

Auswahl eines persönlichen Gehörschutzes

Gwenolé NEXER
g.nexer@hearingprotech.com

Oktober 2011

Deutsche Version mit
landesspezifischen
Besonderheiten ergänzt.

Einen persönlichen Gehörschutz auszuwählen und einzuführen setzt heutzutage Kenntnisse über zahlreiche Parameter wie die Gesetzgebung, Arbeitsbedingungen der Beschäftigten, Lärmpegel, die unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Gehörschützer und ihre Besonderheiten voraus.

Diese Studie soll die nötigen Informationen geben, um den bestmöglichen Gehörschutz, der auch getragen wird, auszuwählen.

Des Weiteren wird auf die Dämmwerte, die von den Gehörschutzherstellern angegeben werden und die nicht den Werten in der Praxis entsprechen, eingegangen: ein Abschlag muss angewendet werden.

Sich gegen Lärm schützen
E-121.2

Inhaltsverzeichnis

1	DER LÄRM	3
1.1	Lärm im Alltag	3
1.2	Lärm am Arbeitsplatz	4
1.3	Lärmexposition bei hohen Lärmpegeln gefährdet die Gesundheit	7
1.3.1	Lärmexposition hat zwei Auswirkungen auf die Gesundheit	7
1.3.2	Der Stapediusreflex schützt auf natürliche Weise das Ohr	7
1.3.3	Lärm: ein Faktor bei Arbeitsunfällen	8
1.4	Der Hörverlust	8
1.5	Die Gesetzgebung	11
1.5.1	Die EG - Lärmrichtlinie 2003/10/EG	11
1.5.2	Die europäische Norm DIN EN 352	12
1.5.3	Die europäische Norm DIN EN 458	13
1.6	Die technischen Elemente	14
1.6.1	Die „A“- und „C“-Bewertungen	14
1.6.2	Der SNR	15
1.6.3	HML	16
1.6.4	$L_{EX,8h}$	16
1.6.5	L_{Aeq}	16
1.6.6	$L_{p,C,peak}$	16
2	DER PERSÖNLICHE GEHÖRSCHUTZ	17
2.1	Die 6 Kriterien zur Auswahl eines persönlichen Gehörschutzes	17
2.2	Kriterium Nr. 1 - Die CE-Kennzeichnung	17
2.3	Kriterium Nr. 2 - Anforderung hinsichtlich der Schalldämmung	18
2.3.1	Die unterschiedlichen Gehörschützer auf dem Markt	19
2.3.2	Die Dämmungsbereiche bei persönlichem Gehörschutz	20
2.3.3	Entspricht die Theorie der Realität?	24
2.3.4	Abschlagsempfehlungen auf Dämmwerte des Gehörschutzes	26
2.3.5	Die Frequenzen	27
2.3.6	Tabelle mit Dämmwerten eines Gehörschutzes verstehen	28
2.4	Kriterium Nr. 3 - Tragekomfort	29
2.5	Kriterium Nr. 4 - Arbeitsumgebung und körperliche Beanspruchung	31
2.6	Kriterium Nr. 5 – Medizinische Auffälligkeiten	32
2.7	Kriterium Nr. 6 - Vereinbarkeit mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen	32
2.8	Instandhaltung der Gehörschützer	32
2.9	Schulung und Sensibilisierung	34
2.10	Vorteile und Einschränkungen	36
2.11	Zusammenfassung	37
2.12	Der Tragekomfort	38
3	FAZIT	40
4	LITERATURVERZEICHNIS	42
	ANHANG 1 – EINIGE RECHENFORMELN	43

1 Der Lärm

Der Lärm ist ein komplexer Schall, der durch unterschiedliche Vibrationen hervorgerufen wird, oft in gedämpfter und nicht harmonischer Form. (Honneger, 1976 [1])

1.1 Lärm im Alltag

Zwei Drittel der französischen Bevölkerung leiden unter Lärm 55% der Deutschen leiden unter Straßenverkehrslärm

Laut eines Berichts des Informationsauftrages Lärmbelastung „*Mission d'Information sur les nuisances sonores*“ (P. Meunier et C. Bouillon 2011 [2]), leiden zwei Drittel der Franzosen unter Lärmbelästigung im Straßenverkehr, am Arbeitsplatz oder zu Hause.

In Deutschland fühlen sich laut einer Untersuchung des Umweltbundesamtes zufolge 55 Prozent der Bevölkerung vom Straßenverkehrslärm gestört und belästigt. Beim Fluglärm sind es 29 Prozent und durch den Zugverkehr fühlen sich 22 Prozent der Bürger gestört. (UBA 2010 [3]).

Fünf Millionen Franzosen sind von angehender Schwerhörigkeit betroffen, davon sind 2 Millionen unter 55 Jahre alt. 15% der französischen Bevölkerung trägt ein Hörgerät. Mehr als 5 Millionen leiden unter Tinnitus: Wahrnehmung eines Brumm- oder Pfeiftons, der nicht durch die Umwelt generiert wird.

Laut des Bundesverbandes der Hörgeräteindustrie leiden in Deutschland 13% der Gesamtbevölkerung (über 10 Millionen Menschen) unter einer Hörminderung. Ein Drittel der in Deutschland von Hörminderung betroffenen Personen trägt ein Hörgerät.

Ein aktueller Bericht der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2011 [4]) geht davon aus, dass jedes Jahr 1,6 Millionen gesunde Lebensjahre in Westeuropa aufgrund von physiologischen und psychischen Beeinträchtigungen durch zu starke Lärmaussetzung (Intensität sowie Dauer) verloren gehen.

Die Aufteilung dieser verlorenen Lebensjahre (bei guter Gesundheit) ist folgende:

- 61 000 Jahre für Herz- und Gefäßkrankheiten
- 45 000 Jahre für kognitive Störungen bei Kindern
- 903 000 Jahre für Schlafstörungen
- 22 000 Jahre für lärmbedingte Traumata, wie Tinnitus
- 587 000 Jahre für Stress

1.2 Lärm am Arbeitsplatz

In Frankreich gaben 2003 drei Millionen Arbeitnehmer an, einem Lärmpegel über 85dB(A) ausgesetzt zu sein (Bericht SUMER, 2003 [5]).

Laut Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) sind in Deutschland ca. 5 Millionen Arbeitnehmer während der Arbeit gehörgeschädigendem Lärm von mehr als 85 dB(A) ausgesetzt. Jedes Jahr werden ca. 10.000 neue Fälle der Berufskrankheit Lärmschwerhörigkeit angezeigt, ca. 6.000 neue Fälle erstmals anerkannt und ca. 1.000 Fälle erstmals entschädigt.

In Tabelle 1 kann festgestellt werden, dass auch wenn in bestimmten Bereichen die Arbeitnehmer, die Lärm ausgesetzt sind zu 85% geschützt sind, im Durchschnitt ein Drittel der Arbeitnehmer nicht geschützt sind. Des Weiteren kann festgestellt werden, dass je häufiger die Lärmaussetzung in einem Bereich ist, desto besser ist der Schutz.

Tätigkeitsbereich	Arbeitnehmer mit Lärmaussetzung von > 85dB(A) und mehr als 20 Std./Woche	Davon ohne persönlichen Gehörschutz
Herstellung von Holz- und Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	37,4%	18,1%
Metallerzeugung und -bearbeitung	33,3%	20,4%
Be- und Verarbeitung von Steinen und Erden	26,3%	14,1%
Automobilindustrie	21,1%	18,6%
Industrie für technische Ausrüstungen	21,0%	20,3%
Textilindustrie	20,0%	28,2%
Agrar- und Lebensmittelindustrie	18,2%	26,1%
Herstellung von chemischen Erzeugnissen, Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	16,9%	23,7%
Industrie für Haushaltsgegenstände	16,1%	17,8%
Agrar-, Forstwirtschaft und Fischerei/ Fischzucht	13,0%	32,9%
Schiff- und Bootsbau, Schienenfahrzeugbau, Luft- und Raumfahrzeugbau	13,0%	27,5%
Baugewerbe	11,5%	29,5%
Bekleidung, Lederwaren	10,5%	n.s.
Verlags- und Druckwesen	10,4%	39,3%
Operationelle Dienste	10,2%	40,0%
Handel mit Kraftfahrzeugen; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen	9,4%	49,7%
Industrie für Herstellung elektrischer und elektronischer Bestandteile	8,5%	n.s.
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen, Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln sowie von Duftstoffen	7,6%	n.s.
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	3,9%	n.s.
Großhandel	3,9%	49,4%
Verkehrswirtschaft	3,3%	66,2%
Kunst, Unterhaltung und Erholung	2,2%	n.s.

Wasser-, Gas-, Stromversorgung	2,1%	25,5%
Beherbergung und Gastronomie	2,0%	n.s.
Haushalte mit Hauspersonal	1,9%	n.s.
Gesundheits- und Sozialwesen	1,3%	59,1%
Forschung und Entwicklung	1,2%	n.s.
Erziehung und Unterricht	1,0%	n.s.
Beratung	0,7%	n.s.
Öffentlicher Dienst	0,7%	n.s.
Interessenvertretungen und Vereinigungen	0,6%	n.s.
Einzelhandel	0,5%	n.s.
Grundstücks- und Wohnungswesen	0,5%	n.s.
Erbringung von Finanzdienstleistungen	0,3%	n.s.
Post- und Telekommunikationsdienste	0,1%	n.s.
Gesamt	6,8%	32,0%

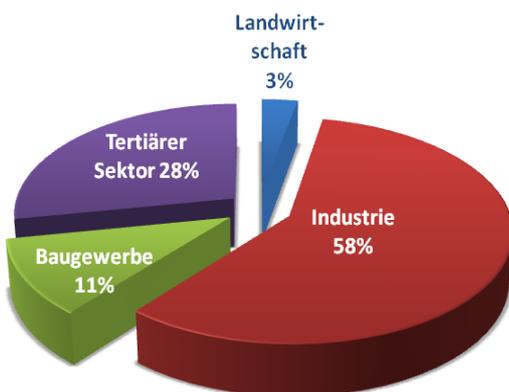
Tabelle 1 – Auszug aus dem Bericht SUMER 2003

n.s.: nicht signifikant

Ein Drittel der Arbeitnehmer ist bei einem Lärmpegel von > 85dB(A) nicht geschützt.

Der Bericht SUMER („Surveillance Médicale des Risques professionnels“ Medizinische Überwachung von Berufsrisiken wird vom Ministerium für Arbeit, Beschäftigung und Gesundheit in Frankreich durchgeführt) von 2003 gibt an, dass ca. 7% der Arbeitnehmer einem Lärmpegel von über 85dB(A) über einen Zeitraum von mehr als 20 Std./ Woche ausgesetzt sind.

In der Industrie sind 77% der Arbeitnehmer mit einem Gehörschutz ausgestattet: 71% im Bereich Bauindustrie und 67% in der Landwirtschaft. Im Dienstleistungssektor allerdings, ein Bereich der am wenigsten gesundheitschädliche Lärmbereiche aufweist, ist die Hälfte der Arbeitnehmer, die Lärm ausgesetzt sind, nicht geschützt.



Grafik 1: Ca. 6 von 10 Arbeitnehmern sind in der Industrie gesundheitsschädlichen Lärmpegeln ausgesetzt.

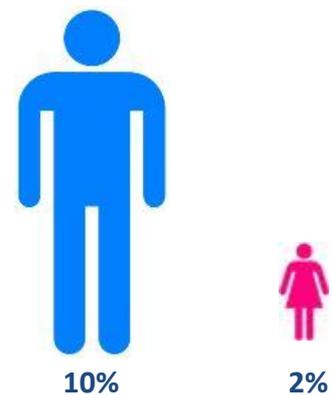


Abbildung 1: Der gesundheitsschädliche Lärm betrifft eher die Männer als die Frauen. Laut Robert Koch Institut leiden weniger als 1% der Frauen in Deutschland an einer anerkannten berufsbedingten Lärmschwerhörigkeit im Gegensatz zu 2% in Frankreich.[6]



Ototoxische Substanzen

Vorsicht bei gleichzeitiger Aussetzung von Lärm in Kombination mit chemischen Substanzen, die zusammen zu einem gefährlichen Faktor werden (DARES 2007 [7]).

Wenn man chemische Stoffe, die für das Ohr toxisch sind, wie beispielsweise Styrol oder aromatische Lösungsmittel (Toluol, das in Farben, Lacken, Druckerschwärze oder in fettlösende Mittel eingesetzt wird) und gehörschädigendem Lärm ausgesetzt ist, so hat dies schwerwiegende Konsequenzen für das Gehör. Diese verstärkenden Faktoren betreffen mehr als die Hälfte der Arbeitnehmer, die gehörschädigendem Lärm ausgesetzt sind.

1.3 Lärmexposition bei hohen Lärmpegeln gefährdet die Gesundheit

1.3.1 Lärmexposition hat zwei Auswirkungen auf die Gesundheit

Die Lärmexposition hat zwei Auswirkungen auf die Gesundheit: auf das direkte Hörvermögen (aurale Lärmwirkung) und auf den Körper (extra-aurale Lärmwirkung).

Die Auswirkungen auf den menschlichen Körper sind beispielsweise:

- Depression, Stress, Aggressivität, Angstzustände
- Schlafstörungen, Schlaflosigkeit
- Müdigkeit, Konzentrationsstörungen
- Auswirkungen auf das Herz-Kreislaufsystem
- Erhöhtes Risiko an Arbeitsunfällen

Die Auswirkungen auf das Hörvermögen beziehen sich auf Hördefizite und können sich anhand folgender Symptome bemerkbar machen:

- **Tinnitus:** kontinuierlicher Pfeif- oder Brummtönen im Ohr
- **Temporäre Hörschwellenverschiebung (Hörermüdung):** wird aufgrund einer Aussetzung bei zu hohem Lärmpegel hervorgerufen. Das Hörvermögen wird danach schrittweise wieder hergestellt (nach mehreren Stunden)
- **Akustisches Trauma:** Beschädigung des Hörvermögens wird durch einen sehr starken und kurzen Knall ausgelöst (Explosion, Schuss, Feuerwerkskörper etc.)
- **Dauerhafte Hörschwellenverschiebung:** typisch bei einer regelmäßigen Tageslärmexposition (8 Stunden bei mehr als 80dB(A)). Die schrittweise Zerstörung des Hörvermögens, die sich über Monate, Jahre hinzieht ist ein schleichender Prozess. Sie wird erst dann festgestellt, wenn man sich unwohl fühlt und das Umfeld und die betroffene Person selber Kommunikationsschwierigkeiten aufgrund des bestehenden Hörverlustes bemerkt. Diese Schädigung des Gehörs ist irreversibel und definitiv.

1.3.2 Der Stapediusreflex schützt auf natürliche Weise das Ohr

Der Stapediusreflex ist ein Reaktionsmechanismus des Gehörs, der das Innenohr vor zu hoher Lautstärke schützt. Der Stapediusmuskel, der auf dem Steigbügel reagiert (Teil des Mittelohres, das die Weiterleitung der Schallwellen vom Trommelfell zum Innenohr gewährt) zieht sich zusammen und erhöht somit die Unbeweglichkeit des Systems, so dass dies zu einem natürlichen Lärmschutz führt.

Wenn sich dieser Reflex aktiviert, so wird die wahrgenommene Lautstärke gedämmt. So wird bei einer Erhöhung von 10 dB nur 3 dB zum Innenohr weitergegeben. Der Stapediusreflex dämmt hauptsächlich nur im tieffrequenten Bereich (< 2KHz) und ist weniger wirksam im Bereich der hohen Frequenzen.

So wie andere Muskeln, ermüdet auch der Stapediusmuskel. Diese Ermüdung erfolgt umso schneller je stärker der Schallpegel.

Bei 121 dB kontrahiert der Muskel 7 Sekunden lang (irreparable Verletzung möglich).

