

Hörschäden in der Industrie

J. Nemecek

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich

Es ist längst bekannt, dass die hohen Lärmpegel bei der Arbeit Schädigungen des Gehörs verursachen können. In manchen Betrieben, in denen eine solche Situation besteht, wurde gute Arbeit für die Lärmverminderung geleistet, während in vielen anderen Betrieben diese Gefahr nicht erkannt oder unterschätzt wird. Sehr oft gewöhnen sich die Arbeiter an zu grossen Lärm, sie lehnen individuellen Ohrenschutz ab und merken die progressive Verschlechterung ihres Gehörs erst dann, wenn es zu spät ist und wenn die Schädigungen nicht mehr heilbar sind.

1 Vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle

Starke Lärmreize führen zunächst zu Hörverlusten reversibler Natur, die als vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle bezeichnet werden. Diese Verschiebung ist kurzfristig, nach einer gewissen Zeit wird das vorherige Hörvermögen wiederhergestellt. Subjektiv wird sie als «Vertäubung» wahrgenommen. Zu deren objektiver Feststellung wird die Hörschwelle kurz nach dem Abklingen des Lärmreizes sowie nach der Wiederherstellung der normalen Hörschwelle audiometrisch gemessen. Der Unterschied der beiden Hörschwellen wird in Dezibel ausgedrückt. Für das Ausmass der vorübergehenden Hörverluste sind folgende akustische Gegebenheiten ausschlaggebend.

1.1 Lärmintensität

Hood [4] hat den Einfluss verschiedener Lärmintensitäten im Labor untersucht. Versuchspersonen wurden Reizintensitäten von 60 bis 110 dB eines reinen Tons von 2000 Hz ausgesetzt. 10 Sekunden nach Abklingen des Reizes wurde die Hörschwelle bei der gleichen Frequenz gemessen. Die Intensitäten von 60

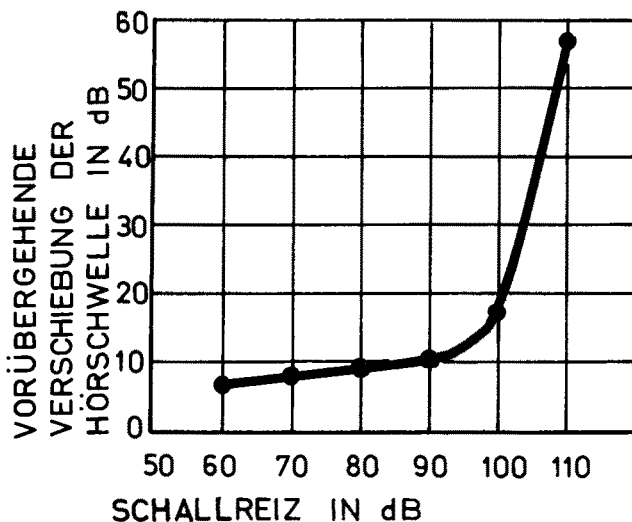


Abbildung 1
Die vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle durch Schallreize verschiedener Intensitäten.

Das Risiko von Hörschäden in der Industrie kann auf Grund der heutigen Kenntnisse in guter Annäherung bestimmt werden. Diese Kenntnisse bilden die Grundlagen für sinnvolle Schutzmassnahmen.

bis 90 dB verursachten eine geringe Verschiebung der Hörschwelle von 7 bis 10 dB. Die Verschiebung der Hörschwelle durch Intensitäten von mehr als 90 dB war dagegen um ein Mehrfaches grösser: sie betrug 18 dB bei einem Schallreiz von 100 dB und sogar 57 dB bei einem Schallreiz von 110 dB. Die graphische Darstellung der Ergebnisse ist aus *Abbildung 1* ersichtlich.

1.2 Expositionsdauer

Der Einfluss verschiedener Expositionszeiten (bis zu 100 Minuten) und verschiedener Intensitäten (90 bis 105 dB) wurde in Laboruntersuchungen von *Ward, Glorig* und *Sillar* [9] ermittelt. Dabei wurde die Verschiebung der Hörschwelle 2 Minuten nach Abklingen des Schallreizes gemessen. Die Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Verschiebung der Hörschwellen war proportional zu der Expositionsdauer.
- Bei höheren Intensitäten war diese Proportionalität progressiver.

Ferner wurde die nötige Zeitspanne zur Wiederherstellung der «normalen» Anfangshörschwelle gemessen. Sie war 10mal länger als die Dauer des Schallreizes. So verursachte zum Beispiel ein 100 Minuten dauernder Schallreiz von 100 dB eine Verschiebung der Hörschwelle von 32 dB, und die Wiederherstellung der Anfangsschwelle betrug etwas mehr als 1000 Minuten. Die Resultate der Untersuchungen sind in *Abbildung 2* graphisch dargestellt.

