (siehe Abschnitt 5.10.2 A).

5.11 Vergleich mit Auslösewerten

5.11.1 Allgemeines

In vielen Fällen mag es ausreichen, als Ergebnis nur den Lärmexpositionspegel zusammen mit der Unsicherheit bzw. der Genauigkeitsklasse anzugeben. Bei verschiedenen Aufgaben kann jedoch die Entscheidung gefragt sein, ob ein bestimmter Pegel unter- oder überschritten wird. Nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (§4 (1)) müssen die Messverfahren und -geräte geeignet sein, um die jeweiligen Messgrößen zu bestimmen und um zu entscheiden, ob die festgesetzten Auslösewerte eingehalten werden.

Da sich die frühere Praxis des Grenzwertvergleiches nach DIN 45645-2 (Juli 1997) [11] durchaus bewährt hat und danach mit entsprechendem Messaufwand, d. h. bei Messungen nach der Klasse 1, immer eindeutige Entscheidungen möglich sind, wurde in der ersten Fassung dieses Lärm-schutz-Arbeitsblattes (Oktober 2007) das in den folgenden Abschnitten beschriebene Verfahren vorgeschlagen (siehe [18]). Dieses Verfahren wurde dann von den TRLV Lärm übernommen. Die nach DIN EN ISO 9612 gewonnenen Ergebnisse werden danach in Abhängigkeit von der ermittelten Messunsicherheit in drei Genauigkeitsklassen unterteilt. Für den Vergleich mit Auslösewerten werden diesen Genauigkeitsklassen feste Unsicherheiten ΔL von 0 dB, 3 dB und 6 dB zugeordnet (Konvention). Da für die TRLV

Lärm außerdem ein vereinfachtes Verfahren gewünscht wurde, wurde ein zusätzliches Verfahren eingeführt.

5.11.2 Genauigkeitsklassen in Abhängigkeit von der kombinierten Standardunsicherheit

Nach der DIN EN ISO 9612 wird die entsprechende Messung als ein Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieur-Verfahren) verstanden. Tatsächlich können sich aber deutlich unterschiedliche Messunsicherheiten ergeben, und zwar abhängig von der gegebenen Geräuschsituation bzw. der Streuung der Stichprobenmesswerte, dem Stichprobenumfang und dem eingesetzten Schallmessgerät (Klasse 1 oder 2). So lassen sich z. B. kombinierte Standardunsicherheiten u von ca. 1,5 bis 6 dB errechnen.

In den TRLV Lärm wird zwischen drei Genauigkeitsklassen unterschieden, die sich in Abhängigkeit von der nach DIN EN ISO 9612 berechneten kombinierten Standardunsicherheit u aus der Tabelle 12 ergeben.

Tabelle 12: Unterscheidung von Genauigkeitsklassen in Abhängigkeit von der nach DIN EN ISO 9612 ermittelten kombinierten Standardunsicherheit u [4]

Genauigkeitsklasse	1	2	3
Kombinierte Standardunsicherheit u (nach DIN EN ISO 9612)	≤ 2 dB	≤ 4 dB	≤ 6 dB

5.11.3 Genauigkeitsklassen nach vereinfachtem Verfahren

Bei der Durchführung von tätigkeitsbezogenen Messungen (Strategie 1) kann alternativ ein vereinfachtes Verfahren für die Ermittlung der Genauigkeitsklasse angewandt werden, das nur zwei Einflussfaktoren berücksichtigt:

- Klasse des Messgerätes,
- Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Lärmexposition.

Die Zuordnung der Genauigkeitsklasse erfolgt, indem die beiden in Tabelle 13 eingetragenen Einflussfaktoren zunächst für sich betrachtet einer Genauigkeitsklasse zugeordnet werden. Die dabei festgestellte Klasse mit der

größeren Unsicherheit bestimmt schließlich die Genauigkeitsklasse des Lärmexpositionspegels.

Tabelle 13: Festlegung der Genauigkeitsklasse in Abhängigkeit von der Klasse des Messgeräts und der geschätzten Unsicherheit (vereinfachtes Verfahren)

Genauigkeitsklasse	1	2	3
Messgerät (s. Abschnitt 4)	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

Die Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen (repräsentativen) Lärmexposition ist dabei aufgrund der Arbeitsplatzsituation und der betrieblichen Messerfahrung in den drei Stufen $\leq 1,5$ dB, ≤ 3 dB und ≤ 6 dB abzuschätzen.