Bei 109 dB kontrahiert der Muskel ca. 1 Minute und 52 Sekunden lang.

Bei 100 dB lässt der Muskel erst nach 15 Minuten im Durchschnitt nach.

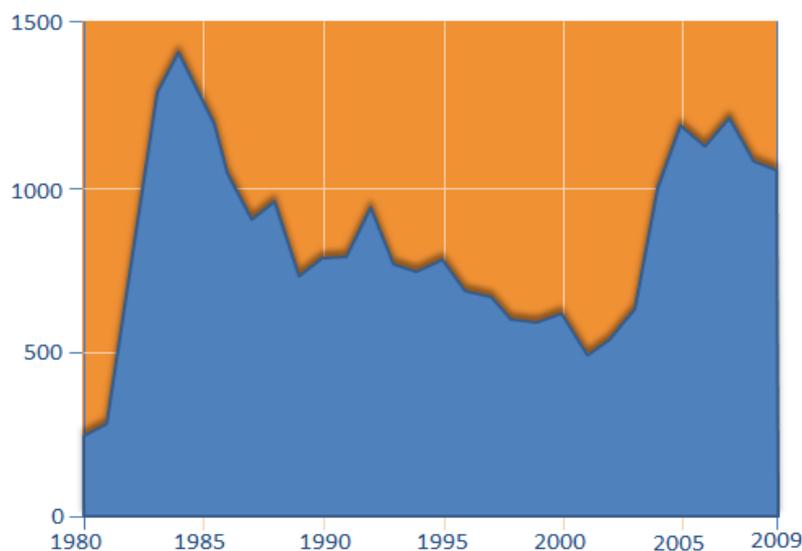
1.3.3 Lärm: ein Faktor bei Arbeitsunfällen

Laut DARES [7] gehen schwierige Arbeitsbedingungen oftmals mit einem erhöhten Unfallrisiko einher. Dies ist hauptsächlich der Fall bei Lärm: 8,6% der Mitarbeiter, die einem gehörschädigendem Lärmpegel ausgesetzt sind (+ 85dB(A), + 20 Std./Woche), haben einen Unfall mit anschließender Krankschreibung erlebt. Ein starker und langanhaltender Lärmpegel kann dazu führen, dass die Aufmerksamkeit oder die Gefahrenwahrnehmung nachlässt (Campo, 2005 [8]). Lärm erhöht die Unfallgefahr mit Krankschreibung um 24%.

1.4 Der Hörverlust

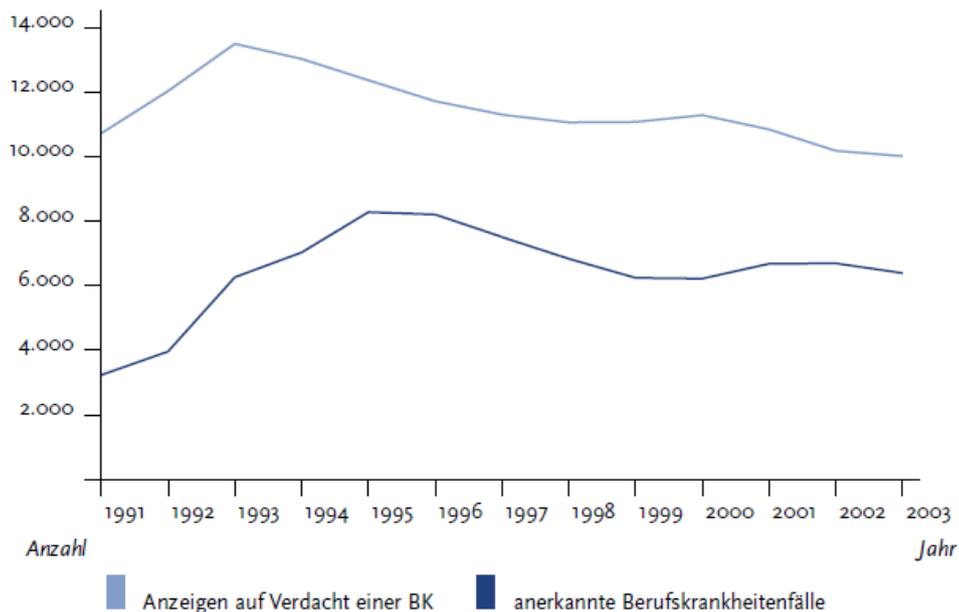
Die Lärmschwerhörigkeit ist auf Platz 4 der Berufskrankheiten in Frankreich. In Deutschland liegt die Lärmschwerhörigkeit auf Platz 1 der Berufskrankheiten und ist die am häufigsten anerkannte Berufskrankheit. Die Kosten in Frankreich liegen etwa bei 94000 Euro (INRS 2009 [9]). In Deutschland betragen die Kosten pro Jahr ca. 170 Millionen Euro (BAUA 2011 [10]).

Die erhöhte Lärmexposition bei hohem Schallpegel zerstört nach und nach die Haarsinneszellen im Innenohr. Dies führt langsam zu einer wahrnehmbaren Schwerhörigkeit, die irreversibel ist. Noch nicht einmal ein chirurgischer Eingriff kann diese Situation beheben. Hörgeräte können nur das Resthörvermögen verschärfen, die gesamte Hörfunktion wird damit jedoch nicht wieder hergestellt.



Grafik. 2: Anzahl der anerkannten berufsbedingten Lärmschwerhörigkeiten seit 1980 in Frankreich [9]

Im Vergleich dazu eine Abbildung mit den anerkannten berufsbedingten Lärmschwerhörigkeiten seit 1991 in Deutschland:



Grafik 3: Entwicklung der berufsbedingten Lärmschwerhörigkeit (BK 2301)
Quelle: Zentrales Informationssystem der Gesetzlichen Unfallversicherung (ZIGUV) 2005

Die Schwerhörigkeit kann als Berufskrankheit nur nach bestimmten medizinischen, beruflichen und verwaltungstechnischen Kriterien anerkannt werden, die in Frankreich in der Tabelle 42 und 46 der Berufskrankheiten erwähnt werden.

Tabelle 42 wurde bereits mehrmals aktualisiert: 1981 und 2003, die Kriterien wurden jeweils erweitert. Demzufolge hat sich die Anzahl der anerkannten berufsbedingten Lärmschwerhörigkeit stark erhöht.

In Deutschland werden diese Kriterien anhand des Berufskrankheitenverfahrens, das durch die Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) geregelt ist, ermittelt.

Die Grafik 4 stellt die Unterschiede der Entwicklungsphasen der berufsbedingten Schwerhörigkeit bildlich da.

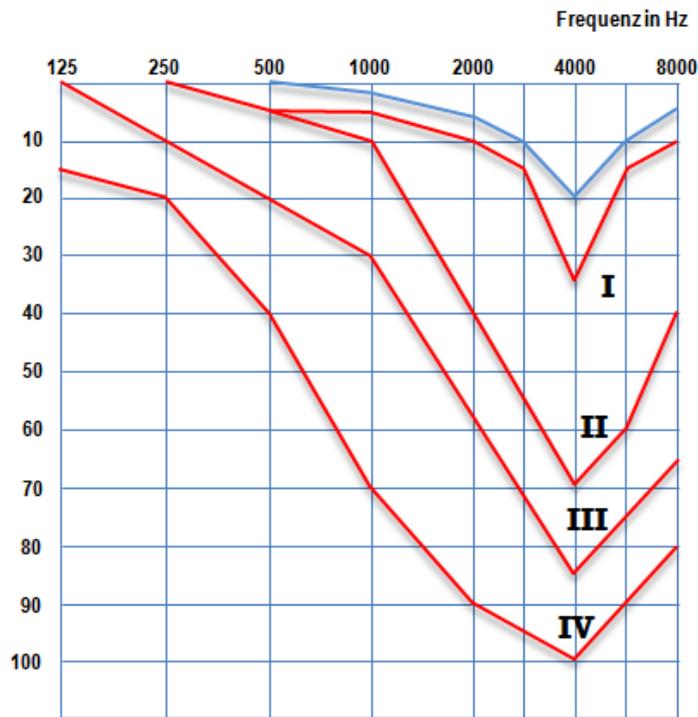
Hörerschöpfung: Bei einem Audiogramm, das am Tagesende durchgeführt wird, kann bereits ein nicht dauerhaftes Hördefizit auf den Frequenzen von 4000 Hz ermittelt werden.

Leichtgradige Schwerhörigkeit: Das Hördefizit wird durch ein irreversibles Hördefizit auf den Frequenzen von 4000 Hz über 30 dB charakterisiert.

Mittelgradige Schwerhörigkeit: Das Hördefizit erstreckt sich auf die nebendstehenden Frequenzen (2000 bis 6000 Hz) und überschreitet 30 dB.

Hochgradige Schwerhörigkeit: Der Hörverlust erstreckt sich auf die Frequenzen 1000-8000 Hz und überschreitet 30 dB.

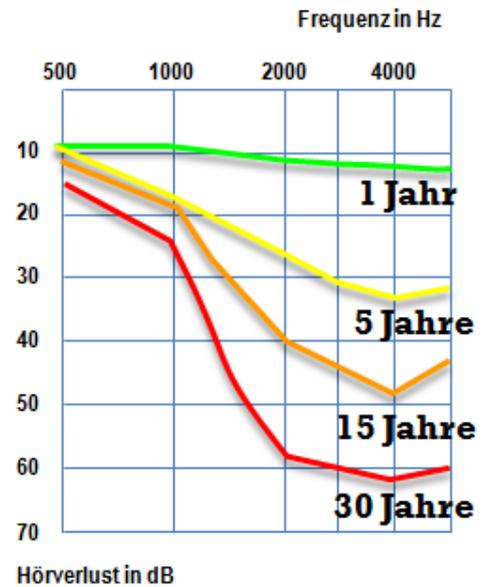
An Taubheit grenzende Schwerhörigkeit: Das Hördefizit betrifft alle Frequenzen, 500 Hz eingeschlossen (≥ 30 dB), mit einer Betonung auf dem hochfrequenten Bereich.



Hörverlust in dB

— Hörschöpfung
— Entwicklung der lärmbedingten Schwerhörigkeit

Grafik 4: Veränderung der lärmbedingten Schwerhörigkeit



Grafik 5: Veränderung des Hörvermögens eines Arbeitnehmers, der während eines Zeitraums von 30 Jahren einem Lärmpegel von 95 dB(A) ausgesetzt ist.

Die Grafik 5 zeigt eine Studie, in Form eines Audiogramms, das alle 5 Jahre bei einem Arbeitnehmer durchgeführt wird, der während seiner ganzen beruflichen Laufbahn keinen Gehörschutz trägt, obwohl er Lärm ausgesetzt ist. (Thiery, 2004 [11]).

1.5 Die Gesetzgebung

Zwei Normen und eine Richtlinie wurden bzgl. des individuellen Gehörschutzes und ihrer Einführung verfasst:

- die europäische Richtlinie „Lärm“ von 2003
- die europäische Norm DIN EN 352
- die europäische Norm DIN EN 458

Drei weitere Normen vervollständigen die beiden oben genannten Normen:

Die Norm DIN EN 4869-2, die die unterschiedlichen Berechnungsmethoden beschreibt (nach Oktavband, HML und SNR), um die tatsächlichen Schallpegel der „A“ Bewertung im Falle eines individuellen Gehörschutzes zu ermitteln. Die Normen DIN EN 13819-1 und DIN EN 13819-2 beschreiben die physikalischen und akustischen Versuchsmethoden, die während der Zertifizierung der EN 352 umgesetzt werden.

1.5.1 Die EG - Lärmrichtlinie 2003/10/EG

Die EG-Richtlinie, die in Frankreich durch das Dekret 2006-892 vom 19. Juli 2006 ins französische Recht umgesetzt wurde, dass das Arbeitsgesetz und den Beschluss vom 19. Juli 2006 verändert, legt die maximal zulässigen Expositionspegel des Arbeitnehmers neu fest. In Deutschland wurde die EG - Richtlinie Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung im März 2007 ins nationale Recht umgesetzt.

Anhand dieser Werte wird festgestellt, ob ein Arbeitnehmer vor Lärm geschützt werden muss oder nicht.

In der EG-Richtlinie werden u.a. die Auslösewerte bzgl. des Tageslärmaxpositionspegels und des Spitzenschalldruckpegels festgehalten.

1 – Maximal zulässige Expositonswerte (unter Berücksichtigung der dämmenden Wirkung des Gehörschutzes) liegen bei:

- 85 dB (A) während eines Arbeitstages von 8 Stunden
- Spitzenschalldruckpegel von 137 dB(C)

Im Falle einer Überschreitung:

- Sofortige technische Maßnahmen müssen getroffen werden, um die Lärmemission zu verringern
- Verringerung der Lärmexpositionszeit des Beschäftigten

2 – Obere Auslösewerte:

- 85 dB (A) während eines Arbeitstages von 8 Stunden
- Spitzenschalldruckpegel von 137 dB(C)

Im Falle einer Überschreitung:

- Technische Maßnahmen müssen getroffen werden, um die Lärmemission zu verringern
- Lärmbereiche müssen gekennzeichnet und diese, wenn möglich abgegrenzt werden
- Verwendung eines persönlichen Gehörschutzes
- Regelmäßige Hörtests müssen durchgeführt werden

3 –Untere Auslösewerte:

- 80 dB (A)
- 135 dB(C)

Bei einer Überschreitung dieser Werte:

- Gehörschutz muss zur Verfügung gestellt werden
- Die Beschäftigten müssen informiert und sensibilisiert werden (Risiken von Lärm, Maßnahmen und Mittel zur Prävention, Nutzung von persönlichem Gehörschutz)
- Regelmäßige Hörtests müssen durchgeführt werden

1.5.2 Die europäische Norm DIN EN 352

Eine Norm pro individuellen Gehörschutztyp:

- EN 352-1 für Kapselgehörschutz
- EN 352-2 für Stöpsel
- EN 352-3 für Kapselgehörschutz für Helme

Diese Normen legen die individuellen Maßnahmen bzgl. Lärmschutz fest, in Verbindung mit der EU Richtlinie 89/686/EWG. Die besondere Anforderung an die persönlichen Gehörschützer, die darin besteht den Lärmpegel bis auf die täglichen Grenzwerte zu verringern, wird in der Norm DIN EN 352 angesprochen, die die akustische Dämmung des Gehörschutzes (Messungen gemäß EN 24869-1) auf einen bestimmten Mindestpegel festlegt.

Dabei wird des Weiteren eine Angabe des gemessenen Schallpegels gefordert, die es ermöglicht, den passenden Gehörschutz gemäß den individuellen Kriterien des Benutzers auszuwählen.

Die Normen geben außerdem genaue Angaben über Werkstoffe, Konstruktion, Eingewöhnungszeit, aber auch über den Tragekomfort für den Benutzer. Sie analysieren die Mindestleistung bzgl. der Beständigkeit bei Fallbelastung, bei tiefen/ hohen Temperaturen, und bzgl. der Entflammbarkeit.

Frequenzen in Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$(M_f - S_f)$ in dB	5	8	10	12	12	12	12

Tabelle 2: Anforderungen gemäß Norm EN 352-2 in Bezug auf die Minimaldämmung pro Frequenz

M_f = Durchschnittsdämmwert und S_f = Standardabweichung

$M_f - S_f = APV$ (Assumed Protection Value) welches die durchschnittliche Dämmung der 16 getesteten Personen abzüglich der Standardabweichung ergibt.

1.5.3 Die europäische Norm DIN EN 458

„Gehörschützer – Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung“

Diese Norm wurde erarbeitet, um allen Personen, die persönlichen Gehörschutz liefern, kaufen oder tragen, als Richtlinie zu dienen.