1.3 Intermittierende Lärmreize

Alternierende Lärm- und Ruheperioden führen zu einer Reduktion der vorübergehenden Hörverluste. Dies wurde durch Versuche von *Ward, Glorig* und *Sillar* ermittelt [10]. Während drei Versuchsanordnungen wurde der gleiche Lärmreiz von 102 dB angewandt. Bei der ersten Versuchsanordnung dauerte die Exposition ununterbrochen 8 Stunden. Während der beiden anderen Versuchsanordnungen war die Belastung der Versuchspersonen durch akustische Energie um die Hälfte kleiner: beim zweiten Versuch dauerte die Exposition ununterbrochen 4 Stunden, beim dritten Versuch alternierten Lärm- und Ruheperioden von je 30 Sekunden während 8 Stunden. Nach Abschluss jedes Versuches wurde die vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle gemessen. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 1* aufgeführt.

Die vorübergehenden Hörverluste waren nach

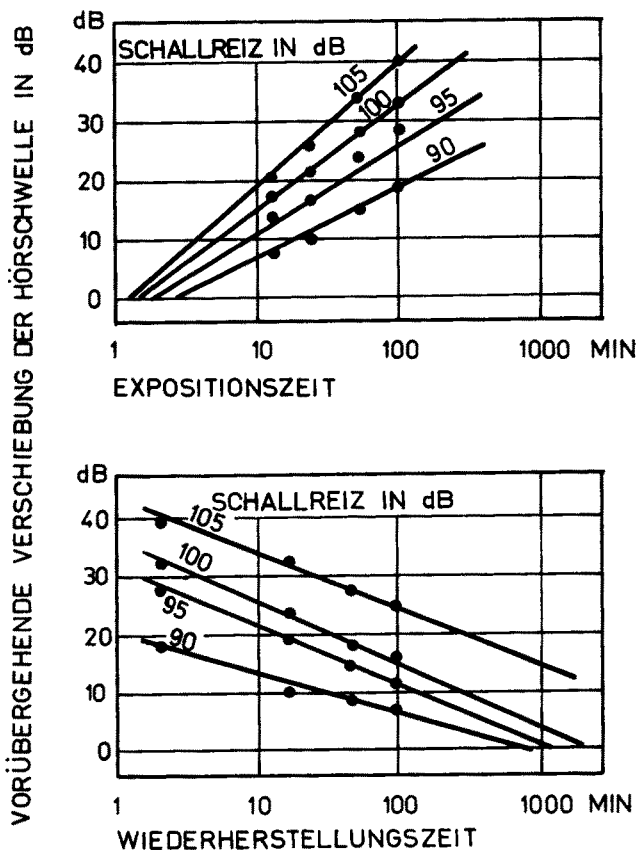


Abbildung 2 Die vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle durch Schallreize verschiedener Intensitäten und Expositionsdauer und die Wiederherstellung der «normalen» Anfangsschwelle.

Tabelle 1 Vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle durch Lärm

Expositionsdauer bei Reizintensität 102 dB	Vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle bei 4000 Hz
8 Stunden ununterbrochen	44
4 Stunden ununterbrochen	38,5
8 Stunden alternierend: (30 s Lärm - 30 s Ruhe)	22

einer vierstündigen Exposition durch kontinuierlichen Lärm nur um einige Dezibel kleiner als diejenigen nach einer Exposition von 8 Stunden. Hingegen verursachte die gleich lange dauernde, aber nur 50prozentige energetische Belastung durch die regelmässig alternierenden Lärm- und Ruheperioden eine um 50 % geringere Verschiebung der Hörschwelle.

2 Gehörbeeinträchtigungen

2.1 Lärmbedingte Schwerhörigkeit

Als lärmbedingte Beeinträchtigung des Gehörs bezeichnet man, gemäss einer Definition der ISO [5],

einen Zustand, bei dem die Wiederherstellung der «normalen» Hörschwelle während 10 Tagen nach dem Abklingen der Lärmexposition nicht erreicht worden ist. Der Zeitpunkt der beginnenden Gehörbeeinträchtigung ist schwer festzustellen, weil sich diese über Monate und Jahre bildet. In einer ersten Phase erscheinen die Hörverluste in einem Frequenzbereich von 4000 Hz, in den nächsten Stadien verbreiten sich diese in die benachbarten Frequenzbereiche. In späteren Stadien erscheinen die Hörverluste im Frequenzbereich der Sprache von 2000 Hz und weniger. Erst dann wird die Person allmählich auf ihren Hörverlust aufmerksam und nimmt ihre Hörschädigung wahr. Der progressive Charakter und die stetige Zunahme der Hörverluste wurden von Taylor et al. [8] untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind aus Abbildung 3 ersichtlich.

