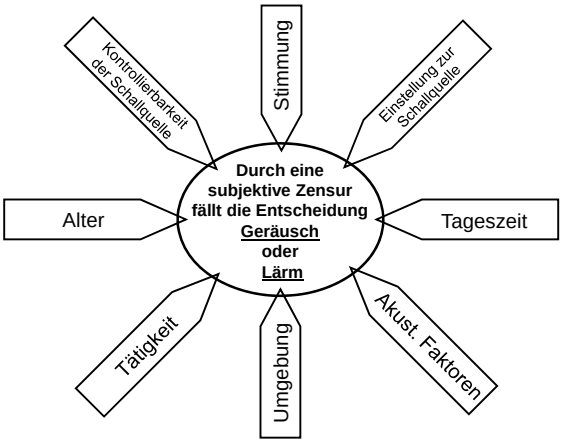
Lärm am Arbeitsplatz

Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung

Dr. Sibylle Hildenbrand



Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung) 06.03.2007

§ 2 Begriffsbestimmungen

(1) Lärm im Sinne dieser Verordnung ist jeder Schall, der zu einer Beeinträchtigung des Hörvermögens oder zu einer sonstigen mittelbaren oder unmittelbaren Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten führen kann.

Das Prinzip der Schallerzeugung

- Schwingender fester / flüssiger Körper
  ⟶ verdichtet bzw. verdünnt periodisch die angrenzende Luftschicht
- Schwingungen der Luftteilchen um ihre Ruhelage
  ⟶ periodische Luftdruckschwankungen
- Dominoeffekt
  ⟶ Übertragung der Luftdruckschwankungen an immer weiter entfernte Luftschichten
- Luftdruckschwankungen
  ⟶ regen Schwingungen des Trommelfells an

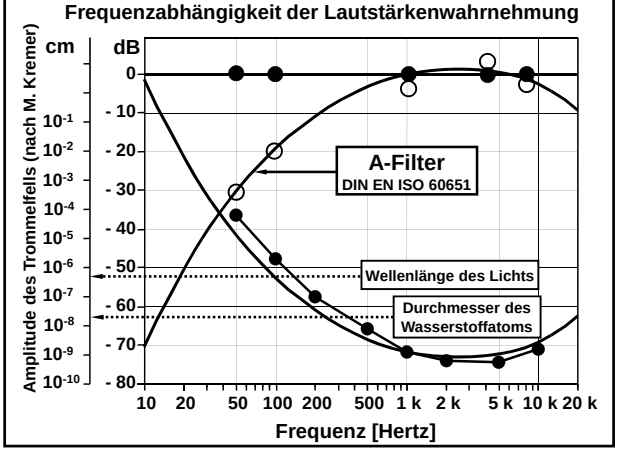
Definitionen des Schalls

Schallgeschwindigkeit in Luft	343 m/s oder 1235 km/h
Schallwellenlänge	räumlicher Abstand der Luftdruckverdichtungen ca. 20 Meter für den tiefsten hörbaren Ton, ca. 2 cm für den höchsten hörbaren Ton
Frequenz	Anzahl der Luftdruckschwankungen pro Sekunde, Messung in Einheit „Hertz“
Tonhöhe	frequenzabhängig
Hörbares Frequenzspektrum	20 bis 20 000 Hertz

Die Dezibel Skala

Schmerzgrenze	Dekade	Dezibel
1 Watt/m²	12	**120**
0,1 Watt/m²	11	**110**
0,01 Watt/m²	10	**100**
0,001 Watt/m²	9	**90**
0,000 1 Watt/m²	8	**80**
0,000 01 Watt/m²	7	**70**
0,000 001 Watt/m²	6	**60**
0,000 000 1 Watt/m²	5	**50**
0,000 000 01 Watt/m²	4	**40**
0,000 000 001 Watt/m²	3	**30**
0,000 000 000 1 Watt/m²	2	**20**
0,000 000 000 01 Watt/m²	1	**10**
0,000 000 000 001 Watt/m²	0	**0**
Unterste Hörgrenze	= Bel	= 10 x Bel

Frequenzabhängigkeit der Lautstärkenwahrnehmung



Einige typische Schallpegel

Düsentriebwerk (in 30 m Entfernung)	130 dB(A)
Schmerzschwelle	**120 dB(A)**
Presslufthammer	100 - 105 dB(A)
Hauptverkehrsstraße (Straßenrand)	75 dB(A)
normale Unterhaltung	60 - 65 dB(A)
Leise Radiomusik	30 - 40 dB(A)
Klimaanlage	40 dB(A)
Flüstersprache	30 dB(A)
mech. Wecker (1 m Abstand)	20 dB(A)
Tonstudio	10 dB(A)
Hörschwelle	**0 dB(A)**