Damit der Lärmschutz, der für den persönlichen Gehörschutz angegeben wird auch tatsächlich wirkt, ist es notwendig, dass der Benutzer diesen Gehörschutz die ganze Zeit über in Lärmbereichen, die potentiell gefährlich sind, trägt. Aus diesem Grund ist es wichtig gewisse Faktoren mit einzubeziehen, die den Tragekomfort und die Akzeptanz für die Auswahl des persönlichen Gehörschutzes beeinflussen können.

Die Norm DIN EN 458 zeigt in einem Organigramm (Abbildung 2), die unterschiedlichen Maßnahmen, die im Falle eines für den Beschäftigten potentiell gefährlichen Lärmbereiches, einzuleiten sind.

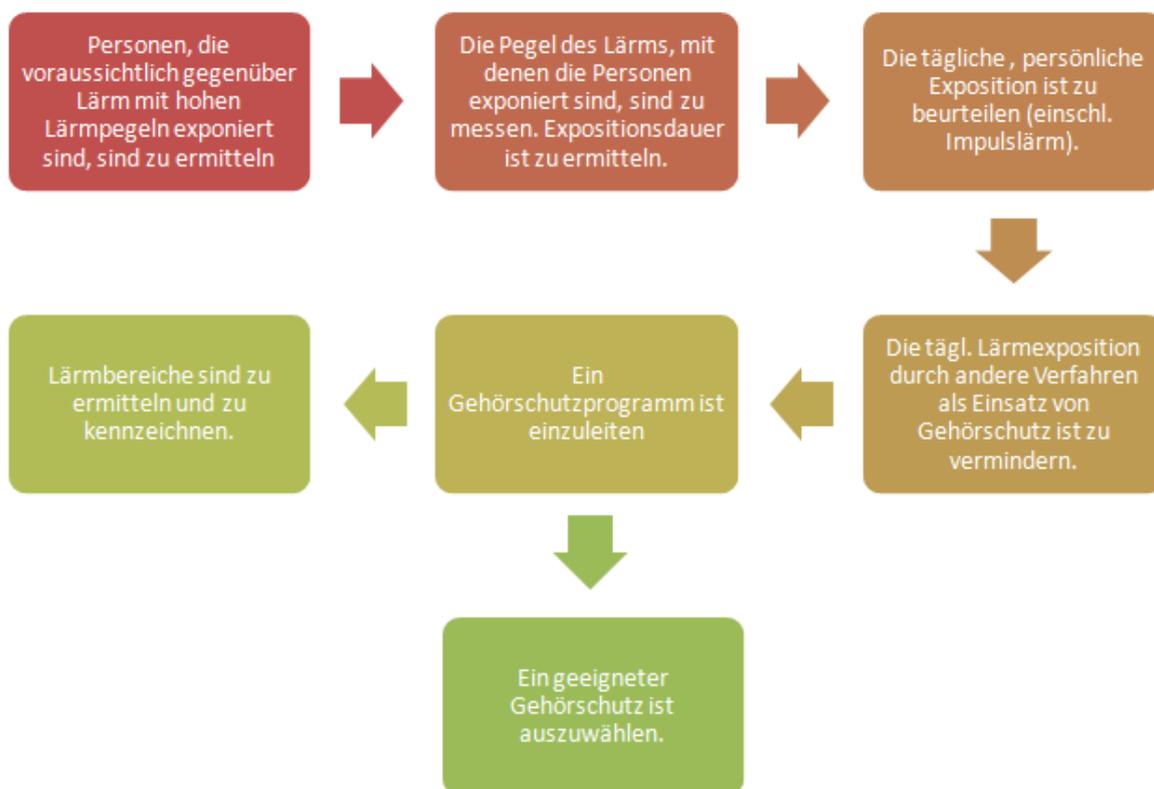


Abbildung 2: Dieses Organigramm (s.o.) beschreibt, die zu ergreifenden Maßnahmen zur Reduzierung des individuellen Risikos eines lärmbedingten Hörverlustes (s. EN 458)

Wie festgestellt werden kann, besteht das erste Ziel darin, den Lärm an der Lärmquelle zu verringern. Diese Möglichkeit wird in dieser Studie nicht berücksichtigt. Wir gehen davon aus, dass aufgrund von diversen Gründen (Umsetzung schwierig bzw. unmöglich, zu hohe Kosten etc.) entschieden wird, die Beschäftigten mit einem persönlichen Gehörschutz auszustatten.

1.6 Die technischen Elemente

1.6.1 Die „A“- und „C“-Bewertungen

Der Lärm kann in Dezibel mit „A“-Bewertung oder „C“-Bewertung gemessen werden. Die „A“-Bewertung wurde anhand der Kurven gleicher Lautstärkepegel definiert (Frequenzabhängige Lärmpegelmessung in Dezibel, die eine Person als ein Ton des gleichen Lautstärkepegels empfindet), die es ermöglicht, die Sensibilität des menschlichen Ohres über alle Frequenzen zu charakterisieren.

Diese Kurven gleicher Lautstärkepegel (Abbildung 3) zeigen, dass das Ohr die hohen Frequenzen (zentriert um die 3200 Hz) viel sensibler wahrnimmt als die tiefen Frequenzen.

Die natürliche Resonanz unseres äußeren Ohres (in Form eines Trichters) verstärkt den Lärm im hochfrequenten Bereich im Durchschnitt um 10 bis 15 dB. In Abbildung 3 sieht man anhand der grünen Kurve, dass ein Ton bei einer

Lautstärke von 20 dB und bei einer Frequenz von 1 KHz (Referenzwert), eher auf der Frequenz von 3 KHz bei ca. 13 dB wahrgenommen wird.

Bei einer tiefen Frequenz von 125 Hz beispielsweise, müsste der Ton bis auf 43 dB erhöht werden, um die gleiche Wahrnehmung zu erreichen, bzw. einen Unterschied von 30 dB zwischen dem wahrgenommenen Ton und dem des tiefen Tons zu haben. Je stärker der Referenzton (1 KHz), desto geringer ist der Unterschied zwischen der hohen/tiefen Wahrnehmung.

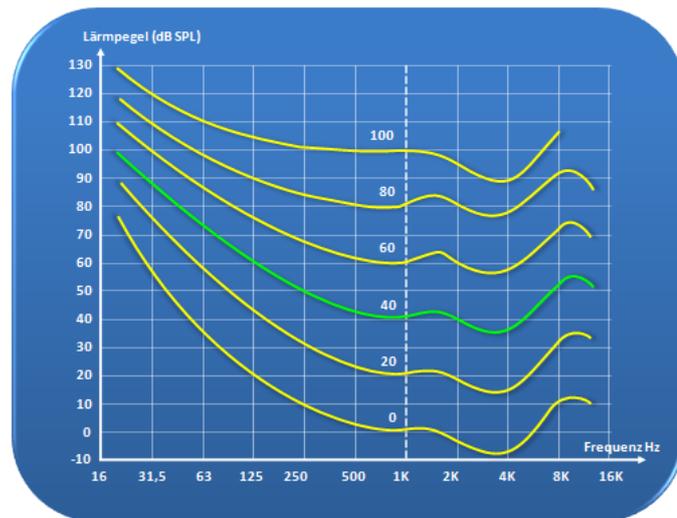


Abbildung 3 – Kurven gleicher Lautstärkepegel (nach ISO 226). Messungen des frequenzabhängigen Schalldruckpegels, den eine Person als einen Ton des gleichen Lautstärkepegels wahrnimmt.

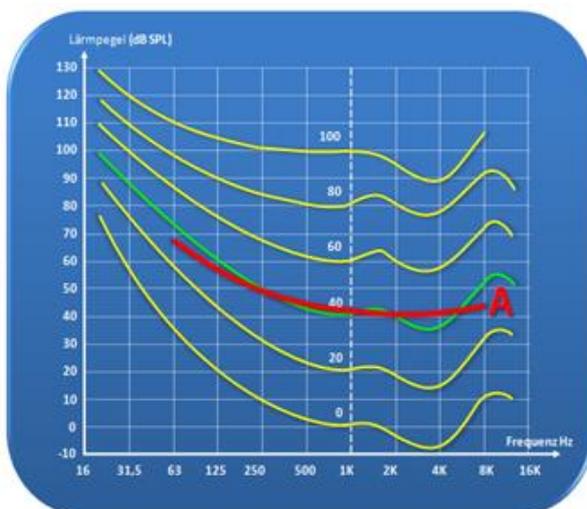
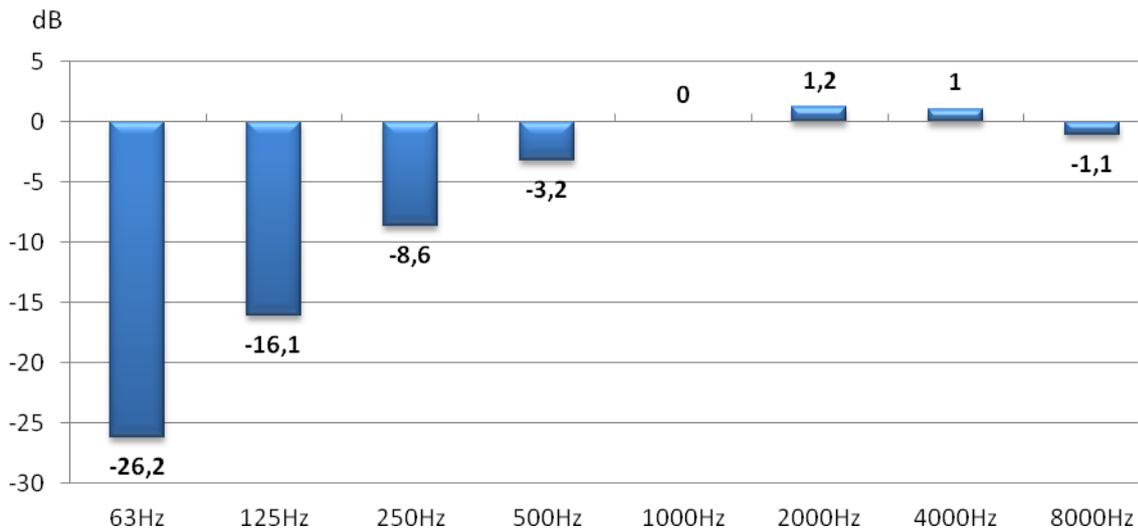


Abbildung 4 – A-bewertete Kurven in rot im Vergleich zu den Kurven gleicher Lautstärkepegel

Die „A“-Bewertung wurde in erster Linie entwickelt, um die Wahrnehmung des menschlichen Ohres über die gesamten Frequenzen und über geringe Lautstärke zu zeigen. Anschließend stellte die „A“-Bewertung auch die Hörschöpfung und die Gesundheitsgefährdung des Lärms dar. Mehrere Studien zeigen jedoch, dass die „A“-Bewertung die Gefahren im tieffrequenten Bereich unterschätzt. Diese Ergebnisse werden in der Studie von P. Campo und A. Damongot des INRS [9] beschrieben.

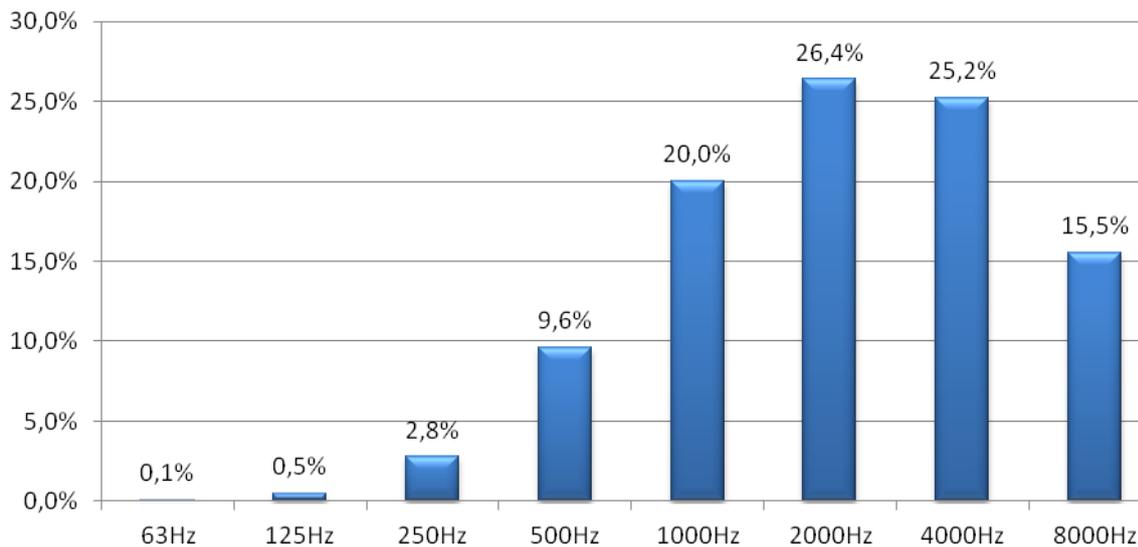
In Grafik 6 wird deutlich, dass die „A“-Bewertung die tiefen Frequenzen kaum berücksichtigt.



Grafik 6: Bewertung jeder Frequenz, um die „dBA“-Bewertung zu erhalten

1.6.2 Der SNR

Der SNR (Single Number Rating) ist ein Gesamtwert der Dämmung und ist somit ein Durchschnittswert aller gemessenen Frequenzen.



Grafik 7: Bewertung des SNR je nach Frequenz, der Prozentsatz gibt die Gewichtung jeder Frequenz in der Berechnung des SNR an.

In Grafik 7 kann festgestellt werden, dass der SNR die mittleren und hohen Frequenzen bevorzugt. Drei Frequenzen geben mehr als 70% des SNR Wertes wieder (2000 Hz, 4000 Hz und 8 000Hz).

1.6.3 HML

Die HML-Werte sind ähnlich wie der SNR-Wert, repräsentieren jedoch den Durchschnittsdämmwert der hohen, mittleren und tiefen Frequenzen (High, Medium, Low).

H : Durchschnittsdämmwert im hochfrequenten Bereich (>2kHz)

M : Durchschnittsdämmwert im mittelfrequenten Bereich (0,5 à 2kHz)

L : Durchschnittsdämmwert im tieffrequenten Bereich (<0,5kHz)

1.6.4 $L_{EX,8h}$

Der $L_{EX,8h}$ ist der Tageslärmmexpositionspegel (in dB(A) ausgedrückt) während einer Dauer von 8 Stunden (s. Berechnungsmethode im Anhang 1).

1.6.5 L_{Aeq}

Gibt den äquivalenten Dauerschallpegel eines Tons an, der gerade gemessen wird. Der Lärm im Umfeld ist selten stabil und ist in seiner Lautstärke variabel. Aus diesem Grund ist es notwendig den durchschnittlichen Lärmpegel zu bestimmen. Der L_{Aeq} wird in dB (A) ausgedrückt.

1.6.6 $L_{p,C,peak}$

$L_{p,C,peak}$ sind Spitzenschalldruckpegel, die in dB(C) ausgedrückt werden und die den maximalen Schallpegel des Moments angeben.

2 Der persönliche Gehörschutz

2.1 Die 6 Kriterien zur Auswahl eines persönlichen Gehörschutzes

„Da es eine Vielzahl verschiedener Bauarten von Gehörschützern gibt, die vielen Lärmbereichen entsprechen, ist es wichtig, den am besten geeigneten Gehörschützer auszuwählen. Alle Funktionen des Gehörschützers müssen bei der Auswahl in Erwägung gezogen werden. Bei der Auswahl von Gehörschützern sollten die unten aufgeführten und in den folgenden Abschnitten dargestellten Punkte beachtet werden.