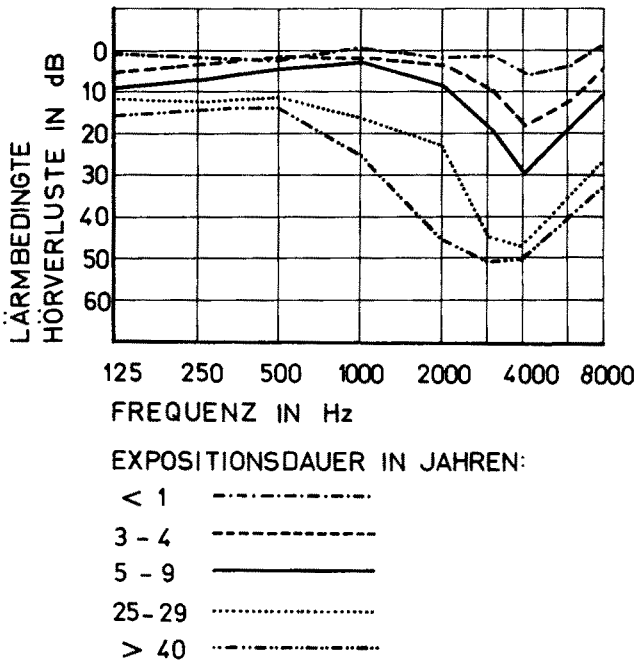


Abbildung 3 Die lärmbedingten Hörverluste durch verschiedene Expositions-dauer.

Die Erforschung der dauernden Hörschwellenverschiebung infolge der jahrelang dauernden Lärmexposition ist schwer durchführbar. Zu solchen Studien verwendet man Untersuchungen der vorübergehenden Hörschwellenverschiebung als Modellsituation. Kryter und Mitarbeiter [7] haben die Beziehung zwischen diesen beiden Arten wie folgt definiert: Die dauernde Verschiebung der Hörschwelle nach einer etwa 10 Jahre dauernden, kontinuierlichen Lärmexposition von 8 Stunden täglich hat den gleichen dB-Wert wie eine vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle nach einer 8stündigen Exposition zu kontinuierlichem Lärm gleichen Charakters.

2.2 Altersbedingte Schwerhörigkeit

Die allgemeine Erfahrung lehrt, dass ältere Personen schwerhörig sind. Diese Erscheinung ist nicht durch eine Lärmexposition bedingt, sondern durch das Alter der Person. Sie nimmt vom 20. Lebensjahr an zu. Die grössten Beeinträchtigungen des Hörvermögens kommen bei den hohen Frequenzbereichen vor, bei den tiefen Frequenzen sind sie geringer. Dies wird als altersbedingte dauernde Verschiebung der Hörschwelle - Presbycusis - bezeichnet.

3 Bewertungsmasse und Grenzwerte

Auf Grund zahlreicher Untersuchungen wurden Bewertungsmasse zur Beurteilung einer Lärmsituation vorgeschlagen, und Grenzwerte für Gewährleistung des Gehörs wurden empfohlen. Auf einige von diesen wollen wir im folgenden eingehen.

3.1 Kontinuierliche Lärmexposition

Für eine andauernde konstante Lärmexposition während 8 Stunden im Tag empfiehlt die ISO [5] ein Bewertungsverfahren mit N-Kurven (Noise Rating Curves). Solche N-Kurven sind in *Abbildung 4* dargestellt. Jede N-Kurve ist numeriert, und die Nummern entsprechen dem Schallpegel in dB des Oktavbandes mit Mittelfrequenz 1000 Hz. Die Schallpegel in dB der Oktavbänder des gemessenen Lärms werden auf diese N-Kurven gelegt. Man sucht diejenige Kurve, welche Berührungspunkte mit dem gemessenen Oktavbandspektrum aufweist; diese Kurve bewertet die Lärmsituation.

Die ISO-Empfehlung definiert den Grenzwert für das Risiko von Lärmschwerhörigkeit. Eine tägliche Exposition von 8 Stunden während 10 Jahren zu einem kontinuierlichen Lärm, welcher der N-Kurve 85 gleich ist, verursacht nur unwesentliche Hörschäden.

Steht keine Oktavbandanalyse zur Verfügung, so kann eine Lärmsituation auf Grund des gemessenen Schallpegels grob beurteilt werden. Dabei kann man sich nach *Grandjean* [3] bei täglichen Expositionen von 8 Stunden an folgende Grenzwerte halten:

- bei Lärm mit vorwiegend hohen Frequenzen von mehr als 1000 Hz: 85 dB(A),
- bei Lärm mit vorwiegend niedrigen Frequenzen von weniger als 1000 Hz: 95 dB(A).

