

Berufslärmschwerhörigkeit

L. Matefi

Einleitung

Obwohl es damals nicht primär um die Erhaltung des Gehörs ging, sondern um das nackte Überleben, war doch wohl Odysseus einer der Ersten, der Gehörschützer verwendet hat, um seine Gefährten gegen den gefährlichen Gesang der Sirenen zu schützen. Ob Quasimodo bei Victor Hugo schwerhörig war wegen seiner mutmasslichen Missbildungen, oder aber wegen der enormen Lärmbelastung als Glöckner, wird rückblickend sicher auch nicht so entscheidend sein. Trotzdem begann man erst mit der zunehmenden Industrialisierung festzustellen, dass übermässige und langdauernde Lärmbelastung zu Gehörsschäden führen kann. So beschreibt Fosbroke bereits 1831 [1] eine berufsbedingte Lärmschwerhörigkeit bei Schmieden. Haberman erkannte 1890 [2] als Erster bei der histopathologischen Untersuchung des Felsenbeines eines Kesselschmiedes, der wegen einer Schwerhörigkeit tödlich verunglückt war, Defekte im Corti-Organ der basalen Schneckenpartien als Ursache der Hochtonschwerhörigkeit. Im Laufe des Zweiten Weltkrieges wurde dann die Bedeutung der akustischen Traumatisierung und damit verbunden der beeinträchtigten Sprachwahrnehmung unter anderem auch beim Funkgespräch von Bedeutung, weswegen die entsprechende Forschung einen wichtigen Impuls erhielt [3]. In den letzten Jahren erkannte man – fast würde man sagen zwangsweise – zunehmend auch die Bedeutung der nicht beruflich bedingten akustischen Schädigung des Gehöres.

Die Hörschädigung

Bereits seit langem ist bekannt, dass die Schädigung im Innenohr erfolgt und zwar im Corti-Organ, aber erst die jüngste Forschung liess erkennen, warum die lärmbedingte Schwerhörigkeit zu einer Hörstörung führt, welche primär in akustisch anspruchsvollen Situationen zur Beeinträchtigung führt. In den letzten Jahren konnte gezeigt werden, dass das Innenohr nicht nur ein reines perzeptives Sinnesorgan ist, mit afferenter Verbindung zum Hirn, sondern, dass bereits im Innenohr eine wesentliche Modulation der akustischen Informationen erfolgt [4]. Im Corti-Organ findet man als wesentliche sensorische Strukturen die inneren Haarzellen als eine einzelne Reihe und die äusseren Haarzel-

len, welche in drei Reihen auf der Basalmembran angeordnet sind. Der adäquate Reiz ist die Deflektion der Sinneshärchen (Stereozilien) der inneren Haarzellen bei der relativen Verschiebung zur Tektorialmembran, sobald eine bestimmte Frequenz am betreffenden Ort zu einer Auslenkung der Basilmembran führt [5]. Da sehr leise Töne rein rechnerisch zu einer nur sehr kleinen Auslenkung der Basilmembran führen, welche sich in der Grössenordnung von Molekülen bewegt, ist zur definitiven Wahrnehmung eine entsprechende «zusätzliche Verstärkung» nötig. Diese wird durch die äusseren Haarzellen, welche u.a. auch Aktin enthalten, bewerkstelligt im Sinne einer aktiven Modulation [6]. Dadurch wird einerseits eine Verstärkung erreicht, gleichzeitig aber auch ein schärferes «Tuning». Wird der Reiz stärker und sogar sehr laut, so kommt es zu einer umgekehrten Aufgabe für diese äusseren, aktiven Haarzellen, indem jetzt eine Dämpfung der Auslenkung aktiv herbeigeführt wird. Diese aktive «Bremsung» der Auslenkung ist sehr energieintensiv und belastet den Stoffwechsel der äusseren Haarzellen. Wenn durch kontinuierlich hohe Schallbelastung die äusseren Haarzellen überbeansprucht werden, kommt es mit der Zeit zu einer metabolischen Erschöpfung [7], welche sich primär vor allem darin äussert, dass die Verstärkung der sehr leisen Schallinformationen nicht mehr möglich ist.