1. CE-Kennzeichnung;
2. Anforderung hinsichtlich der Schalldämmung;
3. Tragekomfort;
4. Arbeitsumgebung und körperliche Beanspruchung;
5. medizinische Auffälligkeiten;
6. Vereinbarkeit mit anderen Persönlichen Schutzausrüstungen (PSA), wie Helme, Brillen usw.;

Das Vorgehen bei der Auswahl sollte in regelmäßigen Abständen wiederholt werden, um eine effektive Schalldämmung zu erhalten.“

Auszug aus der Norm EN 458, Abschnitt 5.1

2.2 Kriterium Nr. 1 - Die CE-Kennzeichnung

Um die CE-Kennzeichnung zu erhalten, muss der Gehörschutz einigen Anforderungen, die in der Norm EN 352 beschrieben werden, entsprechen.

Die CE-Kennzeichnung wird nur nach einer durchgeführten „EG-Baumusterprüfung“, die überprüft, ob der Gehörschutz den Anforderungen der Norm En 352 gerecht wird, vergeben. Die Tests und Kontrollen werden von einem zertifizierten Institut durchgeführt.

Die Dämmwerte der Gehörschützer werden nach Messungen durch das zertifizierte Institut anhand von 16 Testpersonen ermittelt. Der Durchschnittswert der 16 Testpersonen (bei dem die Standardabweichung abgezogen wird, um den APV zu erhalten), gibt die Dämmung des Gehörschutzes an.

Der Hersteller verpflichtet sich ab dem Zeitpunkt, ausschließlich Produkte auf den Markt zu bringen, die mit dem zertifizierten Modell identisch sind.

Es ist jedoch wichtig zu überprüfen, ob der Hersteller an den man sich wendet, eine EG-Baumusterprüfbescheinigung auf seinen Namen vorweisen kann.

2.3 Kriterium Nr. 2 - Anforderung hinsichtlich der Schalldämmung

In Bezug auf die Schalldämmung ist die Meinung verbreitet, dass ein Gehörschutz dessen Schalldämmung stark ist, der Gehörschutz ist, der am wirksamsten ist.

Wenn ein Mitarbeiter einem starken Lärmpegel ausgesetzt ist, ist es unausweichlich ihn ausreichend zu dämmen, aber ein Beschäftigter, der einem geringen Lärmpegel ausgesetzt ist, wie zum Beispiel 85 dB(A), benötigt eine Dämmung von ca. 10 dB. Sollte er mit einem Gehörschutz ausgestattet sein, der 30 dB dämmt, so ist dies ein Fehler, da dieser Mitarbeiter von seinem Umfeld isoliert wird und die Gehörschützer somit nicht tragen wird, da er sie ständig aus den Ohren nehmen muss, um ein Signal zu hören oder die Sprache zu verstehen.

Ziel ist es, den wahrgenommenen Lärmpegel des Mitarbeiters auf unter 80 dB(A) zu senken. Dabei erscheint die wahrgenommene Hörschwelle von 77 dB(A) ein guter Kompromiss zu sein, wenn man den Empfehlungen der Norm En 458 folgt.

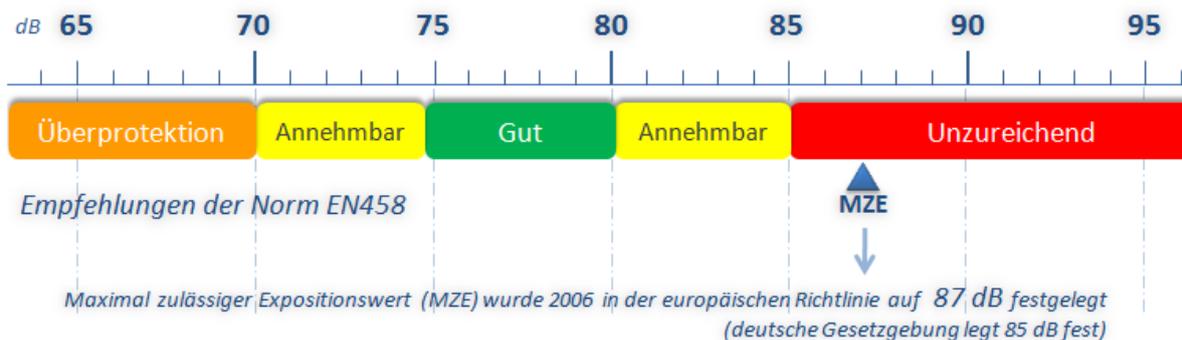


Abbildung 5: Tatsächlicher Schallpegel am Ohr mit einem persönlichen Gehörschutz gemäß EN 458 (In Deutschland liegt der maximal zulässige Expositionswert bei 85 dB).

2.3.1 Die unterschiedlichen Gehörschützer auf dem Markt

Die zur Verfügung stehenden Modelle auf dem Markt sind zahlreich. Um sich einen Überblick zu verschaffen, werden im Folgenden die Gehörschützer in vier Gruppen eingeteilt:

2.3.1.1 Der Kapselgehörschutz



Der Kapselgehörschutz kann allein oder aber an einem Helm montiert getragen werden. Er wird „um das Ohr herum“ positioniert und ist mit einem Bügel, der über den Kopf getragen wird verbunden. Der Kapselgehörschutz gehört zu den wiederverwendbaren Gehörschützern. Allerdings sollten die Dichtungskissen mindestens jedes Jahr gewechselt werden, um eine gute Dichtigkeit zu gewährleisten.

2.3.1.2 Der Bügelgehörschutz



Der Bügelgehörschutz besteht aus Stöpseln in Verbindung mit einem Bügel aus Kunststoff. Die Stöpsel werden entweder auf oder in den Gehörgang eingesetzt.

2.3.1.3 Die sogenannten „Standardstöpsel“



- vorgeformte Stöpsel aus Silikon, Kunststoff etc. können ohne zusammendrücken in den Gehörgang eingesetzt werden.
- zu formende Stöpsel sind häufig aus Schaumstoff oder Wachs und müssen vom Benutzer vor dem Einsetzen in Form gedrückt werden. Dieser Gehörschutz ist in der Regel für den einmaligen Gebrauch gedacht.

2.3.1.4 Die Gehörschutz-Otoplastik



Dieser Gehörschutz wird anhand des Ohrabdrucks des Benutzers angefertigt. Dieser Gehörschutz wird entweder aus Silikon oder aus Acryl hergestellt. Neuartige Technologien ermöglichen es heutzutage, die Herstellung komplett digital durchzuführen und somit eine Genauigkeit von 100µ zu erreichen. Ein passiver akustischer Filter ermöglicht es, die für den Benutzer passende Dämmung auszuwählen und somit seinen Bedürfnissen anzupassen.

2.3.1.5 Die aktiven Systeme

In der vorliegenden Studie geht es um die „passiven“ Systeme, d.h. sie haben keine integrierte Elektronik. Ihre einzige Funktion ist es, den Schall zu „blockieren“ bevor er in den Gehörgang gelangt.

Die aktiven Systeme sollen hier nur kurz beschrieben werden.

Bisher gibt es 3 Arten von Gehörschutzsystemen, die „aktiv“ sind:

- a. Der nicht lineare Filter wird in Gehörschützer eingesetzt, die sehr starkem Impulslärm ausgesetzt sind und somit für Jäger, Soldaten etc. geeignet sind. Dieser Filter, in dem

keine Elektronik installiert ist, hat die Besonderheit, den Schallpegel nicht durchzulassen, sobald dieser zu stark wird. Er lässt den schwachen bzw. mittelstarken Lärm komplett durch. Dies ist ideal für Jäger oder für militärische Bereiche, in denen es notwendig ist, sein Umfeld perfekt wahrzunehmen. Der Nachteil ist, dass der Lärm erst ab einem Schallpegel von 110 dB gedämmt wird. Ab da an, werden 15 dB gedämmt. Bei einem Schallpegel von 150 dB liegt die Dämmung bei 24 dB. Dies ist zu gering für einen Beschäftigten, der Lärm am Arbeitsplatz ausgesetzt ist.

- b. Die pegelabhängigen Systeme, nehmen den Lärm mithilfe eines Mikrofons auf. Dieses analysiert den Schallpegel und gibt den Schall zu einem niedrigeren Schallpegel durch einen Verstärker wieder ab. Der Hauptnachteil dieser Systeme ist, dass der Umgebungslärm elektronisch verarbeitet wird, bevor er an das Ohr des Beschäftigten weitergeleitet wird. Dies kann für manche Mitarbeiter störend sein, da es eine künstliche Wiedergabe der Umgebung ist, an die man sich gewöhnen muss.
- c. Die Systeme mit aktiver Geräuschkompensation. In diesem Fall wird der Lärm nicht, wie im vorherigen Fall durch ein Mikrofon aufgenommen und elektronisch wiedergegeben, sondern der Lärm wird aufgenommen und ein gegenphasiger Schall wird ausgelöst, der den wahrgenommenen Lärm des Kapselgehörschutzes somit neutralisiert. Diese Technologien ermöglichen eine relativ hohe Dämmung, vor allem im tieffrequenten Bereich, der am Schwierigsten zu dämmen ist.

2.3.2 Die Dämpfungsbereiche bei persönlichem Gehörschutz

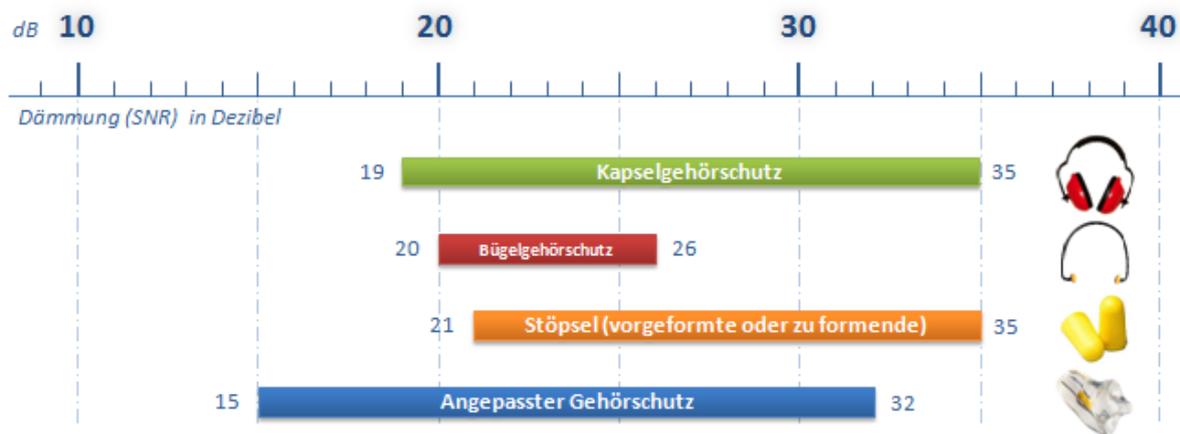


Abbildung 6: Theoretische Dämpfungsbereiche (Labormessungen) der unterschiedlichen persönlichen Gehörschützer.

In Abbildung 6 werden die Minimal- und Maximaldämmungen für jede Gehörschutzkategorie dargestellt. Die Dämmung wird in SNR ausgedrückt.

Im Folgenden werden die Dämpfungsbereiche der persönlichen Gehörschützer bei einem gegebenen Lärmpegel anhand von fünf Simulationen bei unterschiedlichen Lärmpegeln überprüft. Das Ziel ist es, einen wahrgenommenen Lärmpegel am Ohr des Mitarbeiters von 77 dB(A) zu erhalten.

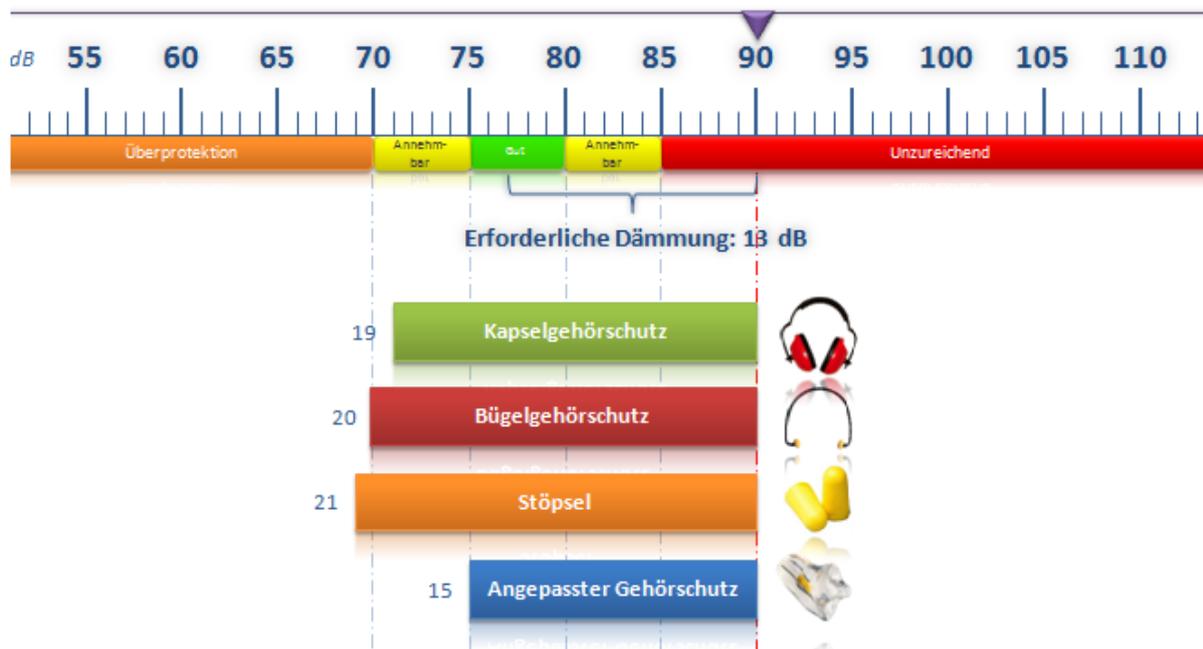


Abbildung 7: Simulation eines Lärmpegels von 90 dB(A)

Es kann festgestellt werden, dass bei einem Lärmpegel von 90 dB(A) alle persönlichen Gehörschützer ihre Aufgabe eines Gehörschutzes erfüllen. Allerdings überschreitet der am wenigsten dämmende Stöpsel leicht den annehmbaren Bereich und ruft eine leichte Überprotektion hervor.

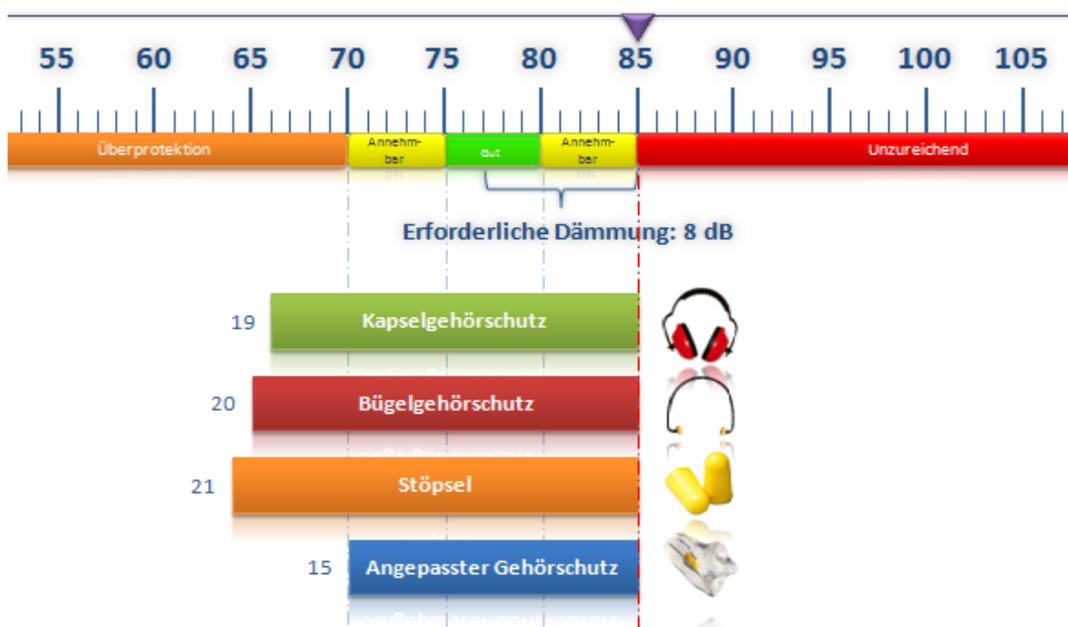


Abbildung 8: Simulation eines Lärmpegels von 85 dB(A)

Sobald der Lärmpegel geringer wird, so sind drei Viertel der Gehörschützer (in dem immer von dem schwächsten Gehörschutz aus einer Kategorie ausgegangen wird) zu stark in ihrer Dämmung und rufen somit einen zu starken Schutz hervor. Nur die Gehörschutz-Otoplastik bleibt im annehmbaren Bereich.