Laut Richtlinien des britischen Arbeitsamtes [2] soll der Lärmpegel eines während 8 Stunden gleichbleibenden Lärms den Wert von 90 dB(A) nicht erreichen.

3.2 Nichtkontinuierliche Lärmexposition

Dauert die Lärmexposition weniger als 8 Stunden, oder ist der Lärmpegel schwankend, kann die Lärmsituation durch einen berechneten äquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} ausgedrückt werden. Der äquivalente Dauerschallpegel ist der Schallpegel eines 8

Stunden dauernden Geräusches, das etwa die gleiche, durch die A-Kurve bewertete akustische Energie hat wie das zeitlich schwankende Geräusch.

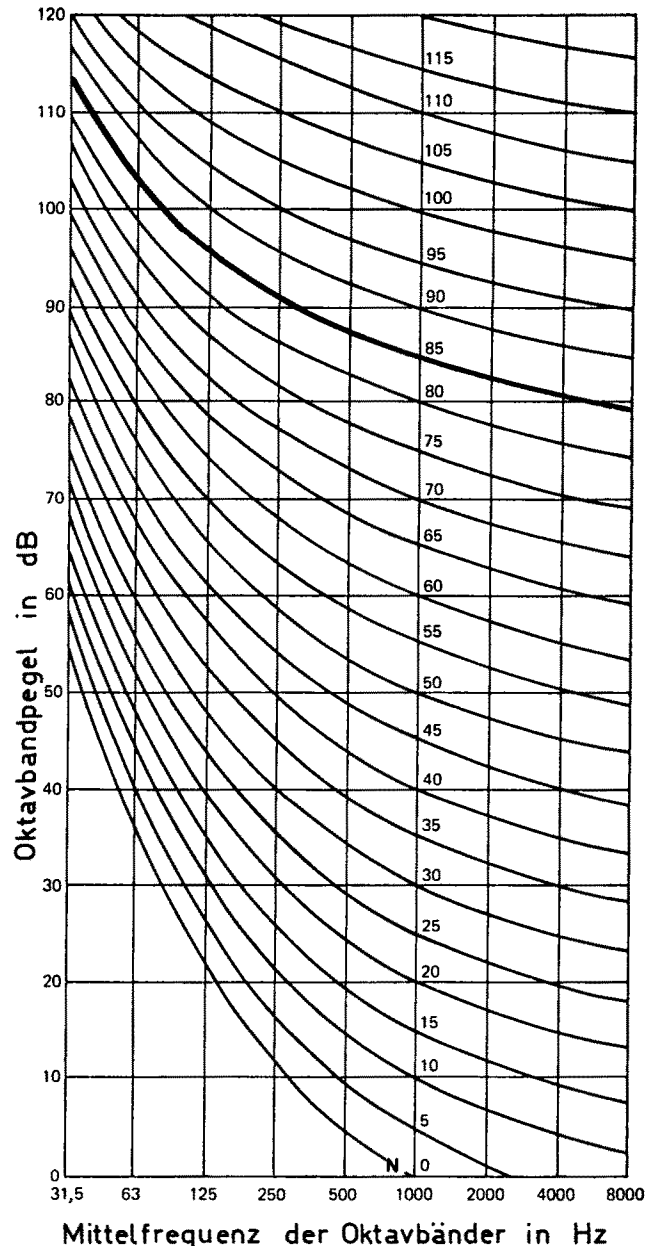


Abbildung 4 N-Kurven (ISO) zur Bewertung des Oktavbandspektrums.

Der äquivalente Dauerschallpegel kann aus dem in *Abbildung 5* dargestellten Nomogramm [2] abgelesen werden. Mit einer Geraden verbindet man den dB-Wert auf Skala «L», welcher dem gemessenen Lärmpegel entspricht, mit dem Wert der Expositionsdauer auf Skala «t». Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Skala « L_{eq} » ergibt den Wert des äquivalenten

Dauerschallpegels. Die Lärmsituationen mit Lärmpegel von weniger als 85 dB(A) werden nicht berücksichtigt¹.