Klinisch äussert sich dies in einer Abwanderung der Hörschwelle, TTS (temporary thresholdshift) genannt [8]. Dieses Phänomen beobachtet jeder, wenn er einmal längere Zeit stärkerem Lärm ausgesetzt ist und anschliessend das Gefühl hat, wie «durch Watte» zu hören. Wenn nun also über längere Zeit eine akustische Überlastung der Innenohrstrukturen stattfindet und für die notwendige metabolische Erholung zu wenig Zeit bleibt, kann aus der vorübergehenden Schwellenabwanderung (TTS) eine bleibende Schädigung entstehen im Sinne eines PTS (permanent thresholdshift): es kommt zu einer irreversiblen Schädigung und Zerstörung der äusseren Haarzellen, so dass dann der modulatorische Effekt nicht mehr stattfinden kann. Dadurch kommt es einerseits zu einer Abwanderung der Hörschwelle und andererseits auch zu einer Überempfindlichkeit gegenüber starker Lärmbelastung, da die «bremsende» Wirkung der äusseren Haarzellen ebenfalls weggefallen ist. Klinisch äussert sich das darin, dass die Betroffenen einerseits

Korrespondenz:
Dr. med. Laszlo Matefi
Verantwortlicher Arzt für
Gehörschadenprophylaxe
Abteilung Arbeitsmedizin
Suva
Fluhmattstrasse 1
CH-6002 Luzern

laszlo.matefi@suva.ch

leise gesprochene Sprache nicht richtig verstehen können und andererseits kommt es, wenn sie zu laut angesprochen werden, zu einer Missempfindung und ebenfalls Störung der Verständlichkeit wegen allzu starker Distorsionen. Aber auch die Versorgung mit Hörhilfen gestaltet sich aus diesem Grund häufig schwierig und manchmal auch nur mässig befriedigend.

Die Erfahrung zeigt, dass die Hörschädigung zuerst im Bereiche von zirka 4000 Hz, also im Bereiche der Basalwindung entsteht [9]. Der Grund hierfür ist unter anderem die Tatsache, dass bei diesem Frequenzbereich die maximale Resonanzfrequenz des schalleitenden Apparates (Gehörgang und Mittelohrstrukturen) liegt. Je nach Studien findet man verschiedene Formen des Hörverlustes im Hochtonbereich, am bekanntesten ist die sog. C5-Senke, bei differenzierterem Ausmassen der Hörschwelle findet sich jedoch auch häufig eine Senke mehr gegen 6000 Hz verschoben. Dabei scheint die genauere frequenzielle Zusammensetzung des Lärmes primär keine grosse Rolle zu spielen. Oft ist es schwierig die lärmbedingten Hörschäden vom Hörverlust, wie er mit zunehmendem Alter häufiger auftritt, also der sog. Altersschwerhörigkeit (Presbyakusis) zu unterscheiden. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass ein eigentliches «normales» Gehör gar nicht existiert. Auch die Nulldezibel-Linie im Reintonaudiogramm stellt ein idealisiertes Gehör dar, entsprechend der 50%-Perzentile einer 20jährigen Durchschnittsbevölkerung, wie sie nach ISO-Norm 7029-2000 definiert ist. Betrachtet man diese Standardwerte, so sieht man, dass mit zunehmendem Alter nicht nur der Hörverlust, sondern auch die Streuung gegen die hohen Frequenzen zu, immer mehr zunimmt. Schliesslich sei auch noch erwähnt, dass ein Unterschied besteht zwischen verschiedenen Rassen und auch ein solcher zwischen den Geschlechtern: Frauen hören durchschnittlich etwas besser.

Aufgrund ausgedehnter Studien wurden im Rahmen der ISO-Norm 1999-1990 Normwerte für den durchschnittlichen durch Lärm verursachten Hörverlust in Abhängigkeit von der Lärmbelastung erarbeitet. Auch hier zeigt sich eine sehr breite Variabilität, so z.B. bei 6000 Hz nach 40 Jahren Lärmbelastung mit einem Schallpegel von 90 dB(A)¹, wo der Medianwert einem Hörverlust von 10 dB entspricht, die 90%-Perzentile einem solchen von 6 dB und der 10%-Wert einem solchen von 15 dB, also mehr als dem Doppelten. Es zeigt sich also, dass sehr grosse individuelle Unterschiede bezüglich der Empfindlichkeit gegenüber übermässiger Schallbelastung bestehen. Wenn man also einen Grenzwert für die Gehörgefährdung durch Schall festlegen will, gilt es vor allem die besonders empfindlichen Individuen zu schützen.