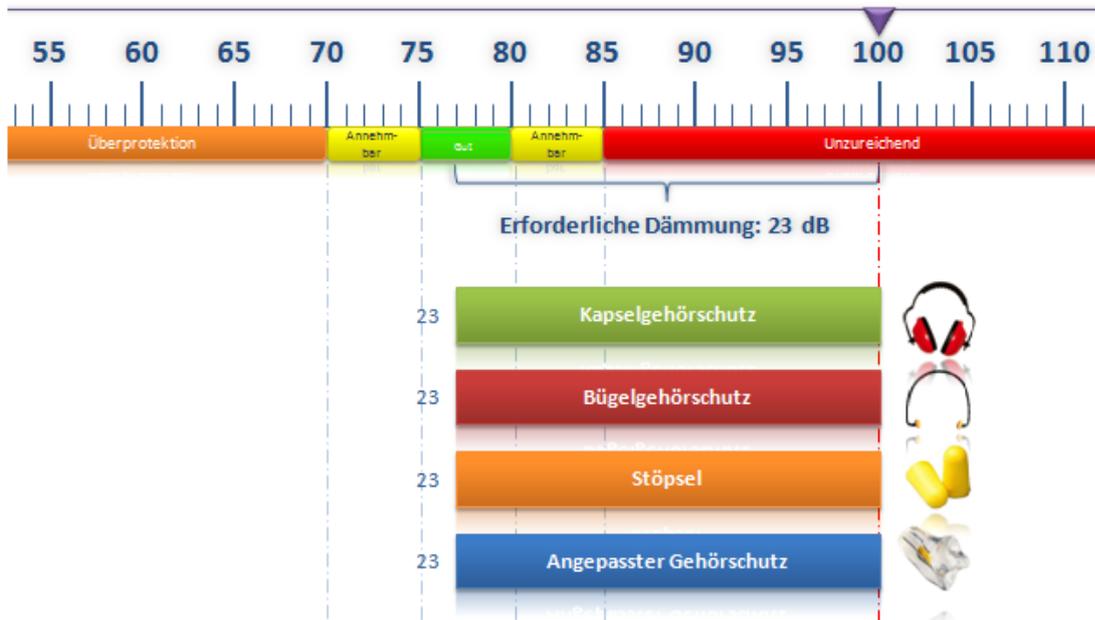


Abbildung 9: Simulation eines Lärmpegels von 100 dB(A)

Bei einem starken Lärmpegel von 100 dB(A) verfügen alle Gehörschutzkategorien über Modelle, die den Anforderungen sehr gut entsprechen. Nach Messungen der SUVA [13], liegen in etwa nur 1,2% der Berufe über einem Lärmpegel von 95 dB(A) während eines 8stündigen Arbeitstages.

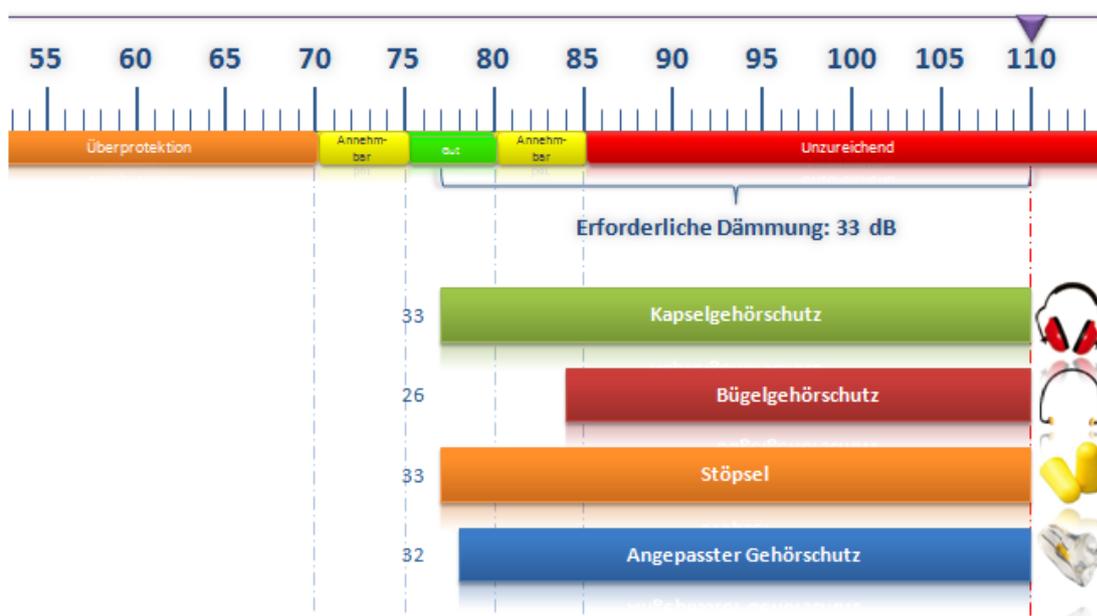
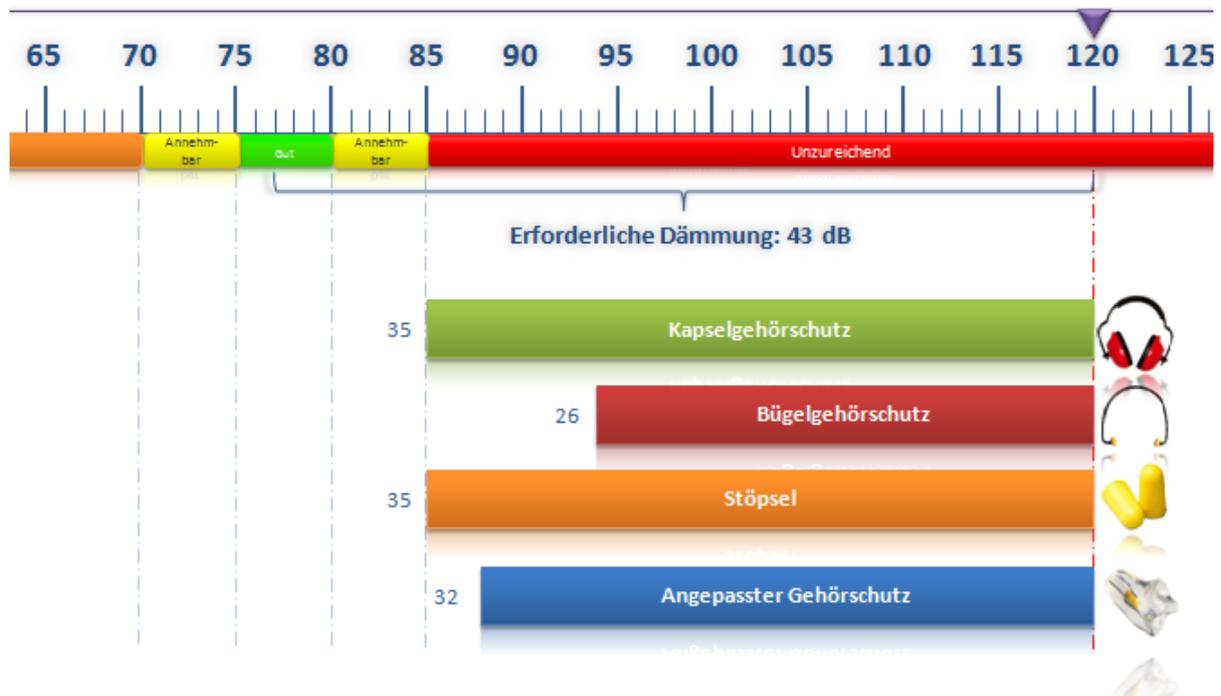


Abbildung 10: Simulation eines Lärmpegels von 110 dB(A)

Bei 110 dB(A), einem sehr hohen Lärmpegel, erfüllt die Mehrzahl der Gehörschützer die Anforderungen. Der Bügelgehörschutz jedoch ermöglicht keine ausreichende Dämmung, da dieser in der Theorie einen wahrgenommenen Lärmpegel von 84 dB durchlässt. Diese Art von Gehörschutz wird nur gelegentlich eingesetzt und reicht durchaus für einen Beschäftigten, der nicht die ganze Arbeitszeit über diesem Lärmpegel ausgesetzt ist.



In Abbildung 11 wird ein sehr hoher und seltener Lärmpegel simuliert. In diesem Fall dämmen die Gehörschützer die angegebenen 120 dB(A) nicht ausreichend.

Welche Lösung gibt es in diesem Fall?

- die Einführung eines Doppelschutzes (Kapselgehörschutz + Gehörschutz, der im Gehörgang eingesetzt wird) ermöglicht eine leichte Erhöhung der Dämmung. Aber Vorsicht: die Dämmung lässt sich nicht addieren.

Die Rechenformel ist folgende:

$$33 \times \log((0,4 \times \text{Dämmung des Gehörschutzes im Gehörgang}) + (0,1 \times \text{Dämmung des Kapselgehörschutzes})) \quad (\text{Studie A. Damongeot et al. [14]})$$

Beispiele:

$$\begin{aligned} \text{Kapselgehörschutz} + \text{Angepasster Gehörschutz} &= \text{Maximale Dämmung } 35\text{dB} + 32\text{dB} = 40\text{dB} \\ \text{Kapselgehörschutz} + \text{Stöpsel} &= \text{Maximale Dämmung } 35\text{dB} + 35\text{dB} = 41\text{dB} \end{aligned}$$

Abbildung 12: Mögliche Ergebnisse eines Doppelschutzes

Welche Möglichkeiten können eingesetzt werden, falls der Doppelschutz nicht ausreicht?

- Verringerung der Schallausbreitung an der Lärmquelle
- Verringerung der Lärmexpositionszeit des Beschäftigten bei diesen hohen Lärmpegeln.

2.3.3 Entspricht die Theorie der Realität?

Bisher wurde in vorliegender Studie gesehen, welche Dämmungen von der Norm DIN EN 458 gefordert werden, um einem Beschäftigten einen adäquaten Schutz ohne Überprotektion zu bieten und wie sich die unterschiedlichen Gehörschutzgruppen gegenüber den Empfehlungen positionieren.

Nun soll darauf eingegangen werden, dass die Dämmwerte, die vom Hersteller angegeben werden, oftmals höher sind als in Realität.

„Die tatsächlichen akustischen Dämmwerte, wie sie in Situ geschätzt werden, sind immer geringer als die akustischen Dämmwerte, die während der durchgeführten Labormessungen ermittelt werden, egal um welchen Gehörschutztyp es sich handelt.“ (Kusy, 2008 [15])

In Abbildung 13 werden die Durchschnittsabweichungen, die anhand der oben genannten Studie ermittelt wurden, dargestellt. Bei der Studie handelt es sich um eine Sammlung von 6 europäischen und 21 amerikanischen Studien.



Abbildung 13: Durchschnittsabweichung der angegebenen Dämmwerte und den tatsächlichen in Situ Messungen.

Warum gibt es solche Abweichungen zwischen den durchgeführten Messungen des zertifizierten Instituts und der tatsächlich gemessenen Dämmung?

Es gibt zahlreiche Gründe:

1. Mitarbeiter wurden nicht über das richtige Einsetzen der Gehörschützer geschult, befolgen nicht die Anweisungen, der Stöpsel wird beispielsweise nicht ausreichend in den Gehörgang eingesetzt
2. Bewegungen des Mitarbeiters verursachen eine Verschiebung des Gehörschutzes, während der Labormessungen dürfen die Testpersonen sich nicht bewegen
3. Eine ovale Form des Gehörgangs ermöglicht kein Einsetzen von Standardstöpseln in zylindrischer Form

4. Die Zusammensetzung der Frequenzen und die Lärmexposition in Situ könnte ein Grund sein, warum es diese Abweichungen gibt
5. Arbeitsbedingungen, wie Hitze, führen unter den Dichtungskissen des Kapselgehörschutzes zu Schwitzen und verringern somit die Dichtigkeit
6. Brillen, Bart, lange Haare etc. führen zu Leckagen bei Kapselgehörschutz, andere persönliche Schutzausrüstungen, die kombiniert werden haben den gleichen Effekt.
7. Starke Behaarung im Gehörgang kann keine perfekte Dichtigkeit gewährleisten
8. Bei Kapselgehörschutz kann es vorkommen, dass aufgrund der Morphologie des Trägers (großer Kiefer, vorspringende Knochen, schmaler Kopf etc.) keine perfekte Dichtigkeit zwischen den Dichtungskissen und des Kopfes bestehen kann.
9. Alterung der Gehörschützer, betrifft vor allem den Kapselgehörschutz (Studie des BGIA [16]): die Abweichung zwischen einem neuen und einem 2 bis 3 Jahre alten Kapselgehörschutz kann bis zu 8 dB betragen (die Labormessungen werden anhand von neuen Gehörschützern durchgeführt)
10. Tragekomfort, Notwendigkeit zu kommunizieren, Design des Gehörschutzes sind ebenfalls Faktoren, die die Wirksamkeit verändern können.

In einer Studie von Rainer Weiß [17] werden die Bewegungen des Mitarbeiters, welche im oben genannten Punkt 2 erwähnt werden, näher betrachtet.

In dieser Studie (Tabelle 3), die die Abweichungen der Dämmwerte zwischen den unterschiedlichen Trageweisen des Mitarbeiters analysiert, kann festgestellt werden, dass es wenige Abweichungen bei der Dämmung bei Gehörschutztypen aus Acryl, die im Gehörgang eingesetzt werden, gibt. Bei den Gehörschutztypen, die in der Ohrmuschel sitzen, sind jedoch starke Abweichungen ersichtlich.

Gehörschutztyp	Situation	Frequenzen							
		125	250	500	1K	2K	4K	8K	SNR
Im Gehörgang	Normal	20	15	25	25	35	40	35	27
Im Gehörgang	Geschlossener/offener Mund Kinn auf Brust	20	15	25	25	35	40	35	27
Im Gehörgang	Geschlossener/offener Mund Kopf im Nacken	20	15	25	20	25	35	30	25
Ohrmuschel	Normal	10	15	20	25	35	30	28	25
Ohrmuschel	Geschlossener/offener Mund Kinn auf Brust	5	5	18	20	25	25	23	19
Ohrmuschel	Geschlossener/offener Mund Kopf im Nacken	0	0	0	3	2	3	5	4

Tabelle 3: Abweichung der Dämmung bei Gehörschutz-Otoplastik bei unterschiedlicher Trageweise des Benutzers (Weiß, 2006)



Gehörschutz-Otoplastik (im Gehörgang sitzend)

- Keine Abweichung bei geschlossenem/offenem Mund mit Kinn auf der Brust
- Leichte Abweichung (2 dB auf den SNR-Durchschnitt) bei Kopf im Nacken



Gehörschutz-Otoplastik (in der Ohrmuschel sitzend)

- Abweichung von 6 dB bei geschlossenem/offenem Munde mit Kinn auf der Brust
- Starke Abweichung (21 dB auf den SNR) bei Kopf im Nacken

2.3.4 Abschlagsempfehlungen auf Dämmwerte des Gehörschutzes

Aufgrund dieser Abweichungen, die für manche Gehörschützer sehr hoch ausfallen können, empfehlen die Institute für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz (INRS für Frankreich, IFA für Deutschland, NIOSH für die USA) einen bestimmten Wert oder Prozentsatz vom angegebenen Dämmwert abzuziehen.