Bei dieser Abschätzung ist zu berücksichtigen, dass neben den ermittelten Lärmbelastungswerten gegebenenfalls auch die für die einzelnen Tätigkeiten angenommenen Teilzeiten Einfluss auf das Ergebnis haben.

Anmerkung:

Es sei darauf hingewiesen, dass dieses vereinfachte Verfahren nur auf Ergebnisse nach der Strategie 1 anzuwenden ist, weil sich dabei die Unsicherheit der längerfristig typischen Lärmexposition auf der Grundlage der durchgeführten Arbeitsanalyse abschätzen lässt. Bei der Durchführung von Stichprobenmessungen nach Strategie 2 bzw. 3 geht man dagegen ohne Vorwissen an die Messung heran und kann die Unsicherheit der längerfristig typischen Lärmexposition bzw. die Qualität der Stichprobenahme erst durch die spätere statistische Auswertung beurteilen.

5.11.4 Vergleich des Lärmexpositionspegels mit Auslösewerten

Für die Entscheidung, ob einer der Auslösewerte unter- oder überschritten wird, werden den Genauigkeitsklassen 1 bis 3 in den TRLV Lärm die Unsicherheiten ΔL von 0 dB, 3 dB bzw. 6 dB zugeordnet (Konvention, vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14: Beim Vergleich mit Auslösewerten zu berücksichtigende Unsicherheiten

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

Beim Vergleich des ermittelten Lärmexpositionspegels $L_{EX,8h}$ mit den Auslösewerten ist jeweils zu prüfen, ob der Auslösewert unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Pegelbereiches $L_{EX,8h} \pm \Delta L$, d. h.

$$(L_{EX,8h} - \Delta L) \quad \text{bis} \quad (L_{EX,8h} + \Delta L)$$

liegt. Falls der Auslösewert unterhalb oder oberhalb dieses Pegelbereiches liegt, kann man feststellen, dass der Wert eindeutig über- oder unterschritten ist. Liegt der Auslösewert innerhalb dieses Pegelbereiches, ist keine eindeutige Entscheidung möglich.

Falls unter Berücksichtigung der Unsicherheit keine eindeutige Entscheidung möglich ist, ist nach TRLV Lärm von einer Überschreitung des Auslösewertes auszugehen. Man kann aber auch zusätzliche Erhebungen anstellen, um das Ergebnis besser abzusichern und damit ggf. eine höhere Genauigkeitsklasse zu erreichen. Wenn sich damit die Genauigkeitsklasse 1 erreichen lässt, gilt per Konvention eine Unsicherheit ΔL von 0 dB, so dass damit in jedem Fall eine eindeutige Entscheidung möglich ist.

Beispiel zum Vergleich mit Auslösewerten:**Gegeben:**

Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h} = 84 \text{ dB(A)}$,

Genauigkeitsklasse 2,

Auslösewerte $L_{a1} = 80 \text{ dB(A)}$ bzw. $L_{a2} = 85 \text{ dB(A)}$

Lösung:

Für die Genauigkeitsklasse 2 ist die Unsicherheit mit 3 dB(A) festgelegt (Konvention). Damit gilt:

$$L_{EX,8h} = (84 \pm 3) \text{ dB(A)}$$

entsprechend einem Pegelbereich von:

$$81 \text{ dB(A)} \leq L_{EX,8h} \leq 87 \text{ dB(A)}$$

Zur Veranschaulichung des Vergleichs mit den Auslösewerten zeigt Abbildung 8 eine graphische Darstellung des Messergebnisses im Vergleich zu den Auslösewerten.

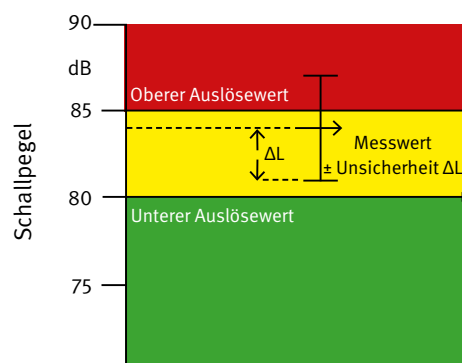


Abb. 8: Darstellung des ermittelten Lärmexpositionspegels $L_{EX,8h} = 84 \text{ dB(A)}$ einschließlich Unsicherheit ΔL im Vergleich zu den Auslösewerten [5]