So kann man feststellen, dass unterhalb einer Belastung von 85 dB gemittelt über einen 8-Stunden-Tag [entspricht einem äquivalenten Dauerschallpegel Leq 85 dB(A)] auch bei besonders Empfindlichen kaum mit wesentlichen Hörschädigungen zu rechnen ist [8]. Somit kann dieser Wert als Grenzwert bezeichnet werden, oberhalb welchem, wenn auch nur selten, mit wesentlichen Schäden des Gehöres bei einer lebenslangen beruflichen Lärmbelastung gerechnet werden muss. Andererseits wissen wir aber auch, dass ein sehr grosser Teil der Lärmexponierten bei diesem Schallpegel keine wesentliche Schädigung erleidet. Aus diesem Grund wird das Obligatorium für das Tragen von Gehörschützern und auch für die Teilnahme am Gehörschadenprophylaxeprogramm erst ab einer Schallbelastung von 88 dB(A) Leq festgelegt. Den Bereich zwischen 85 dB(A) und 88 dB(A) Leq bezeichnen wir als den «Grenzbereich der Gehörgefährdung», wo zwar vom Arbeitgeber Gehörschutzmittel zur Verfügung gestellt werden müssen, deren Verwendung jedoch fakultativ ist, ausser für Arbeitnehmende, welche sich als besonders empfindlich erwiesen haben und bei denen eine entsprechende Verfügung von der Suva erlassen wurde. Es mag vielleicht erstaunen, dass ein Unterschied von 3 dB darüber entscheiden soll, ob eine Lärmbelastung gehörgefährdend ist oder nicht, jedoch soll an dieser Stelle, ohne auf weitere physikalische Einzelheiten einzugehen, darauf hingewiesen werden, dass die Zunahme der Schallbelastung um 3 dB(A) Leq einer Verdoppelung der Schallenergie entspricht. Gleichzeitig heisst dies aber auch, dass eine Reduktion des Schallpegels auch nur um 3 dB(A) einer Halbierung des Risikos entspricht.

Die Gehörschadenprophylaxe

Leider gibt es bis heute keine zuverlässige Untersuchungsmethode, welche von vornherein die besonders empfindlichen Individuen erkennen lassen würde. Wenn man also die besonders gefährdeten Individuen erkennen und besonders betreuen und schützen will, so ist es nötig, sämtliche gehörgefährdend lärmexponierten Arbeitnehmer regelmässig audiometrisch zu untersuchen. Wie aus der Abb. 1 hervorgeht [10], ist die durchschnittliche lärmbedingte Schädigung des Gehörs vor allem am Anfang der beruflichen Lärmbelastung am ausgeprägtesten und erfährt dann ein gewisses Plateau-Phänomen im Laufe der Jahrzehnte. Dies heisst, dass eine regelmässige audiometrische Kontrolle des Gehörs mit prophylaktischer Absicht möglichst früh einsetzen muss und auch, dass sie die Hörschwelle präzise ausmassen muss. Dies schliesst von vornherein eine sog. «Screening-Audiometrie» aus. Es ist

¹ Die Frequenzabhängigkeit der akustischen Empfindlichkeit des Gehörs wird bei Hörprüfungen anhand sog. Bewertungskurven korrigiert; die am häufigsten verwendete Frequenzbewertungskurve wird mit A bezeichnet, die so ermittelten Werte werden in dB(A) angegeben.

Abbildung 1.
Hörverlust bei 4 kHz durch Alter und Lärm.

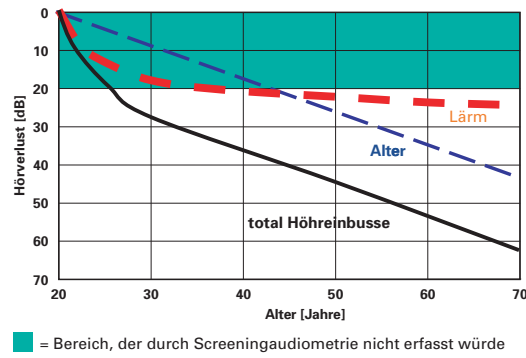
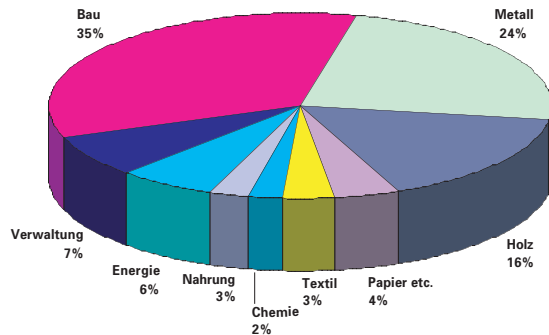