Empfehlungen: Wert, den es vom angegebenen Dämmwert vom Hersteller abzuziehen gilt					
Empfehlungen vom	INRS - Frankreich		IFA - Deutschland		NIOSH - USA
Parameter	Mit Schulung	Ohne Schulung	Mit Wirksamkeitstest	Ohne Wirksamkeitstest	
Gehörschutztyp					
Kapselgehörschutz	- 5 dB	- 12 dB		- 5 dB	ND
Bügelgehörschutz	- 5 dB	- 10 dB		- 5 dB	- 25 %
Zu formende Stöpsel	- 5 dB	- 15 dB		- 9 dB	- 50 %
Vorgeformte Stöpsel	- 5 dB	- 15 dB		- 5 dB	ND*
Gehörschutz-Otoplastik	- 5 dB	- 10 dB	- 3 dB	**	ND*

*ND: Nicht dokumentiert

** Gemäß der „Technische Regel Lärm und Vibration (TRLV Lärm)“ vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) darf keine Gehörschutz-Otoplastik ohne Funktionsprüfung getragen werden.

Tabelle 4: Abschlag, der von den Instituten für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz empfohlen wird.

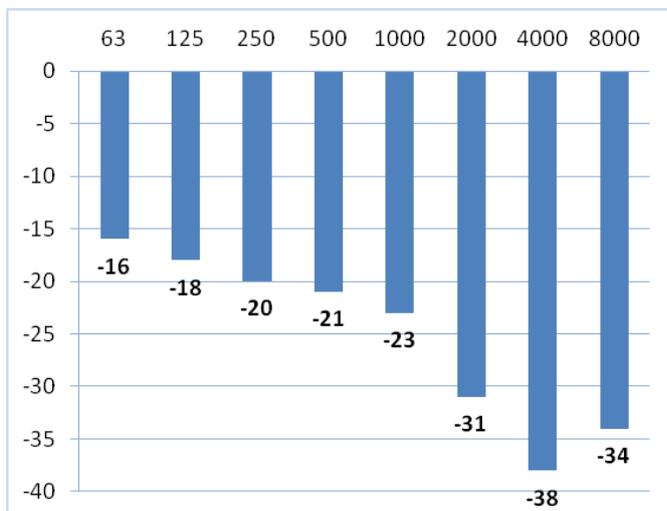
In Frankreich empfiehlt das INRS die Standardabweichung zu verdoppeln, die vom Durchschnitt abgezogen wird (siehe Darstellung der Dämmergebnisse eines Gehörschutzes Tabelle 5). Um die oben stehende Tabelle besser lesen zu können, wird die Verdoppelung der Standardabweichung in einen Abschlag von 5 dB festgelegt. Anschließend können die genauen Ergebnisse der Verdoppelung der Standardabweichung mithilfe der jeweiligen Daten des Gehörschutzes, die näher betrachtet werden sollen, überprüft werden.

Die empfohlenen Abschläge (s.o.) sichern eine Dämmung, die zuverlässiger und sicherer ist, als die angegebenen Daten, die von den zertifizierten Instituten ermittelt werden. Allerdings werden die Abschläge auf den Durchschnittswert angewendet und wie es in Deutschland mehr und mehr empfohlen wird, so kann nur ein Wirksamkeitstest des Gehörschutzes anhand eines bestimmten Messsystems die Gewissheit bringen, dass ein Mitarbeiter wirklich vor Lärm ausreichend geschützt ist.

2.3.5 Die Frequenzen

Wie bereits angesprochen wurde, ist es wichtig, einen Gehörschutz auszuwählen, der den Mitarbeiter ausreichend im Lärm schützt, ohne dass die Dämmung zu stark ist, damit der Mitarbeiter von seinem Umfeld nicht isoliert wird. Ein weiteres Kriterium, das berücksichtigt werden muss, sind die Frequenzen.

Ob es sich um Frequenzen handelt, denen der Mitarbeiter an seinem Arbeitsplatz im Lärm ausgesetzt ist und er somit geschützt werden muss, oder ob es sich um Frequenzen handelt, die am Arbeitsplatz auftreten und die gehört werden müssen, damit die Arbeit durchgeführt werden kann (Warnsignale, Kommunikation etc.): Es ist wichtig, sich in dieser Hinsicht diese Frage zu stellen, um den geeigneten Gehörschutz auswählen zu können.

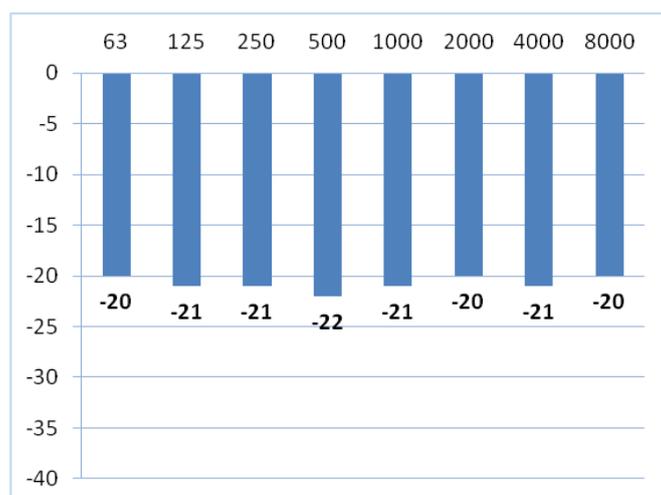


Grafik 7: Dämmung eines klassischen Gehörschutzes

Wie bereits erwähnt, berücksichtigen die dB(A) im hochfrequenten Bereich die natürliche Verstärkung unseres Ohres. Sobald der Gehörgang verschlossen wird, beispielsweise durch einen Gehörschutz oder gar durch unsere Finger, so wird die Verstärkung der hohen Frequenzen beseitigt. Ergebnis: ein klassischer Gehörschutz dämmt auf natürliche Weise stark den Lärm im hochfrequenten Bereich aufgrund der simplen Tatsache, dass der Gehörgang verschlossen ist.

In Grafik 7 ist die Dämmungskurve eines Standardstöpsels dargestellt. Die Dämmung ist bei 4000 Hz (hohe Frequenzen) fast doppelt so stark, wie bei 125 Hz (tiefe Frequenzen).

In gewissen Situationenen jedoch (Kommunikationsbedarf, Wahrnehmung von Warnsignalen, Hörverlust bei 4000 Hz etc.) ist es notwendig, zu erfahren, ob es nicht sinnvoller ist, dem Mitarbeiter einen Gehörschutz mit einer gleichwertigen Dämmung auf allen Frequenzbändern zu gewähren. Diese Art von Gehörschutz ermöglicht eine Dämmung, die auf allen Frequenzbändern gleich ist. Bei der Auswahl eines solchen Gehörschutztyps ist es jedoch wichtig, auf die Herstellerwerte zu achten: diese können starke Abweichungen in der Realität hervorrufen. (Nexer, 2011 [18])



Grafik 8: Dämmung eines Gehörschutzes mit gleichwertiger Dämmung auf allen Frequenzbereichen

2.3.6 Tabelle mit Dämmwerten eines Gehörschutzes verstehen

Frequenzen in Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Durchschnittsdämmwert (dB)	21,5	25,2	23,9	26,1	27,8	26,2	23,5	32,8
Standardabweichung (dB)	3,2	5,8	4,3	3,6	4	4,2	3,4	6,6
APV (dB)	18,3	19,4	19,6	22,5	23,8	22	20,1	26,2

H (dB)	22	M (dB)	22	L (dB)	21	SNR (dB)	24
--------	----	--------	----	--------	----	----------	----

Tabelle 5: Beispiel einer möglichen Darstellung von Dämmwerten eines Gehörschutzes

In der ersten Zeile der Tabelle 5 sind die 8 Frequenzen eingetragen, bei denen die Messungen durchgeführt wurden.

In der zweiten Zeile sind die Durchschnittsdämmwerte, die für jede Frequenz gemessen wurden, angegeben. Diese Messung wird durch eine Zertifizierungsstelle anhand von 16 Testpersonen durchgeführt.

Die dritte Zeile gibt die Standardabweichung wieder, die anhand der Messungen der Testpersonen ermittelt wurde.

Der APV auf der 4. Zeile ist das Ergebnis des Durchschnittsdämmwerts abzüglich der Standardabweichung und ist der zu berücksichtigende Wert. Wenn das INRS (in Frankreich) empfiehlt, die Standardabweichung doppelt abzuziehen, so würde dies bei 1000 Hz beispielsweise $(27,8 \text{ dB} - (2 \times 4)) = 19,8 \text{ dB}$ Dämmung ergeben, statt 23,8 dB.

In der letzten Zeile werden die Durchschnittswerte wie HML und SNR angegeben (s. Kapitel 1.6.2 und 1.6.3).

Wenn die empfohlenen Abschlüsse der Zertifizierungsstellen in Tabelle 6 berücksichtigt werden, so würden dies die folgenden Ergebnisse bei einem SNR von 24 dB ergeben:

Beispiel eines empfohlenen Abschlages bei einem SNR von 24 dB					
Empfohlen von	INRS - Frankreich		IFA - Deutschland		NIOSH - USA
Parameter	Mit Schulung	Ohne Schulung	Mit Wirksamkeitstest	Ohne Wirksamkeitstest	
Gehörschutztyp					
Kapselgehörschutz	19 dB	12 dB	ND*	19 dB	ND*
Bügelgehörschutz	19 dB	14 dB	ND*	19 dB	18 dB
Zu formende Stöpsel	19 dB	9 dB	ND*	15 dB	12 dB
Vorgeformte Stöpsel	19 dB	9 dB	ND*	19 dB	ND*
Gehörschutz-Otoplastik	19 dB	14 dB	21 dB	**	ND*

*ND: Nicht dokumentiert

** Gemäß der „Technische Regel Lärm und Vibration (TRLV Lärm)“ vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) darf keine Gehörschutz-Otoplastik ohne Funktionsprüfung getragen werden.

Tabelle 6: Beispiel des Abschlages bei einem SNR von 24 dB

2.4 Kriterium Nr. 3 - Tragekomfort



Zu formende Stöpsel

Die größten Unterschiede zwischen den angegebenen Dämmwerten und denen in der Praxis sind, wie bereits festgestellt, bei den zu formenden Gehörschutzstöpseln festzustellen.

- sie passen sich nicht jedem Gehörgang an
- für das richtige Einsetzen benötigt der Benutzer mindestens eine kurze Schulung
- die Anpassung ist allgemein besser als die bereits vorgeformten Stöpsel oder Bügelgehörschützer
- die Stöpsel können aufgrund direkten Kontakts mit den Fingern verschmutzt werden. Aus diesem Grund erfordert das Einsetzen saubere Finger und eine regelmäßige Erneuerung der Stöpsel, damit sich keine Schmutzpartikel in dem Gehörgang festsetzen können.



Vorgeformte Stöpsel

Bei den vorgeformten Stöpseln liegen ebenfalls große Unterschiede zwischen den Werten vor.

- schneller einzusetzen als die zu formenden Stöpsel
- der Teil, der in den Gehörgang eingesetzt wird, muss nicht mit den Fingern bearbeitet werden (verringert die Infektionsgefahr)
- erfordert eine regelmäßige und sorgsame Reinigung
- es ist notwendig, ein Modell zu finden, das der Beschaffenheit des Ohres entspricht, dabei können der Tragekomfort und die Wirksamkeit des Produktes darunter leiden



Bügelgehörschutz

Begrenzte Wirksamkeit, die Stöpsel „legen“ sich nur auf den Eingang des Gehörganges

- für sporadisches Tragen geeignet
- der Teil, der in den Gehörgang geht, muss nicht mit den Fingern bearbeitet werden (verringert die Infektionsgefahr)
- erfordert eine regelmäßige und sorgsame Reinigung



Kapselgehörschutz

Der Kapselgehörschutz kann ohne Probleme richtig aufgesetzt werden, wenn er richtig eingestellt und neuwertig ist. Gute Wirksamkeit im Bereich der Dämmung.

- für sporadisches Tragen geeignet
- gute Lösung für entzündete Gehörgänge oder auch für Gehörgänge/Ohren, bei denen ein chirurgischer Eingriff vorgenommen wurde.
- die Ohrmuschel muss komplett vom Kapselgehörschutz bedeckt sein, dabei muss das Tragen von Brillen, Bärten oder langen Haaren beachtet werden.
- das Schwitzen kann für den Benutzer unangenehm werden, dies kann zu einem sporadischen Tragen der Gehörschützer führen
- kann einen unangenehmen Druck auf den Kopf ausüben



Gehörschutz-Otoplastik

Die Gehörschutz-Otoplastik ist dem Ohr des Benutzers angepasst, was den Vorteil hat, dass er sehr angenehm zu tragen und einfach einzusetzen ist.

- ein falsches Einsetzen wird schnell vom Benutzer durch ein Unwohlsein bemerkt
- der Teil, der in den Gehörgang geht, muss nicht mit den Fingern bearbeitet werden (verringert die Infektionsgefahr)
- erfordert eine regelmäßige und sorgsame Reinigung
- erfordert eine Ohrabdrucknahme durch einen Experten (eine schlechte Ohrabdruckqualität verringert stark die Wirksamkeit des Gehörschutzes)

2.5 Kriterium Nr. 4 - Arbeitsumgebung und körperliche Beanspruchung

Einige Beispiele für mögliche Hindernisse:

Hindernisse	Zu formende Stöpsel	Vorgeformte Stöpsel	Bügelgehörschutz	Gehörschutz-Otoplastik (im Gehörgang sitzend)	Gehörschutz-Otoplastik (im Gehörgang sitzend) mit gleichwertiger Dämmung	Gehörschutz-Otoplastik (in der Ohrmuschel sitzend)	Kapselgehörschutz	Kapselgehörschutz für Schutzhelm
Gesenkter Kopf	ND*	ND*	ND*				ND*	ND*
Lange Haare, Bart								
Brillenträger								
Raumtemperatur > 25°C								
Bereich mit hoher Luftfeuchtigkeit								
Gesichtsschutz								
Haube								
Schutzhelm								
Atemschutzgeräte								
Sehr enger Gehörgang								
Kommunikationsbedarf (Sprache, Tel.)								
Diskretion								
Sporadischer Bedarf an Gehörschutz								

sehr geeigneter Gehörschutz	wenig geeigneter Gehörschutz	*ND = Nicht dokumentiert	nicht geeigneter Gehörschutz
------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

Tabelle 7: Hindernisse, die bei dem getragenen Gehörschutz des Benutzers bzgl. seines Umfelds, seines Gehörs etc. entstehen können.

Es ist wichtig, darauf zu achten, dass wenn andere Ausrüstungen, die für die Ausübung der Tätigkeit notwendig sind oder der Sicherheit dienen, die Leistung des getragenen Gehörschutzes verringern können. Des Weiteren müssen die physischen Besonderheiten des Benutzers (Bart, lange Haare, Brillenträger etc.), sowie die Bedürfnisse des Benutzers, die mit seiner Tätigkeit einhergehen (Kommunikation, Diskretion etc.) bei der Auswahl eines persönlichen Gehörschutzes berücksichtigt werden.