Aurale Wirkungen

Auswirkungen auf das Hörorgan,
z. B. lärmbedingte Schädigung des Innenohres

Extra-aurale Wirkungen

Auswirkungen auf den Gesamtorganismus, psychophysiologische Beeinflussung von Organen und Organsystemen

Aurale Wirkungen von Lärm

Kurzfristige aurale Lärmauswirkungen –
akute mechanische Hörschäden (Knalltraumen):

- ⟶ Trommelfellruptur
- ⟶ Schädigung des Schallleitungsapparates
- ⟶ Schädigung der Haarzellen des Innenohres

Langzeitexposition gegenüber hohen Schallintensitäten:

- ⟶ Erschöpfung der Enzymsysteme, Verlust der Kontraktilität der Haarzellen
- ⟶ Lärmschwerhörigkeit
- ⟶ Tinnitus

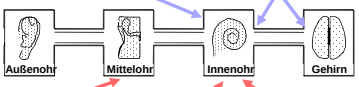
Lokalisation von auralen Lärmschäden

Starker, allgemeiner Lärm



Die Haarzellen des Innenohres werden geschädigt und sterben langsam ab.

Ein lärmschwerhöriges Hörsystem erzeugt häufig die sehr lästigen Ohrgeräusche (= Tinnitus).

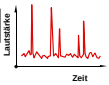


Zerreißen des Trommelfells sowie Zerstörungen am System des Schall-Leitungsapparates (=Hammer, Amboss, Steigbügel).

Haarzellen werden geschädigt oder sterben ab.

Ohrgeräusche treten oft auf und sind dauerhaft.

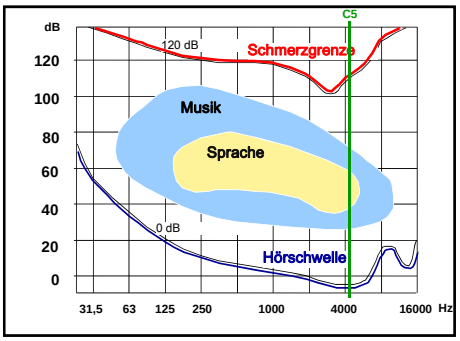
Lärmspitzen (Explosionen)



Stadien der Innenohrschädigung

- **Hörermüdung (der äußeren Haarzellen):**
  - **Kompensation nach 16 Stunden Lärmpause**
  - **vorübergehende Hörschwellenabwanderung:**
    Laute Geräusche bewirken temporäre Hypakusis =
    TTS = temporary threshold shift
  - **spätestens nach 24 Stunden voll reversibel**
- **Hörerschöpfung:**
  - **Hypakusis auch noch nach 14 Stunden Lärmpause**
  - **Besserung innerhalb eines Jahres möglich**
- **Bleibende Hörschwellenabwanderung:**
  - **PTS = permanent threshold shift**
  - **irreversible (äußere) Haarzellschädigung auf Dauer durch Stoffwechselerschöpfung**
  - **Schädigung schreitet ohne Lärm nicht fort**

Hörflächendiagramm



Lärmschwerhörigkeit BK 2301

- **Spätfolge nach jahrelanger Lärmexposition > 85 dB (A) in Form von Dauer- oder Impulslärm**
- **Folge hoher kurzer (< 10 msec) Spitzenschalldruck-pegel > 137 dB (C)**
- **Ausfallerscheinungen beginnen bei hohen Frequenzen (4000 Hz = C_5-Senke, eigentlich: C‘‘‘‘ = 4096 Hz)**
- **Verdacht auf anzeigepflichtige Lärmschwerhörigkeit begründet bei jahrelanger Lärmbelastung oder bei kurzzeitig hohen intensiven Lärmbelastungen und messbarer Hörfunktionsstörung im Sinne einer Innenohrschwerhörigkeit**
- **Kein „Grenzwert“ für die BK-Anzeige!**
- **Weitere HNO-ärztliche Untersuchungen im Rahmen der BK-Anzeigen-Begutachtung erforderlich**

Wann bekommt man eine Rente von der gesetzlichen Unfallversicherung?

Von der gesetzlichen Unfallversicherung ausschließlich nur

- wenn **anerkannte Berufskrankheit** oder wenn **Arbeitsunfall oder Wegeunfall** vorliegt und daraus eine Minderung der Erwerbsfähigkeit resultiert
- Voraussetzung für Rente: **Minderung der Erwerbsfähigkeit** (**MdE**) ist **mindestens 20 %**
- Es wird zugrunde gelegt „Wie sehr ist infolge der BK (Arbeits/Wegeunfall) die Erwerbsmöglichkeit auf dem **allgemeinen Arbeitsmarkt** eingeschränkt?