Abbildung 2.
Aufteilung der lärmgefährdeten Beschäftigten.



wichtig, dass unter möglichst gleichbleibenden Bedingungen wiederholt die audiometrischen Untersuchungen durchgeführt werden, um auch anfänglich kleine Veränderungen möglichst präzise und rasch feststellen, und entsprechend die Betroffenen beraten und schützen zu können.

Die Suva führt aus diesem Grunde eine Gehörschadenprophylaxe mit mobilen Untersuchungsstationen, sog. Audiomobilen, durch, welche in regelmässigen Abständen zu den einzelnen Betrieben fahren und dort sämtliche gehörgefährdend lärmexponierten ArbeitnehmerInnen audiometrisch untersuchen [11]. Gleichzeitig werden die Betroffenen auch bezüglich ihrer Berufslärmanamnese und auch der medizinischen Anamnese der Ohren befragt. Anschliessend werden die Probanden aufgrund des Resultates der audiometrischen Untersuchung und auch im Vergleich sowohl zu einer Altersreferenzkurve als auch einer allfälligen früheren audiometrischen Untersuchung über ihre Hörsituation aufgeklärt, in der Handhabung der Gehörschutzmittel unterwiesen und motiviert.

In der Schweiz sind zirka 200 000 berufstätige Personen gehörgefährdend lärmexponiert und nochmals etwa 70 000 Personen im Grenzbereich der Gehörfährdung. Die typischen Branchen sind allen voran der Bau, dann die Metall verarbeitende Industrie mit dem Gewerbe, gefolgt von der Holzverarbeitung. Der in Abb. 2 gezeigte Anteil an Verwaltung bezieht sich vor allem auf Polizisten (Lärmexposition bei den Schiessübungen). Die Anzahl Lärmex-

ponierter in der Schweiz nimmt in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich ab. Der Grund hierfür sind einerseits strukturelle Veränderungen, d.h. die Verschiebung vom industriellen Sektor in den Dienstleistungssektor und andererseits deutliche Fortschritte der Lärminderungstechniken, welche zunehmend erlauben, früher gehörgefährdend lärmintensive Prozesse heute unterhalb von 85 dB(A) Leq ablaufen zu lassen. Typisch sind in diesem Zusammenhang Druckereien, aber auch Schreinereien sowie chemische Betriebe und auch die Metallverarbeitung. Aber auch im Sektor des Baus konnte zwar im Laufe der Jahre die Gehörfährdung nicht ganz ausgeschlossen werden, trotzdem war es möglich, z.B. für Mineure, die Lärmbelastung von bis zu 115 dB(A) auf gegen 100 dB(A) durch Einführung lärmgünstigerer Techniken zu senken.

Durch die Gehörschadenprophylaxe der Suva werden zurzeit über 95% aller beruflich Lärmexponierten erfasst, unter ihnen auch z.B. Berufsmusiker, welche ebenfalls gehörgefährdend lärmexponiert sein können [12], bis hin zu den Opernsängern [13]. Damit Arbeitgeber abschätzen können, ob und welcher Anteil ihrer Belegschaft allenfalls gehörgefährdendem Lärm exponiert ist, hat die Suva sog. Lärmtabellen geschaffen, welche alle wichtigen und in diesem Zusammenhang relevanten Tätigkeiten und Berufe umfassen. Dies heisst konkret, dass alle Arbeitsplätze in der Schweiz, wo gehörgefährdender Lärm besteht, dem Arbeitgeber und damit in der Regel auch dem Arbeitnehmer bekannt sein sollten. Dies ist wichtig, damit auch klar ist, wer sich gegen den Lärm schützen muss.