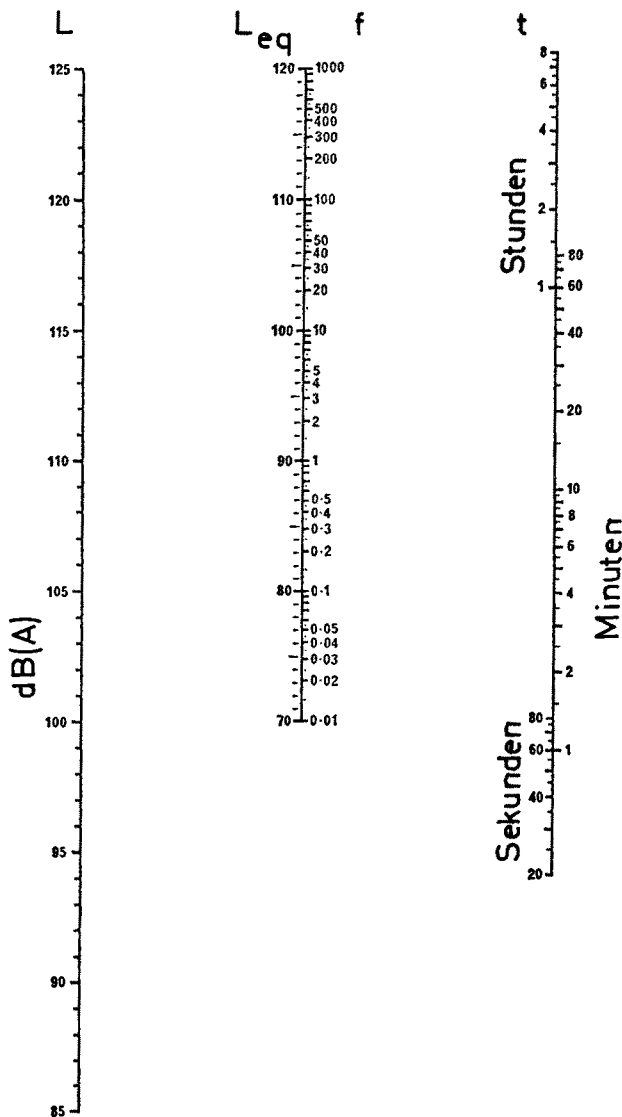


Abbildung 5
Nomogramm zur Bestimmung des äquivalenten Dauerschallpegels L_{eq} .

Bei Situationen mit wechselndem Lärmpegel wird zu jedem Lärmpegel für die entsprechende Expositionsdauer eine Fraktions-Exposition «f» ermittelt. Die Fraktions-Exposition hat etwa die gleiche, durch die A-Kurve bewertete akustische Energie wie eine be-

¹ Beispiel: Eine Person wird 2¼ Stunden einem Lärm von 102 dB(A) ausgesetzt. Den Rest des Tages verbringt sie in einem Lärm von weniger als 80 dB(A), dieser wird nicht berücksichtigt. Ablesen im Nomogramm: verbinde 102 dB(A) auf Skala «L» mit 2¼ Stunden auf Skala «t» und lese $L_{eq} = 96$ dB(A) auf Skala « L_{eq} » ab.

stimmte Dosis von Energie des 8 Stunden dauernden Lärms von 90 dB(A). Die Summe der Fraktions-Expositionen über die ganze Arbeitsschicht bestimmt den entsprechenden äquivalenten Dauerschallpegel. Dieser kann ebenso aus dem Nomogramm in *Abbildung 5* erhalten werden. Für jeden Lärmpegel wird der dB-Wert auf Skala «L» mit dem Wert der entsprechenden Dauer auf Skala «t» verbunden. Der Schnittpunkt der Verbindungslinie mit der Skala «f» gibt den Wert der Fraktions-Exposition. Die «f»-Werte werden für die ganze Arbeitsschicht addiert. Ihre Summe bestimmt auf Skala « L_{eq} » den äquivalenten Dauerschallpegel².

Laut Richtlinien des britischen Arbeitsamtes [2] soll der äquivalente Dauerschallpegel L_{eq} einer nicht-kontinuierlichen Lärmsituation den Wert von 90 dB(A) nicht erreichen.

Manchmal ist die Messung der Expositionsdauer einer Lärmsituation sehr schwierig. Dies kommt vor, wenn eine Person in mehreren Lärmzonen mit unterschiedlichen, nichtkontinuierlichen Lärmpegeln verweilt. Erreicht oder überschreitet irgendein Lärmpegel den Wert von 90 dB(A), muss die gesamte Lärmsituation als übermässig betrachtet werden, und Schutzmassnahmen sind zu treffen.

3.3 Messungen

Die Messungen zur Beurteilung einer Lärmsituation müssen nicht über die gesamte Arbeitsschicht durchgeführt werden, doch müssen die Messperioden für den Arbeitstag typisch sein.