  → Körperliches und geistiges Leistungsvermögen
  → Grad der Minderung der Erwerbsfähigkeit (**MdE**) = %

Extraaurale Lärmauswirkungen Psycho-soziale Wirkungen

- mögliche direkte Folgen der Lärmwirkung:
  - Konzentrationsbeeinträchtigung
  - Anspannung
  - Nervosität
  - Verärgerung, Reizbarkeit/Aggressivität
- langfristige Folgen durch Lärmschwerhörigkeit:
  - Resignation
  - Soziale Isolation
  - Verringerung der Lebensqualität

Extraaurale Lärmauswirkungen Physiologische und vegetative Reaktionen

- Vermehrte Ausschüttung der Stresshormone Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol
- Verengung (Vasokonstriktion) insbesondere der peripheren Blutgefäße
- Anspannung der Muskulatur, Erhöhung des Muskeltonus
- Veränderung der Herzschlagfrequenz,Steigerung des Blutdrucks, mit Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- Reduzierung der Magen- und Darmaktivität, vermehrte Ausschüttung von Magensaft
- Mydriasis, schlechte Tiefensehschärfe und räumliches Sehen, Gesichtsfeldeinengung
- Verzögerte Signalverarbeitung im Gehirn, Schlafstörungen

Leistungsminderungen und/oder erhöhte Unfallgefahr durch Lärm

- Herabsetzung der Aufmerksamkeit und Konzentration
- Beeinträchtigungen der Kommunikation bis hin zu Fehlentscheidungen aufgrund von Missverständnissen
- Erhöhte Fehlerquote
- Verlangsamung von Denkprozessen
- Veränderung des eigenen Leistungsanspruchs und der Erhöhung der Risikobereitschaft bei Entscheidungen
- Verminderung des Handgeschicks
- Verminderung der Reaktionsleistung

Auswirkungen von Lärm

Psychisch	Physisch
• Anspannung • Ärger • Nervosität • Resignation	• Erhöhter Lärmstress • Verengung von Blutgefäßen • Verringerung der Magen-Darm-Bewegungen

Einflussfaktoren

Messbare Faktoren	Schwer messbare Faktoren
• Schalldruckpegel • Zeitverlauf • Frequenzen • Dauer der Lärmbelastung • Beurteilungspegel	• Lärmempfindlichkeit • Gesundheitszustand • Zwangsaufmerksamkeit • Zeitdruck • Schichtarbeit

Lärmschutz am Arbeitsplatz

Gesetzlicher Rahmen

- **EU-Richtlinien zum Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Lärm am Arbeitsplatz und über Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit**
- **EU-Richtlinie zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Maschinen**
- **Arbeitsstättenverordnung**
- **Arbeitsplatzlärmschutzrichtlinie des BMAS über Maßnahmen zur Lärmminderung am Arbeitsplatz**
- **Betriebsverfassungsgesetz (§ 81): Informationspflicht des Arbeitgebers gegenüber den Arbeitnehmern**

Konkretisierung:
Umsetzung der EG-Richtlinie 2003/10/EG in nationales Recht durch Lärm-Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung

Beurteilungspegel

- In der Praxis findet man häufig einen **zeitlich schwankenden Schallpegel** vor.
- Um ein einheitliches Maß für die **physiologische Geräuscheinwirkung** zu bekommen, wird aus den Messwerten unter Berücksichtigung von Geräuschart und Einwirkungsdauer ein **zeitlicher Mittelwert** errechnet.
- **Der auf die Dauer von acht Stunden bezogene Schallpegelmittelwert** wird **Beurteilungspegel** genannt.
- **Er kennzeichnet die mittlere Lärmeinwirkung während der Arbeitsschicht.**

Grenzwerte für den auralen Lärmschutz

LärmVibrationsArbSchV – Teil „Lärm“	Tages-Lärm-expositionspegel $L_{EX,8h}$	Spitzenschall-druckpegel $L_{pC,peak}$
unterere Auslösewerte (§ 6 Nr. 2) (ohne dämmende Wirkung Gehörschutz)	80 dB(A)	135 dB(C)
obere Auslösewerte (§ 6 Nr. 1) (ohne dämmende Wirkung Gehörschutz)	85 dB(A)	137 dB(C)

(§ 8 Nr.2) Der persönliche Gehörschutz ist vom Arbeitgeber so auszuwählen, dass durch seine Anwendung die Gefährdung des Gehörs beseitigt oder auf ein Minimum verringert wird. Dabei muss unter Einbeziehung der dämmenden Wirkung des Gehörschutzes sichergestellt werden, dass der auf das Gehör des Beschäftigten einwirkende Lärm die maximal zulässigen Expositionswerte $L_{EX,8h}$ = 85 dB(A) beziehungsweise $L_{pC,peak}$ = 137 dB(C) nicht überschreitet.