Sind die beruflich Lärmexponierten einmal im Audiomobil untersucht und beraten, werden die Resultate auch zentral erfasst und ausgewertet. Besonders Gefährdete – jüngere Arbeitnehmer am Anfang ihrer «Lärmkarriere» und solche mit besonders ausgeprägter Zunahme des Hörverlustes – werden identifiziert und es wird eine bedingte Eignungsverfügung erlassen. Konkret bedeutet dies, dass sowohl der Arbeitnehmer selber als auch der Arbeitgeber nochmals darauf hingewiesen werden, dass das konsequente und regelmässige Tragen von Gehörschützern absolut dringend ist und auch, dass die Untersuchungsintervalle dieser Exponierten verkürzt werden.

Wenn im Rahmen der Untersuchungen festgestellt wird, dass eine otologische Anomalie besteht, werden die Betroffenen einem ortsansässigen ORL-Facharzt zur weiteren Abklärung und Beurteilung zugewiesen. Dabei gibt es mitunter Befunde – z.B. eine chronische Otitis externa oder eine chronische Otitis media perforata –, bei denen besondere Auflagen für das Tragen der Gehörschützer sich aufdrängen: In solchen Fällen kann das Tragen von Gehör-

schutzpfropfen kontraindiziert sein und die entsprechende bedingte Eignungsverfügung schreibt das obligatorische und ausschliessliche Tragen von Gehörschutzkapseln vor. Allgemein gilt jedoch, dass verschiedenste Gehörschutzmittel auf dem Markt existieren, welche grundsätzlich in den allermeisten Fällen frei wählbar sind. Es spielt also primär keine Rolle, ob Kapseln oder Pfropfen oder auch Mischformen. Der beste Gehörschutz ist immer noch derjenige, welcher auch wirklich getragen wird und dies ist natürlich der Fall, wenn der Komfort möglichst den individuellen Bedürfnissen angepasst ist. Der am stärksten dämmende Gehörschutz ist nicht unbedingt der Beste, denn eine allzu starke oder gar übertriebene Dämmung behindert die Verständlichkeit und damit wird auch die Bereitschaft, die Gehörschutzmittel möglichst konsequent und korrekt zu tragen, herabgesetzt.

Nur in ganz seltenen Fällen kommt es vor, dass bei jemandem eine extreme akustische Vulnerabilität festgestellt werden muss, also eine massive und rasante Abnahme des Gehörs bei einem meistens eher jüngeren Lärmexponierten, so dass nach Ausschöpfung aller prophylaktischer Massnahmen und nochmaligen engmaschigen Nachkontrollen eine Nichteignungsverfügung für Tätigkeiten in gehörgefährdendem Lärm ausgesprochen werden

muss. Nicht selten besteht in solchen Fällen auch ein Tinnitus, welcher gerade durch das Tragen von Gehörschutzmitteln subjektiv ungünstig beeinflusst werden kann. Dadurch entsteht ein Teufelskreis, welcher nur durch eine Nichteignungsverfügung für Tätigkeiten in gehörgefährdendem Lärm durchbrochen werden kann. Die Erfahrung zeigt, dass solche Fälle relativ selten sind, etwa 10 Fälle pro Jahr. Wenn bei einem beruflich Lärmexponierten der Verdacht auf eine Berufskrankheit besteht, so soll er durch seinen Arbeitgeber beim zuständigen UVG-Versicherer angemeldet werden und gleichzeitig kann auch die Überweisung an einen ORL-Facharzt erfolgen.

Zunehmend Bedeutung erlangt auch die Lärmbelastung während der Freizeit [14]. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass die häufig angeschuldigten tragbaren Musikgeräte (Walkman usw.) nicht so problematisch sind, wie dies die Belästigung der Umgebung vermuten lassen könnte. Viel problematischer sind die hohen Pegel bei Musikveranstaltungen: 1996 hat das Bundesamt für Gesundheit (BAG) auf Vorschlag der Suva Schallgrenzwerte für Musiklokale und -veranstaltungen festgelegt. Deren Durchsetzung fällt in den Kompetenzbereich der Kantone. Obwohl die sicher vernünftigen Maximalwerte aktuell von Seiten der Veranstalter unter Beschuss stehen, konnte in einer Befragung festgestellt werden, dass rund zwei Drittel aller Veranstaltungsbesucher die Lautstärke in der Regel eher als zu hoch empfinden. Nur gerade ein ganz kleiner Teil, der sich aber wahrscheinlich eher bemerkbar macht, verlangt noch höhere Lautstärken [15]. Erst kürzlich wurde in Deutschland ein Veranstalter wegen eines während der Veranstaltung erlittenen Hörschadens als haftpflichtig erklärt.