4 Prognosen über Hörschäden

Erreicht oder überschreitet der Lärm am Arbeitsplatz die empfohlenen Grenzwerte, ist eine lärmbedingte Gehörschädigung zu erwarten. Eine solche Gehörschädigung wird als dauernde Verschiebung der Hörschwelle von 25 dB und mehr in den Oktavbändern mit Mittelfrequenzen von 500, 1000 und 2000 Hz definiert. Auf Grund zahlreicher audiometrischer Untersuchungen ist in einer ISO-Empfehlung [6] ein Verfahren zur Einschätzung der Gehörsgefährdung festgestellt worden. Als Ausmass für das Risiko einer Beeinträchtigung bezeichnet man den Prozentsatz von Personen, welche nach bestimmten Lärmexpositionen eine lärmbedingte Hörschädigung aufwiesen.

Das Risiko der Beeinträchtigung in Abhängigkeit des äquivalenten Dauerschallpegels und der Exposi-

² Beispiel: 4 wechselnde Lärmpegel

Lärmpegel in dB(A)	Expositionsdauer	Fraktions-Exposition aus Nomogramm
114	10 Min.	5,2
105	45 Min.	3,0
92	5 Stunden	1,0
82	2 St. 5 Min.	-
8 Stunden		9,2 entspricht $L_{eq} = 100$ dB(A)

tionsdauer in Jahren ist in *Tabelle 2* ersichtlich. Der L_{eq} für eine nichtkontinuierliche Lärmsituation wird nach der im Absatz 32 angegebenen Methode bestimmt, für einen kontinuierlichen Lärm ist der L_{eq} gleich dem gemessenen Lärmpegel. In der Tabelle sind jeweils zwei Arten einer Gehörbeeinträchtigung angegeben: einmal die lärmbedingten, daneben die durch Lärm und Alter bedingten.

Tabelle 2
Risiko der Gehörbeeinträchtigung in Prozent in Abhängigkeit des äquivalenten Dauerschallpegels L_{eq} und der Expositionsdauer in Jahren

Äquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} in dB(A)	Beeinträchtigung durch:	Expositionsdauer in Jahren									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
80	Lärm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lärm u. Alter	1	2	3	5	7	10	14	21	33	50
85	Lärm	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
	Lärm u. Alter	1	3	6	9	13	17	22	30	43	57
90	Lärm	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
	Lärm u. Alter	1	6	13	18	22	26	32	41	54	65
95	Lärm	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
	Lärm u. Alter	1	9	20	28	34	39	45	53	62	73
100	Lärm	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
	Lärm u. Alter	1	14	32	42	48	53	58	65	74	83
105	Lärm	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
	Lärm u. Alter	1	20	45	57	64	70	76	82	87	91
110	Lärm	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
	Lärm u. Alter	1	28	58	75	84	88	91	93	95	95
115	Lärm	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47
	Lärm u. Alter	1	38	74	87	93	94	95	96	97	97

5 Schutzmassnahmen

In Betrieben und an Arbeitsplätzen, wo die Grenzwerte erreicht oder überschritten werden, sind Schutzmassnahmen zu treffen. Die technischen Massnahmen zur Lärmbekämpfung erfordern sowohl Kenntnisse der technischen Akustik als auch Fachkenntnisse über Maschinen- und Baukonstruktionen sowie Arbeitsprozesse. Im folgenden werden einige Hinweise und Beispiele erwähnt.

5.1 Reduktion an der Lärmquelle

An den Maschinen:

- Keilriemen mit Gummiaufgabe statt Zahnradantriebe,
- Gleitlager statt Kugel- und Rollenlager,
- Kurvenantrieb statt Nockensteuerung,
- gut ausgewuchtete und ausgerichtete Anlagen statt Unwuchten,
- gewölbte, gerippte Blechplatten mit Antivibrationsbeschichtung statt dünnen und ebenen Blechplatten,

- Aufstellung von Maschinen auf Gummiunterlagen oder Stahlfedern.
Bei Arbeitsprozessen:
- Pressen oder Drücken statt Schlag- und Rüttelbearbeitung.
Bei Materialtransport:
- Holz- und Kunststoffrutschen statt Blechrutschen,
- Transportbänder statt Vibrationsförderrinnen,
- elastische Transportbänder oder Ablegen durch Greifer statt Auswurf in Blechbehälter.
Für strömende Medien:
- Ausblasdüsen mit abgerundeten statt scharfen Kanten,
- sukzessive Druckentspannung in mehreren Stufen statt grosse Druckgefälle in Reduzierventilen,
- grosse statt kleine Krümmungsradien in Rohrleitungen.

5.2 Ausbreitung des Lärms

- Abkapselung von Lärmquellen,
- Abschliessung des Bedienungsplatzes, Fernsteuerung,
- Anbringen von schallabsorbierendem Material an Decke und Wänden,
- Verminderung der Lärmübertragung von Ventilatoren und Pumpen durch Lüftungskanäle und Röhren,
- Verminderung der Lärmausbreitung von lärmigen in ruhige Räume durch Lüftungskanäle,
- Isolierung der Pausen- und Erholungsräume sowie der ruhigen Arbeitszonen von lärmigen Zonen.