2.6 Kriterium Nr. 5 – Medizinische Auffälligkeiten

Bevor ein persönlicher Gehörschutz ausgewählt wird, ist es wichtig, zu erfahren, ob der Mitarbeiter an Ohrproblemen leidet bzw. gelitten hat, wie z.B. Entzündung des Gehörgangs, Ohrenschmerzen, Ohrenschmalzfluss oder Hörverlust.

Im Fall eines Hörverlustes (Hördefizit bei 4000 Hz beispielweise) kann ein Gehörschutz mit gleichwertiger Dämmung die richtige Lösung sein.

2.7 Kriterium Nr. 6 - Vereinbarkeit mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen

In Tabelle 7 werden die Hindernisse aufgeführt, die bei ausgeübter Tätigkeit, Umfeldfaktoren und der Vereinbarkeit anderer persönlicher Schutzausrüstungen (PSA) entstehen können.

2.8 Instandhaltung der Gehörschützer

Die Norm DIN EN 4869-2 gibt in der Einleitung an, dass die Wirksamkeit des persönlichen Gehörschutzes nur dann gegeben ist, wenn dieser auch korrekt instand gehalten wird.

Herr Rainer Weiß erklärt in seiner Studie [17], dass es wichtig ist den persönlichen Gehörschutz regelmäßig instandzuhalten, insbesondere Gehörschutz-Otoplastiken (Gegenstand seiner Studie). Diese müssen gereinigt werden, um jeglichen Wirksamkeitsverlust sowie Hautirritationen oder andere Ohrprobleme zu verhindern. Nach jedem erfolgten Arbeitstag empfiehlt Herr Weiß die Gehörschützer mit einem Desinfektionstuch oder nach den Angaben des Herstellers zu reinigen.

Bei Kapselgehörschutz wird empfohlen, die Dichtungskissen regelmäßig jedes Jahr oder maximal jedes zweite Jahr auszuwechseln.

Die Norm DIN EN 458 gibt in Kapitel 7.2 bzgl. Hygiene und Reinigung folgendes an:

„Verunreinigungen des Gehörschützers durch fremde Materialien, Lösungen, flüssige Rückstände, Stäube, besondere Stoffe usw. können Hautreizungen oder Hautabrieb bewirken. Der Benutzer sollte darauf achten, dass seine Hände beim Auf- oder Einsetzen von Gehörschützern, insbesondere bei Gehörschutzstöpseln, sauber sind. Treten während oder nach dem Gebrauch von Gehörschützern Hautreizungen auf, sollte medizinische Hilfe aufgesucht werden. Die Verwendung von Zwischenlagen kann angebracht sein, dabei sollte jedoch beachtet werden, dass dies zu einer Minderung der Schalldämmung führen kann. Nach dem Gebrauch sollten Kapselgehörschützer, insbesondere die Dichtungskissen, nach den Anweisungen des Herstellers gereinigt werden. Gehörschützer mit eingebauten elektronischen Schaltkreisen sollten vorsichtig gereinigt und nicht in Flüssigkeit eingetaucht werden.“

Wiederverwendbare Gehörschutzstöpsel sollten nach den Anweisungen des Herstellers gründlich gewaschen oder gereinigt und dann in einem sauberen Behältnis aufbewahrt werden, bis sie erneut gebraucht werden.“

In der gleichen Norm DIN EN 458 wird in Kapitel 7.3 mit dem Titel „Untersuchung und Austausch“ empfohlen, den persönlichen Gehörschutz regelmäßig auf Beschädigung zu überprüfen, um im Falle einer Beschädigung, diesen Gehörschutz auszuwechseln. Kopfbügel dürfen nicht vorsätzlich oder zufällig verformt sein. Bei Kapselgehörschutz müssen die Dichtungskissen gemäß den Angaben des Herstellers erneuert werden, sobald diese verformt, verhärtet, rissig sind oder festgestellt wird, dass die Funktion aus anderen Gründen nicht mehr voll gegeben ist. Es wird empfohlen, Austauschteile oder neue Produkte zur Verfügung zu stellen.

2.9 Schulung und Sensibilisierung

1 – Für die Risiken von Lärm sensibilisieren

2 – Für das richtige Einsetzen des persönlichen Gehörschutzes schulen

„Es ist wichtig, den Personen, die einen persönlichen Gehörschutz tragen müssen, ausreichende Informationen zu vermitteln sowie eine angemessene Schulung für jede Person durchzuführen.“

(Thiery, 2004 [11]).

Hier nun ein konkreter Fall, der von Frau Anne-Marie Robert, externe Betriebsärztin angestellt bei der Stadt Reims (Frankreich), berichtet wird.

Der vorliegende Fall kommt aus einem Unternehmen der Metallbranche.

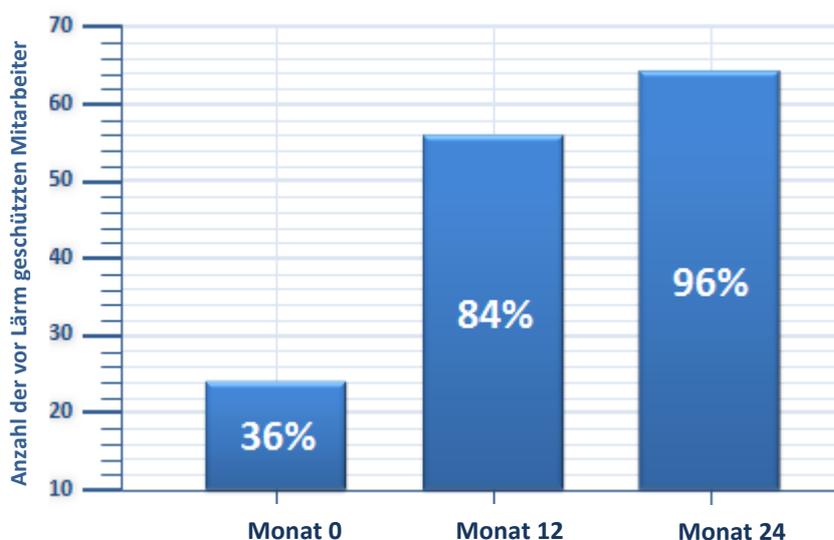
Bei insgesamt 111 Beschäftigten, sind 67 Mitarbeiter einem Lärmpegel von über 85 dB(A) ausgesetzt.

Monat 0: Bei Beginn des Projekts tragen 24 Mitarbeiter einen persönlichen Gehörschutz (Stöpsel oder Kapselgehörschutz)

Monat 12: aufgrund einer engen Zusammenarbeit des Betriebsarztes und der Mitarbeiter, haben sich 56 Mitarbeiter daran gewöhnt einen Gehörschutz zu tragen.

Monat 18: 18 Monate später, aufgrund der guten Ergebnisse, entscheidet sich das Unternehmen in Gehörschutz-Otoplastiken zu investieren.

Monat 24: innerhalb von zwei Jahren tragen 64 Mitarbeiter die ganze Zeit über die Gehörschutz-Otoplastiken.



Grafik 9: Entwicklung des Trageverhaltens des persönlichen Gehörschutzes, die aufgrund einer Sensibilisierung und anschließender Produktschulung bzgl. des richtigen Einsetzens des Gehörschutzes erreicht wurde.

Es kann festgestellt werden, dass mit einem Standardgehörschutz ohne eine besondere Aktion durchzuführen, 36% der Beschäftigten sich vor Lärm nicht permanent schützen.

1 – eine Sensibilisierung über einen Zeitraum von 12 Monaten ermöglicht 84% von anfänglichen 36% der Mitarbeiter dazu zu bewegen, sich vor Lärm zu schützen

2 – die zweite Aktion, die umgesetzt wird und

ein gutes Ergebnis erzielt, ist das Anbieten von Gehörschutz-Otoplastiken, da diese angenehmer zu tragen sind. Nach dieser Aktion schützen sich 96% der betroffenen Mitarbeiter permanent vor Lärm.

2.10 Vorteile und Einschränkungen

Gehörschutz	Vorteile	Einschränkungen
Kapselgehörschutz	Sporadisches Tragen	Tragekomfort (Hitze, Druck etc.)
	Geht nicht so leicht verloren	
	Einfache Handhabung	Verringerte Wirksamkeit bei gleichzeitigem Tragen von Brillen, langen Haaren, Bart etc. und bei untypischer Kopfform.
	Ideal bei Ohrenentzündungen oder nach Operationen am Ohr.	
	Starke Dämmung	Geringe Vereinbarkeit mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen
Gehörschutz-Otoplastik	Einfache Handhabung	Regelmäßige Instandhaltung
	Tragekomfort	Ohrabdruck muss durch einen Experten durchgeführt werden
	Langlebigkeit	Nicht für kranke Ohren geeignet
	Gute Anpassung	
	Hygienisch (Teil des Gehörschutzes, der in den Gehörgang eingesetzt wird, muss nicht mit den Fingern vorgeformt werden, wenn der Gehörschutz über einen Griff verfügt)	
	Gute Vereinbarkeit mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen	Anfänglich hohe Investition
	Hohe Tragequote	
Zu formende Stöpsel	Geringe Investition	Nicht hygienisch, da Stöpsel mit schmutzigen Fingern geformt werden
	Können besser angepasst werden, als vorgeformte Stöpsel	Kann Juckreiz hervorrufen
		Regelmäßige Erneuerung
		Nicht für kranke Ohren geeignet
	Gute Vereinbarkeit mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen	Anweisungen des Einsetzens müssen genauestens eingehalten werden
		Schwieriges bzw. für manche Ohrmorphologien unmögliches Einsetzen im Ohr.
Keine Reinigung	Auf langer Sicht: hoher Selbstkostenpreis	
Vorgeformte Stöpsel	Hygienisch (Teil des Gehörschutzes, der in den Gehörgang eingesetzt wird, muss nicht mit den Fingern vorgeformt werden, wenn der Gehörschutz über einen Griff verfügt)	Regelmäßige Instandhaltung
	Geringe Investition	Nicht für kranke Ohren geeignet
		Kann Juckreiz hervorrufen
	Abwaschbar und wiederverwendbar	Anweisungen des Einsetzens müssen genauestens eingehalten werden
	Gute Vereinbarkeit mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen	Der Durchmesser muss dem Durchmesser des Gehörgangs entsprechen
		Verringerte Wirksamkeit bei sehr stark behaarten Gehörgängen

2.11 Zusammenfassung

	Kapselgehör- schutz	Zu formende Stöpsel	Vorgeformte Stöpsel	Gehörschutz- Otoplastik
Kosten	●●●		●	●
Tragekomfort		●	●●	●●●
Schulung				●
Dämmung	●●	●	●	●●
Vereinbarkeit		●●	●●	●●●
Ökologisch	●		●	●●
SUMME	6	4	7	12

Tabelle 8: Vergleich zwischen den persönlichen Gehörschützern

[] Nicht vorhanden [●●] mittel bis gut
 [●] schwach [●●●] sehr gut

Kosten

Ermittelte Kosten während der Nutzung von Gehörschutz über einen Zeitraum von 5 Jahren

- Kapselgehörschutz muss mindestens alle 2 Jahre erneuert werden. Grundpreis eines Kapselgehörschutzes liegt bei ca. 25 € (50 €)
- Zu formende Stöpsel sind nur für den einmaligen Gebrauch geeignet, zwei Paar pro Tag werden mindestens benötigt. Der Durchschnittspreis liegt bei 0,16 € pro Paar (4200 Paare über 5 Jahre werden verbraucht = 672 €)
- Vorgeformte Stöpsel mit einem Durchschnittspreis von 3,50 € das Paar, sollten jeden Monat erneuert werden (210 €)
- Gehörschutz-Otoplastik inklusive der Reinigungsmittel über einen Zeitraum von 5 Jahren, Grundpreis liegt bei 100 €, sowie 30 € Reinigungsprodukte pro Jahr (250 €)

Tragekomfort

Schätzung des Tragekomforts über eine durchgängige Tragezeit von 8 Stunden

Schulung bzgl. des richtigen Einsetzens, Sensibilisierung bei den Mitarbeitern durchgeführt

Drei Sterne wurden der Gehörschutz-Otoplastik vergeben, da manche Hersteller systematisch eine Sensibilisierung und eine Produktschulung durchführen. Es ist jedoch wichtig, sich im Vorfeld zu informieren, da nicht alle Hersteller diese Leistung anbieten.

Dämmung

Dämmungspalette entspricht dem Lärmpegel, dem der Mitarbeiter ausgesetzt ist, damit verhindert wird, dass dieser zu hohen Lärmpegeln ausgesetzt bzw. nicht von seinem Umfeld isoliert ist. Dieser Punkt berücksichtigt ebenfalls die festgestellten Unterschiede zwischen den angegebenen Dämmwerten und denen, die der Realität entsprechen.

Vereinbarkeit mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen und Hindernisse

Nur die Gehörschutz-Otoplastik mit einem Filter mit gleichwertiger Dämmung (s. Tabelle 7) ausgestattet, erhält aufgrund der Tatsache, dass die Kommunikation und die Ausstattung eines Mitarbeiters, der einen Hörverlust im hochfrequenten Bereich hat, drei Sterne. Dieser Filter ist jedoch nicht in allen Modellen einsetzbar und ist somit nur in einem kleinen Teil der Gruppe von Gehörschutz-Otoplastiken vorhanden.

Ökologisch

Kein einziges Modell der persönlichen Gehörschützer ist recyclebar. Hier werden die Bestandteile und das Abfallvolumen analysiert.

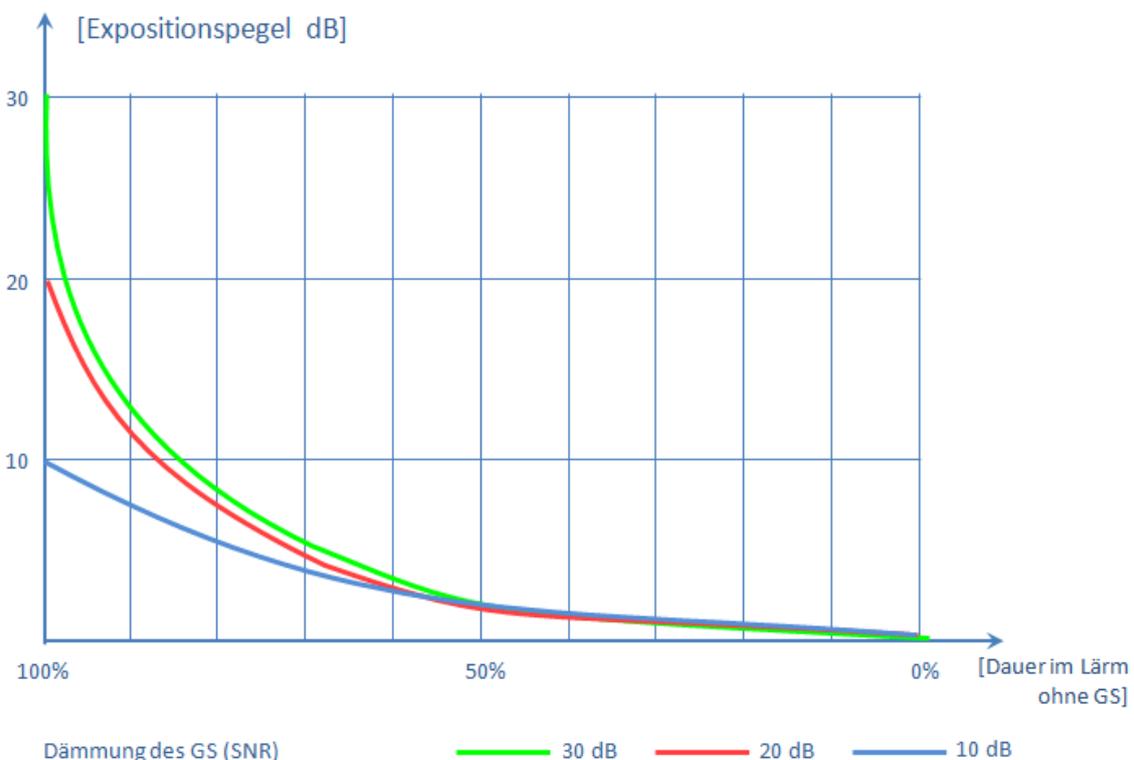
2.12 Der Tragekomfort

Ein sehr wichtiger Faktor für eine gute Wirksamkeit eines persönlichen Gehörschutzes ist die Tragequote. Denn der beste Gehörschutz ist der, der auch getragen wird. Und um die volle Wirksamkeit zu erzielen, muss der Gehörschutz die ganze Zeit über im Lärm getragen werden.