Abbildung 3. Gehörschutzverwendung durch Lärmexponierte nach deren Aussage.

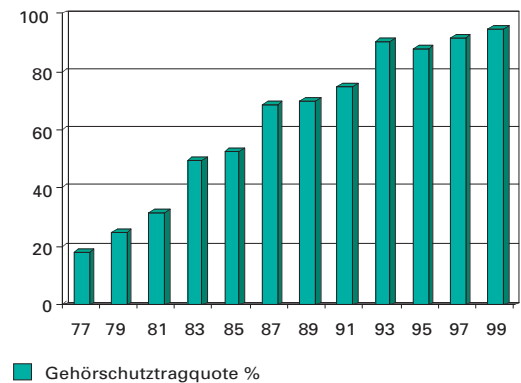
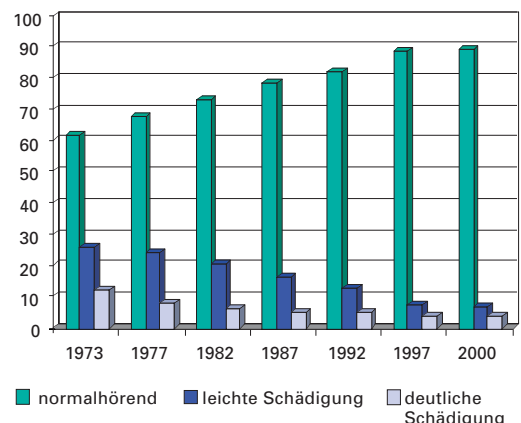


Abbildung 4. Resultate der Gehörtests auf den Audiomobilen.

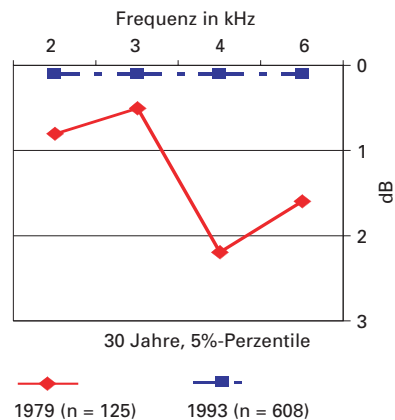


Resultate

Seit rund 30 Jahren besteht das Gehörschadenprophylaxeprogramm der Suva. Während dieser Zeit wurde kontinuierlich der Erfassungsgrad verbessert. Sechs Audiomobile besuchen regelmässig rund 200 000 gehörgefährdend Lärmexponierte in der Schweiz und führen pro Jahr rund 50 000 Untersuchungen durch. Über eine Million Untersuchungsresultate sind bei der Suva zentral gespeichert und diese Reintonaudiogramme sind für Ärzte zur Verfügung, wenn entsprechende Fragen sich ergeben.

Es stellt sich natürlich die Frage, was dieses relativ kostenintensive Programm bisher gebracht hat. Wir können z.B. zeigen, dass die Tragquote von Gehörschützern – obwohl basierend auf subjektiven Angaben – sich doch massiv verbessert hat, wie aus der Abbildung 3 hervorgeht. Was zumindest gesagt wer-

Abbildung 5.
Relative Veränderung der
Hörschwellen pro Jahr bei
Schreibern 1979 und 1993.



den kann, ist, dass offensichtlich das Bewusstsein für die Notwendigkeit des Tragens von Gehörschützern sich massiv verbessert hat. Aufgrund gezielter Beobachtungen können wir feststellen, dass auch die effektive Tragquote sich deutlich verbessert hat. Dies bewirkt auch, dass in einer ersten Annäherung festgestellt werden kann, dass das Hörvermögen des gleichen gesamten Untersuchungskollektives sich deutlich verbessert hat, wie aus der Abbildung 4 hervorgeht.