5.3 Organisatorische Massnahmen

- Reduktion der Aufenthaltsdauer in Lärmzonen durch Arbeitswechsel oder durch Verlegung von gewissen Arbeiten in ruhige Zonen,
- Reduktion der Anzahl von lärmexponierten Personen, welche nicht unmittelbar an den lärmigen Prozessen beteiligt sind, auf ein Minimum,
- regelmässige Kontrolle und Wartung der bestehenden technischen Schutzmassnahmen an den Maschinen und bei den Arbeitsvorgängen; ihre Schutzwirkung wird mit der Zeit geringer. Akustische Schulung des technischen Überwachungs-personals,
- Orientierung der lärmexponierten Personen über die Gefährdung ihres Gehörs und über die Zweckmässigkeit der Schutzmassnahmen,
- regelmässige audiometrische Kontrollen der lärmexponierten Personen, um eine rechtzeitige Feststellung des Anfangsstadiums der Lärmschwerhörigkeit zu gewährleisten; die Versetzung solcher Personen an lärmarme Arbeitsplätze.

5.4 Individueller Ohrenschutz

Falls die technischen Massnahmen den Lärmpegel nicht unter den Grenzwert gebracht haben oder die Lärmentstehung vom Arbeitsvorgang untrennbar ist oder die Expositionsdauer nicht gekürzt werden kann, sollen individuelle Hörschutzgeräte verwendet werden; sie sollen jedoch keinesfalls die anderen Massnahmen ersetzen.

Die Hörschutzgeräte verhindern den Zutritt von Schallwellen in den äusseren Gehörgang. Sie können in folgende Typen aufgeteilt werden:

- wegwerfbare Zäpfchen aus Mineralfasern oder Baumwolle für einmaligen Gebrauch; sie sind für jede Form des Gehörganges leicht anpassbar,
- permanente Zäpfchen aus Kunststoff oder Gummi; sie sollen in mehreren Formen und Grössen angeboten werden. Sie fordern sorgfältige Reinigung vor jedem Gebrauch. Die Entstehung von Reizungen im Gehörgang insbesondere in staubigen und warmen Betrieben kann durch solche Zäpfchen ausgelöst werden.
- Kopfhörer sind wenig anspruchsvoll bezüglich Form und Grösse, sie eignen sich gut für Personen, welche sich wechselweise in lärmigen und ruhigen Zonen aufhalten.

Alle diese Hörschutzgeräte gewährleisten eine gute Lärmreduktion um maximal 40 dB, je nach Gerät.

Das Tragen von Hörschutzgeräten wird als unbequem und lästig empfunden, die Sprachverständlichkeit wird beeinträchtigt. Dementsprechend werden Hörschutzgeräte in lärmigen Betrieben meistens nur von wenigen Arbeitnehmern benutzt. Dies hängt sicherlich von der Erziehung und Disziplin ab. Eine deutliche Bezeichnung der Lärmzonen und die Anwendung von Warnanschriften an den Grenzen der Lärmzonen und an den lärmigen Maschinen und Anlagen können sicherlich einen positiven Beitrag zur vermehrten Benutzung der Hörschutzgeräte leisten.

Zusammenfassung

Untersuchungen der vorübergehenden Verschiebung der Hörschwelle werden als Modellsituation für die Erforschung der dauernden Hörverluste angewendet. Die vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle durch Schallreize von hohen Intensitäten von mehr als 90 dB ist um ein Mehrfaches grösser als diejenige durch niedrige Intensitäten. Sie ist proportional der Expositionszeitdauer. Ihr Abklingen dauert 10mal länger als die Dauer des verursachenden Schallreizes. Die vorübergehende Verschiebung der Hörschwelle wird durch alternierende Lärm- und Ruheperioden um die Hälfte geringer als durch einen kontinuierlichen Lärm der gleichen akustischen Energie. - Ein gleichbleibender Lärm soll den Grenzwert von 90 dB(A) nicht erreichen. Eine nicht-kontinuierliche Lärmsituation ist mittels des äquivalenten Dauerschallpegels L_{eq} zu bewerten, sie soll den L_{eq} -Wert von 90 dB(A) nicht erreichen. Das Risiko der Gehörbeeinträchtigung durch einen übermässigen Lärm kann mittels des L_{eq} und der Expositionszeitdauer in Jahren eingeschätzt werden. Erreicht oder überschreitet eine Lärmsituation den Grenzwert, sind Schutzmassnahmen zu treffen. Durch technische Massnahmen kann der Lärm an der Quelle und bei der Ausbreitung reduziert werden. Durch organisatorische Massnahmen kann die Expositionszeitdauer gekürzt wer-

den. Die Hörschutzgeräte bieten die letzte Verhütungsmöglichkeit, doch sie sollen keinesfalls die andern Schutzmassnahmen ersetzen.