Der Auslösewert L_{a1} von 80 dB(A) liegt eindeutig unter dem markierten Pegelbereich und wird deshalb überschritten. Da der Auslösewert $L_{a2} = 85 \text{ dB(A)}$ innerhalb des gegebenen Pegelbereiches $L_{EX,8h} \pm \Delta L$ liegt, ist keine eindeutige Entscheidung über die Einhaltung dieses Grenzwertes möglich. Nach der TRLV Lärm ist eine Überschreitung des Auslösewertes L_{a2} von 85 dB(A) anzunehmen.

Lässt sich der ermittelte Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ von 84 dB(A) durch zusätzliche Messungen besser absichern und der Genauigkeitsklasse 1 zuordnen, gilt als Unsicherheit für den Grenzwertvergleich ein ΔL von 0 dB(A):

$$L_{EX,8h} = (84 \pm 0) \text{ dB(A)}$$

$$84 \text{ dB(A)} < L_{a2}$$

Damit würde der Auslösewert L_{a2} von 85 dB(A) unterschritten.

6 Messbericht

Nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung sind die gewonnenen Ergebnisse in geeigneter Form zu dokumentieren und mindestens 30 Jahre aufzubewahren.

Falls häufig gleichartige Geräuschmissionsmessungen mit gleicher Messausrüstung durchgeführt werden, kann es zweckmäßig sein, für den Messbericht spezielle Formulare vorzubereiten. Das erleichtert die Erfassung und Auswertung der Messergebnisse und stellt außerdem sicher, dass keine wichtigen Angaben vergessen werden (Checkliste). Als Hilfe zur Durchführung entsprechender Geräuschmessungen und zur Dokumentation der Ergebnisse sei auf das Taschenbuch „Lärmmessung im Betrieb“ [5] verwiesen, das dazu geeignete Formblätter anbietet.

Die TRLV Lärm machen die Vorgabe, dass die Ergebnisse für den Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ und den Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ bei Messungen nach der Genauigkeitsklasse 1 jeweils mit einer Stelle nach dem Komma anzugeben sind. Falls nur die Genauigkeitsklasse 2 oder 3 erreicht wird, sind die Ergebnisse auf volle dB zu runden. Bezüglich Messbericht wird auf die entsprechenden Angaben nach DIN EN ISO 9612 verwiesen:

(1) Allgemeine Angaben

- Betrieb
- Datum der Messung (Messtage)
- beteiligte Personen

(2) Zweck/Zielsetzung der Messung

- z. B. Ermittlung von Lärmbereichen
- z. B. gutachterliche Stellungnahme in einem Lärmschwerhörigkeitsfall

(3) Verwendete Messgeräte

- Art des Schallmessgerätes
- Datum der letzten Prüfung

(4) Arbeitsanalyse/Beschreibung des Arbeitsplatzes

- Abteilung, Halle bzw. Raum, Art der Tätigkeit, Berufsbezeichnung
- längerfristig typische/repräsentative Geräuschbelastung (Geräuschquellen, Betriebszustände, Arbeitsabläufe)
- ggf. bei der Beurteilung ausgeschlossene Geräusche (untypische Geräusche, Anschlagimpulse am Mikrofon)

- Beschreibung der Geräuschmission (Geräuschcharakter, Pegelschwankung, Fremdgeräusch)
- Beschreibung der räumlichen/raumakustischen Verhältnisse (Raumabmessungen, Reflexionsflächen, Skizze des Arbeitsplatzes im Grundriss)
- Dauer der Arbeitsschicht, offizieller Arbeitspausen und ggf. einzelner Tätigkeiten

(5) Durchgeführte Messungen und Messergebnisse

- Messnorm/gewählte Messstrategie
- ortsfeste oder personengebundene Messung
- genaue Position des Mikrofons
- ggf. festzustellende Abweichungen von der üblichen Arbeitssituation
- Messwerte $L_{pAeq,T}$ und $L_{pC,peak}$ für einzelne Tätigkeiten oder Stichprobenmesswerte
- Messtag(e), Zeitpunkte und Dauer der Messungen