Für eine 100%ige Tragequote müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Ein Gehörschutz der angenehm zu tragen ist
2. Angepasste Dämmung (nicht zu stark, nicht zu schwach)
3. Sensibilisierung des Mitarbeiters für die Gefahren von Lärm
4. Produktschulung des Mitarbeiters bzgl. des richtigen Einsetzens des Gehörschutzes

Eine 100%ige Tragequote ist notwendig, um das Hörvermögen des Mitarbeiters zu erhalten. Grafik 10 zeigt drei Gehörschützer mit unterschiedlichen Dämmungen.



Grafik 10: Dämmleistung der Gehörschützer je nach Verringerung der Tragedauer (EN458)

Bei einem Nicht-Tragen des Gehörschutzes, auch wenn diese Zeit sehr kurz ist, verliert der Gehörschutz sehr schnell seine Wirksamkeit. Wenn ein Mitarbeiter seinen Gehörschutz nur 50% der Zeit trägt, in der er Lärm ausgesetzt ist, so liegt die Wirksamkeit des Gehörschutzes bei 3 dB also fast bei Null.

Die vorherige Grafik wird nun in zwei konkreten Beispielen bildlich dargestellt. Diese zeigen, wie wichtig es ist, den Gehörschutz 100% der Zeit zu tragen, der man Lärm ausgesetzt ist:



Abbildung 14: Wirksamkeitsverlust bei Nicht-Tragen des Gehörschutzes (Beispiel 1)

In diesem Beispiel wird deutlich, dass schon allein bei einer 2minütigen Aussetzung des Gehörschutzes während einer 8stündigen Arbeitszeit, die Wirksamkeit um 25% verringert wird.



Abbildung 15: Wirksamkeitsverlust bei Nicht-Tragen des Gehörschutzes (Beispiel 2)

In dem zweiten Beispiel wird deutlich, dass die Wirksamkeit des Gehörschutzes kaum noch vorhanden ist, obwohl der Gehörschutz nur 2 Stunden im Lärm nicht getragen wurde.

3 Fazit

Wenn 7% der Mitarbeiter mindestens 20 Stunden in der Woche gehörschädigendem Lärm ausgesetzt sind, so sind mehr als 2% dieser Mitarbeiter ohne tatsächlichen Schutz gegen Lärm. Männer sind 5 Mal mehr betroffen als Frauen, insbesondere in der Industrie.

Lärm löst unterschiedliche Auswirkungen auf den menschlichen Körper aus. Die schlimmste ist die Schwerhörigkeit, die irreversibel ist. Hörverlust ist in Frankreich auf Platz 4 der anerkannten Berufskrankheiten und in Deutschland sogar auf Platz 1 und ist mit sehr hohen Kosten verbunden.

Die Gesetzgebung wurde in Frankreich 2006 und in Deutschland 2007 verschärft und schreibt den Unternehmen vor, ihre Mitarbeiter vor Lärm zu schützen. Jeder Mitarbeiter muss einen Gehörschutz zur Verfügung haben, sobald der Lärmpegel bei 80 dB(A) bei einer Dauer von 8 Std./Tag liegt. Sollte dieser Lärmpegel 85 dB(A) erreichen, so wird das Tragen des Gehörschutzes Pflicht und das Unternehmen muss dafür sorgen, dass der Gehörschutz getragen wird.

Um einen persönlichen Gehörschutz auszuwählen, so gibt die Norm DIN EN 458 folgende Kriterien an, die berücksichtigt werden sollten:

- Der Gehörschutz muss CE zertifiziert sein und muss den Empfehlungen der Norm DIN EN 352 entsprechen (Minimaldämmung, Beständigkeit bei Fallbelastung etc.).
- Die Dämmung muss an die Bedürfnisse des Mitarbeiters angepasst sein, muss eine adäquate Dämmung gewährleisten, ohne den Mitarbeiter von seinem Umfeld zu isolieren. Es ist empfehlenswert, die angegebenen Dämmwerte vom Hersteller zu mindern, da die Angaben nicht den tatsächlichen Werten entsprechen.
- Der Tragekomfort: Damit ein Gehörschutz getragen wird, muss dieser angenehm zu tragen sein und darf in dieser Hinsicht nicht vernachlässigt werden.
- Arbeitsumgebung, Tätigkeitsfeld, Verträglichkeit mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen müssen berücksichtigt werden
- Im Fall von medizinischen Auffälligkeiten, wie Hörverlust oder Ohrenprobleme, muss der Arzt konsultiert werden.

Die Instandhaltung und die Erneuerung der Gehörschützer muss berücksichtigt werden, um die Wirksamkeit zu gewährleisten und um Entzündungen oder andere Ohrenprobleme zu verhindern.

Damit der Gehörschutz getragen wird, ist es empfehlenswert die Mitarbeiter vor den Risiken von Lärm zu sensibilisieren und das richtige Einsetzen des Gehörschutzes zu schulen.

Anhand einer Analyse der gesamten Gehörschutztypen in Bezug auf die unterschiedlichen Kriterien, die angesprochen wurden, sind die Gehörschutz-Otoplastiken die interessantesten von allen. Auf langer Sicht sind diese wirtschaftlich, angenehm zu tragen, gut vereinbar mit

anderen persönlichen Schutzausrüstungen, wenige Hindernisse für Tätigkeit und Arbeitsumfeld des Mitarbeiters.

Die Kapselgehörschützer sowie die vorgeformten Stöpsel erhalten die gleiche Anzahl an Punkten. Die wirtschaftlichere Variante ist der Kapselgehörschutz, bei dem allerdings der Tragekomfort sowie die Vereinbarkeit mit einigen Tätigkeitsbereichen oder mit anderen Schutzausrüstungen nicht 100% gewährleistet wird.

Der vorgeformte Stöpsel ist einfach in der Handhabung, wirtschaftlich sowie vereinbar mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen. Nachteil bei diesem Gehörschutztyp sowie bei den zu formenden Stöpsel ist, dass keine Produktschulung durchgeführt wird und somit eine schwächere Dämmung hervorgerufen wird als vom Hersteller angegeben.

Die zu formenden Stöpsel, die nur für den einmaligen Gebrauch geeignet sind und bei denen ebenfalls keine Produktschulung für das richtige Einsetzen durchgeführt wird, sind auf lange Sicht gesehen, kostenaufwendig. Dies liegt daran, dass pro Tag zwei Paar benutzt werden und der Gehörschutz somit ca. 700 € auf 5 Jahre gerechnet kostet.

Der wichtigste Faktor bei einem Gehörschutz ist die Tragezeit. Denn bei einem Nicht-Tragen von 2 Minuten verringert sich die Wirksamkeit des Gehörschutzes um 25%.

Als Fazit gibt es demnach nur eins zu sagen: das Ziel ist, eine Tragequote von 100% zu erreichen.

Es gibt zwei Bedingungen, um dieses Ziel zu erreichen:

- 1- Mitarbeiter schulen und sensibilisieren
- 2- Einen angemessenen Gehörschutz zur Verfügung stellen.

1.
Ziel

100%ige Tragequote

2.
Bedingungen

1 – Mitarbeiter schulen und sensibilisieren

2 – angemessenen Gehörschutz zur Verfügung stellen

4 Literaturverzeichnis

- [1] M. Honneger, *Science de la musique* (1976)
- [2] P. Meunier et C. Bouillon, *Mission d'information sur les nuisances sonores* (2011)
- [3] Umweltbundesamt 2010 - Lärmbilanz 2010
- [4] World Health Organization (OMS) – *Burden of Disease from environmental Noise – Quantify of healthy life years lost in Europe* (2011)
- [5] Rapport SUMER 2003 (surveillance médicale des risques professionnels) (2005)
- [6] Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Statistischen Bundesamt Gesundheitsberichterstattung des Bundes – Heft 29 (2006)
- [7] DARES (Direction de l'Animation de la Recherche, des Etudes et des Statistiques) - *Accidents et conditions de travail* (2007)
- [8] P. Campo, *Bruit et agents ototoxiques* - INRS ED5028 (2005)
- [9] INRS, *Evaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit* - INRS ED6035 (2009)
- [10] BAUA, *Laut ist teuer! Tipps für den Einkauf leiser Maschinen* - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Oktober 2011)
- [11] L. Thiery, *Nouvelles dispositions relatives à la protection des travailleurs* – INRS/Préventica (2004)
- [12] P. Campo et A. Damongéot, *La pondération « A » est-elle un indicateur pertinent de la nocivité des bruits de basses fréquences ?* – INRS CDU 612.014.45 (1991)
- [13] SUVA, *Tableaux des niveaux sonores* (2010).
- [14] Damongéot, R. Lataye, A. et al., *Affaiblissement acoustique apporté par une double protection de l'ouïe (serre-tête + bouchons d'oreille)* – INRS CDU 614.892 (1990)
- [15] Kusy, *Affaiblissement acoustique in situ des protecteurs individuels contre le bruit – étude bibliographique* – INRS ND2295 (2008)
- [16] Pfeiffer, H. Kuhn et al., *Schalldämmung von Gehörschützern in der betrieblichen Praxis*. BGIA (1989)
- [17] R. Weiß, *Berufsgenossenschaft Holz und Metall, BGMS-Präventionsbericht 2/2006, Studie zur Schutzwirkung von Gehörschutz-Otoplastiken*
- [18] G. Nexer, *Choisir un protecteur individuel contre le bruit à affaiblissement à réponse uniforme* (2011)

Anhang 1 – Einige Rechenformeln

Berechnung des Lärmexpositionspegels $L_{EX,8h}$

Der Mitarbeiter ist einem einzigen Lärmpegel über eine Zeit von weniger oder mehr als 8 Stunden ausgesetzt

Der L_{ex8} kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$L_{ex8} = LA_{eqT} + 10\log(T/8)$$

Die Variabel T ist die Dauer in Stunden der Tätigkeit.

Korrektur in dB, die dem L_{eq} hinzugefügt werden muss, um den L_{ex} zu ermitteln

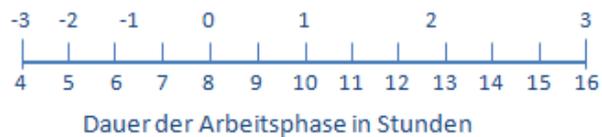


Abbildung A1: Korrekturmaße in dB je nach Dauer der Tätigkeit

Das gleiche Ergebnis erhält man mit der Abbildung A1 in dem die Korrekturen in dB angegeben sind, die dem L_{eq} hinzugefügt werden, je nach Dauer der Arbeitsphase.

Die unteren Zahlen repräsentieren die tatsächliche Dauer der Arbeitsphase, die oberen Zahlen entsprechen den Korrekturwerten, die dem L_{Aeq} hinzugerechnet werden müssen, um den L_{ex8} zu ermitteln.

Nehmen wir beispielsweise eine Arbeitsphase von 10 Stunden, so liegt der Korrekturwert bei 1 dB(A) für den L_{Aeq} . Ein Mitarbeiter, der einem Lärmpegel von 88 dB(A) über einen Zeitraum von 10 Stunden ausgesetzt ist wird einen L_{ex8} von 88 dB(A) + 1 = 89 dB(A) haben.

Bei einer Arbeitsphase von 12 Stunden wären dies 88 dB(A) + 1,7 = 89,7 dB(A).

Mehrere Lärmpegel addieren

Unterschiedliche Lärmpegel lassen sich nicht linear addieren, sondern müssen nach logarithmischen Formeln berechnet werden. Beispiel: 85 dB + 85 dB ergeben nicht 170 dB, sondern 88 dB. Bei jeder Verdoppelung der Lärmquelle, müssen 3 dB hinzugefügt werden. Wie ist es jedoch, wenn die zu addierenden Lärmpegel nicht gleich sind?

Entweder kann folgende Rechnung durchgeführt werden: $10 \cdot \log(10^{S1/10} + 10^{S2/10} + \dots + 10^{Sn/10})$

Oder aber die Tabelle A1 kann benutzt werden.

Beispiel:

An einem bestimmten Punkt werden die Lärmpegel von 3 unterschiedlichen Maschinen gemessen:

- Quelle Nr. 1: 78dB
- Quelle Nr. 2: 87dB
- Quelle Nr. 3: 89dB

Differenz zwischen 2 zu addierenden Lärmpegeln	Korrektur, die zu dem höheren Lärmpegel addiert werden muss
0	+ 3
1	+ 2,54
1,5	+ 2,32
2	+ 2,12
2,5	+ 1,94
3	+ 1,75
4	+ 1,45
5	+ 1,20
6	+ 0,97
7	+ 0,78
8	+ 0,63
9	+ 0,51
10	+ 0,41
12	+ 0,27
14	+ 0,17
16	+ 0,11
18	+ 0,07
20	+ 0,05

Tabelle A1: Berechnung mehrerer Lärmpegel. Korrektur, die zu dem höheren Lärmpegel addiert werden muss.

Der gesamte Lärmpegel, wenn alle 3 Quellen gleichzeitig Lärm ausstrahlen, wäre, nach der Ermittlung der Differenzen zwischen den 3 unterschiedlichen Lärmpegeln nach Größe geordnet, folgende:

Es wird die Differenz zwischen den zwei schwächsten Quellen ermittelt: $87 - 78 = 12$, sprich eine Korrektur von + 0,27 dB (s. Tabelle A1), die dem höheren Lärmpegel (87 dB) hinzugefügt werden muss. Dies ergibt: $87 + 0,27 = 87,3$

Anschließend wird die Differenz des höchsten Lärmpegels mit dem vorherigen Ergebnis ermittelt: $89 - 87,3 = 1,7$, sprich eine Korrektur von + 2,32 dB (s. Tabelle A1) muss dem höheren Lärmpegel (89 dB) hinzugefügt werden.

Somit beträgt der Gesamtlärmpegel $(89 + 2,32) = 91,2$ dB

Drei Dezibel werden hinzugefügt, wenn es sich um zwei gleich laute Lärmpegel handelt. Sobald es eine Differenz über 10 zwischen zwei Lärmpegeln ermittelt wird, so entspricht der Gesamtlärmpegel dem höheren Lärmpegel.

Lärmexpositionszeit

Lärmpegel in dB(A)	Maximale Lärmexpositionszeit in Std.
80	08:00:00
83	04:00:00
86	02:00:00
89	01:00:00
92	00:30:00
95	00:15:00
98	00:07:30
101	00:03:45
104	00:01:22
107	00:00:41
110	00:00:20

Bei einer Verdoppelung des Lärmpegels erhöht sich der Gesamtlärmpegel nur um 3 dB. Dieser Faktor gilt ebenfalls bei einer täglichen Lärmexpositions-dosis durch den Lärmpegel und die Dauer der Exposition.

Man kann sagen, dass „wenn der Lärmpegel verdoppelt wird (+3 dB), so bleibt die Lärmdosis unverändert, wenn die Expositionszeit um die Hälfte reduziert wird“.

Tabelle A2: Entsprechungen zwischen dem Lärmpegel und der maximalen Lärmexpositionszeit (ohne weitere Lärmexpositionszeiten zu berücksichtigen)

Weitere Excellisten geben unterschiedliche Berechnungen wieder, die unter www.hearingprotech.com unter der Rubrik Downloads heruntergeladen werden können.