Résumé

La surdité dans l'industrie

Des essais sur le déplacement temporaire du seuil auditif servent de modèle pour l'étude de la surdité permanente. Le déplacement temporaire du seuil auditif causé par des sons de haute intensité (plus de 90 dB) est de plusieurs fois plus marqué que celui causé par des intensités faibles. Ce déplacement est proportionnel à la durée de l'exposition. Son décroissement dure dix fois de plus que le son qui a provoqué le déplacement.

Le déplacement temporaire du seuil auditif à la suite de périodes alternées de bruit et de calme ne comporte que la moitié du déplacement causé par un bruit continu de même énergie acoustique.

Un bruit continu ne doit pas atteindre le seuil de 90 dB(A). Un bruit discontinu est à évaluer au moyen du niveau sonore équivalent permanent L_{eq} et ne doit pas atteindre la valeur L_{eq} de 90 dB(A). Le risque de surdité par un bruit excessif peut être évalué au moyen du L_{eq} et de la durée de l'exposition en années. Lorsque une situation de bruit atteint le seuil limite, il faut appliquer des mesures de protection. Le bruit peut être atténué à la source et lors de sa propagation avec des moyens techniques. Des mesures organisatrices sont capables de réduire la durée de l'exposition. Enfin, les appareils individuels protègent également contre le bruit, mais ils ne doivent en aucun cas remplacer les autres mesures de protection.

Summary

Hearing damage in industry

Test on temporary displacement of the hearing threshold are used as model situations for studies on permanent loss of hearing. Temporary displacement of the hearing threshold by means of sounds of high intensity of more than 90 dB is several times as big than that caused by low intensities. This displacement is proportional to the duration of the exposure. Its decrease lasts ten times as long as the sound having provoked the displacement.

The temporary displacement of the hearing threshold following alternating periods of noise and quiet represents only half of the displacement caused by a continuous noise of the same acoustical energy.

A continuous noise may not reach the threshold of 90 dB(A). An interrupted noise has to be evaluated by means of the equivalent noise level L_{eq} and may not reach the value L_{eq} of 90 dB(A). The risk of deafness caused by excessive noise can be evaluated by means of L_{eq} and the duration of exposure in years. If a situation reaches or surpasses the limit, protection measures have to be taken. With the help of technical measures, noise can be reduced at the source as well as in its spreading. Organisational measures can shorten the duration of exposure. Finally, individual hearing protection apparatuses offer a preventive measure, but in no case can they replace the other means of protection.

Literatur

- [1] Burns W.: Noise and men. J. Murray, London, 1968.
- [2] Department of Employment: Code of practice for reducing the exposure of employed persons to noise. Her Majesty's Stationery Office, London, 1972.
- [3] Grandjean E.: Physiologische Arbeitsgestaltung — ein Leit-faden der Ergonomie. H. Ott Verlag, Thun/München, 1967.
- [4] Hood J. D.: Studies in auditory fatigue and adaptation. Acta oto-laryng, Stockholm, suppl. 92, 1950. (zit. [1] Burns)
- [5] ISO (International Organization for Standardization): Vorschlag für «Noise rating with respect to conservation of hearing, speech communication and annoyance». ISO/TC 43 (Secretariat - 194) 314, Geneva, 1963.

- [6] ISO (International Organization for Standardization): dritte Fassung des Vorschlages für «Assessment of noise – exposure during work for hearing conservation purposes». ISO/TC 43, Geneva.
- [7] Kryter K. D., Ward W. D., Miller J. D. and Eldredge D. H.: Hazardous exposure to intermittent and steady-state noise. *J. acoust. Soc. Amer.* 39, 451 (1966). (zit. [1] Burns)
- [8] Taylor W., Pearson J., Mair A. and Burns W.: Study of noise and hearing in jute weaving. *J. acoust. Soc. Amer.* 38, 113 (1965). (zit. [1] Burns)
- [9] Ward W. D., Glorig A. and Sillar D. L.: Temporary Threshold shift from octave-band noise: applications to damage-risk criteria. *J. acoust. Soc. Amer.* 31, 522 (1959). (zit. [1] Burns)
- [10] Ward W. D., Glorig A. and Sillar D. L.: Threshold shift produced by intermittent exposure to noise. *J. acoust. Soc. Amer.* 31, 791 (1959). (zit. [1] Burns)

Adresse des Autoren

Dipl. ing. Jan Nemecek, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, Eidg. Technische Hochschule, Clausiusstrasse 25, CH – 8006 Zürich.