(6) Endergebnisse

- Lärmexpositionspegel für den repräsentativen Arbeitstag ($L_{EX,8h}$) bzw. für die Arbeitswoche ($L_{EX,40h}$)
- ggf. höchster Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$
- Unsicherheit bzw. Genauigkeitsklasse der Ergebnisse

(7) Beurteilung, ggf. Vergleich mit Auslösewerten, Schlussfolgerungen

7 Literatur

- [1] **Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV).** Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 5 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist.
- [2] **Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG).** Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
- [3] **Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – TRLV, Teil Lärm.** GMBI Nr. 18-20 vom 23. März 2010. Neufassung: GMBI Nr. 34-35 vom 05. September 2017.
- [4] **DIN EN ISO 9612:2009-09,** Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren) (ISO 9612:2009); Deutsche Fassung EN ISO 9612:2009.
- [5] **Maue, J. H.:** Lärmmessung im Betrieb: Anleitung zur normgerechten Ermittlung der Lärmexposition am Arbeitsplatz und der Geräuschemission von Maschinen. 2011, Berlin: Erich Schmidt.
- [6] **VDI 2058 Blatt 3:2014-08,** Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten.
- [7] **Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 01-305:** Geräuscheminderung im Betrieb – Lärmreduzierungsprogramm, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV): Berlin. 2019.
- [8] **DGUV Regel 112-194:** Benutzung von Gehörschutz. Januar 2015.
- [9] **Richtlinie 2003/10/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm)** (17. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG).
- [10] **ISO 1999:2013-10,** Akustik – Bestimmung des lärmbedingten Hörverlusts.
- [11] **DIN 45645-2:1997-07,** Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 2: Geräuschemissionen am Arbeitsplatz.
- [12] **DIN 45645-2:2012-09,** Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 2: Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung.
- [13] **Technische Regeln für Arbeitsstätten – ASR A3.7 „Lärm“.** GMBI Nr.24 vom 18. Mai 2018.
- [14] **VDI 2058 Blatt 2:1988-06,** Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung (Entwurfassung Februar 2017 verfügbar).
- [15] **Maue, J. H.:** 0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel: Einführung in die Grundbegriffe und die quantitative Erfassung des Lärms. 9. aktualisierte und erweiterte Aufl. 2009, Berlin: Erich Schmidt.
- [16] **DIN EN 61672-1:2014-06,** Elektroakustik – Schallpegelmessung – Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2013); Deutsche Fassung EN 61672-1:2013.
- [17] **DIN 45657:2014-07,** Schallpegelmessung – Zusatzanforderungen für besondere Messaufgaben.
- [18] **Maue, J. H.:** Application of measurement uncertainties for comparing measuring results with the action values of European Directive 2003/10/EC. in AIA-DAGA – 39. Deutsche Jahrestagung für Akustik. 2013, Merano/Meran.
- [19] **VDI 3766:2012-09,** Ultraschall – Arbeitsplatz – Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung.
- [20] **DIN EN 61252:2018-01,** Elektroakustik – Anforderungen an Personenschallexposimeter (IEC 61252:1993 + AMD1:2000 + AMD2:2017); Deutsche Fassung EN 61252:1995 + A1:2001 + A2:2017.
- [21] **Maue, J. H.:** Ermittlung der Lärmexposition mit Hilfe von Schalldosimetern, IFA-Handbuch: Berlin. 2006. ▶ https://www.ifa-handbuchdigital.de/IFA-HB_210215.
- [22] **DIN EN IEC 60942:2018-07,** Elektroakustik – Schallkalibratoren (IEC 60942:2017); Deutsche Fassung EN IEC 60942:2018.
- [23] **Maue, J. H.:** Die Bedeutung des Spitzenschalldruckpegels für die Beurteilung industrieller Arbeitsplätze. Sicherheits-Ingenieur Nr. 8 (2009), S. 52-55.
- [24] **Liedtke, M.:** Akute Gehörschäden durch extrem hohe Schalldruckpegel. HNO 58 Nr. 2 (2010), S. 106-109.
- [25] **DIN 45641:1990-06,** Mittelung von Schallpegeln.



▶ www.dguv.de, Webcode d4785



▶ <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nals/kalkulationsprogramm-zur-din-en-iso-9612-2009-09-unsicherheiten--90316>



▶ www.dguv.de, Webcode d3290



▶ www.dguv.de/ifa, Webcode d10635



▶ https://www.ifa-handbuchdigital.de/IFA-HB_210215

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

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de