Hierarchie von Lärmschutzmaßnahmen – Prävention nach dem Arbeitsschutzgesetz

S T O P

- Substitution
- Technische Lärmschutzmaßnahmen
- Organisatorische Lärmschutzmaßnahmen
- Persönlicher Gehörschutz

Lärmgrenzwerte sind Aktionswerte

Erforderliche Maßnahmen bei Überschreitung von 80 dB (A)

- Ermittlung der Lärmexposition und der betroffenen Beschäftigten
- Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten
- Neubeschaffung lärmgeminderter Arbeitsmittel (Substitution)
- Wahl lärmarmer Arbeitsverfahren
- Raumakustische Lärmminderungsmaßnahmen
- Gehörschutz zur Verfügung stellen
- Erkennbarkeit von Warnsignalen prüfen
- Angebot der Betriebsärztlichen Vorsorge

Zusätzliche Maßnahmen bei Überschreitung von 85 dB (A)

- Kennzeichnung und Abgrenzung von Lärmbereichen
- Lärmminderungsprogramm aufstellen
- Pflicht der Betriebsärztlichen Vorsorge, Vorsorgekartei
- Trageverpflichtung (!) für Gehörschutz

Verdoppelung der Schallintensität

Für den Schallpegel gilt folgende Definitionsgleichung:

$$\text{Dezibel} = 10 \log \left(\frac{\text{aktuelle Schallintensität}}{\text{Schallintensität an der Hörschwelle}} \right) = \text{dB}$$

Für eine Verdoppelung der Schallintensität erhält man nach den logarithmischen Rechenregel:

$$10 \log \left(\frac{(\text{aktuelle Schallintensität}) \times 2}{\text{Schallintensität an der Hörschwelle}} \right)$$

Doppelter Schallpegel = aktueller Schallpegel + 10 log(2)
= aktueller Schallpegel + 10 x 0,301
= **aktueller Schallpegel + 3 dB**

log (A x B/C)
= log (A/C) + log B
= log A + log B/C)

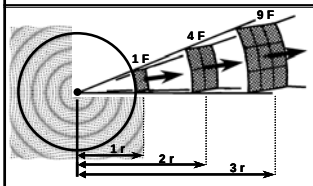
Wichtige Erkenntnis:
Eine Erhöhung des aktuellen Schallintensitätspegels um 3 dB bedeutet eine Verdoppelung der auf das Ohr auftreffenden Schallintensität





= 93 dB !

Abhängigkeit des Schallpegels von der Entfernung zur Schallquelle



Die Schallfront einer annähernd punktförmigen Schallquelle ist kugelförmig. Die Kugeloberfläche nimmt mit zunehmender Entfernung zu und verteilt die Schallintensität auf eine immer größer werdende Fläche.

Daraus ergeben sich folgende Gesetzmäßigkeiten:

Im freien Schallfeld nimmt die Schallintensität proportional zum Quadrat des Abstands ab.

Der Schallpegel fällt je Abstandsverdopplung um 6 dB ab

Lästigkeitsskala

Basis: Gleichmäßiges Grundgeräusch

Zunehmende Lästigkeitsstufen

- **tieftonhaltiges Geräusch**
- **hochtonhaltiges Geräusch**
- **informationshaltiges Geräusch**
- **regelmäßige Impulse**
- **unregelmäßige Impulse**
- **unerwartete, laute Geräusche oder Knalle mit Schreckwirkung**

3 dB Lästigkeitszuschlag zum Beurteilungspegel!

Besonderheiten des Impulslärms

- Wegen der Kürze der Schallpegel (z.B. Knalle) werden diese in ihrer tatsächlichen Lautstärke subjektiv unterschätzt.
- In der Freizeit wird die Gefährdung für das Hörvermögen meist nicht beachtet, da das positive Erlebnis überwiegt:
  - Kinder mit Knackfröschen und Spielzeugwaffen
  - Jugendliche und Erwachsene mit Feuerwerkskörpern aber auch laute Bassrhythmen
  - Jäger und Schützen mit Pistolen und Gewehren
- **Impulsschall ist gesundheitsgefährdender als Dauerschall**

Danke.

Kontakt: Dr. Sibylle Hildenbrand

Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung

Wilhelmstr. 27, 72074 Tübingen
Telefon: +49 7071 29-87090
sibylle.hildenbrand@med.uni-tuebingen.de