Aber auch differenziertere Auswertungen zeigen, dass vor allem in den Branchen, welche seit langer Zeit betreut werden und damit eine längere «Tradition» in der Gehörschadenprophylaxe haben, eine eindruckliche Verbesserung erreicht werden konnte. Stellvertretend sei eine Untersuchung bei Schreibern gezeigt, wo die relative Veränderung der Hörschwelle pro Frequenz von einer Untersuchung zur

nächsten im jährlichen Durchschnitt berechnet wird. Innerhalb von rund 15 Jahren hat sich der jährliche Wert von anfänglich gut 2 dB auf 0 dB verbessert, wie aus der Abbildung 5 hervorgeht. Konkret heisst dies, dass bei jüngeren Schreibern praktisch keine berufslärmbedingte Hörschädigung mehr aufgetreten ist. Dies ist sicher einerseits auf die in dieser Berufsgruppe anerkanntermassen ausgezeichnete Tragdisziplin von Gehörschützern zurückzuführen, andererseits aber auch auf die technische Entwicklung, welche auch bezüglich der Lärmbelastung deutliche Fortschritte gebracht hat.

Ausblick

Erst in den letzten Jahren wurde die letzte grössere Berufsgruppe mit unserem Programm erfasst, nämlich die professionellen Musiker auch in «klassischen Orchestern». Neben einer generell zu beobachtenden Tendenz zur expressiveren und damit schallintensiveren Interpretation führen auch die bei Operaufführungen z.B. zunehmend knappen Platzverhältnisse zu einer vermehrten Schallbelastung. Entsprechend häufen sich auch Fälle erheblicher berufslärmbedingter Schädigung bei dieser Berufsgruppe. Das Tragen von Gehörschützern begegnet in dieser Gruppe besonderen Schwierigkeiten, obwohl heute Gehörschutzpfropfen existieren, welche ausgezeichnete akustische Eigenschaften aufweisen in dem Sinne, dass sie praktisch zu keiner Verzerrung der Musikwahrnehmung führen. Es existieren sowohl konfektionierte und damit günstigere Modelle («Ultratech»), als auch individuell angepasste sogenannte Otoplasten, welche in der Regel durch Hörgeräteakustiker angepasst werden. Trotzdem ist das regelmässige Tragen solcher Gehörschützer zumindest für bestimmte Musikergruppen – Bläser, Sänger – mehr als problematisch. So gibt es heute noch Situationen, wo eine effiziente und konsequente Gehörschadenprophylaxe nur bedingt möglich ist. In Zusammenarbeit mit dem Betroffenen ist die Suva jedoch daran, auch hier möglichst praktikable Lösungen zu entwickeln.

Danksagung

Für die Durchsicht der Arbeit und wertvolle Anregungen danke ich herzlich Herrn Dr. K. Egger.

Quintessenz

- Lärmschwerhörigkeit entsteht v.a. am Anfang der Exposition.
- Lärmschwerhörigkeit wird im Anfangsstadium fast nicht bemerkt.
- Lärmschwerhörigkeit ist bis heute nicht heilbar.
- Entscheidend ist einzig der Schallpegel, nicht jedoch die subjektive Wertung (z.B. Musik).
- Der beste Gehörschutz ist derjenige, der regelmässig und konsequent getragen wird.

Literatur

- 1 Fosbroke J. Pathology and treatment of deafness. *Lancet* 1831;I:645.
- 2 Habermann J. Über die Schwerhörigkeit der Kesselschmiede. *Arch Ohrenheilk* 1890;30:1.
- 3 Lurie M, Davis H, Hawkins JE. Acoustic trauma of the organ of Corti in the guinea pig. *Laryngoscope* 1944;54:373.
- 4 Zenner HP, et al. Outer hair cells as fast and slow cochlear amplifiers with a bidirectional transduction cycle. *Acta Otolaryngol* 1988;105:457-62.
- 5 von Békésy G. Beitrag zur Frage der Frequenzanalyse in der Schnecke. *Arch Ohr-, Nasen- u. Kehlk.-Heilk.* 1955;167:238-55.
- 6 Zenner HP, Arnold W, Gitter AH. Motility of outer hair cells as an active, actin mediated process. *Acta Otolaryngol* 1988;105:39-44.
- 7 Zenner HP, et al. Die Schallverarbeitung im Innenohr. Neue Erkenntnisse zur Zellbiologie der Haarzelle. Stuttgart; Franz Steiner Verlag; 1990.
- 8 Dieroff HG. Lärmschwerhörigkeit. Stuttgart; G. Fischer: 1994.
- 9 Dieroff HG, Beck C. Experimentell-mikroskopische Studie zur Frage der Lokalisation von bleibenden Hörschäden nach Industrielärmbelastung mit tonalen Geräuschan teilen. *Arch. Ohr- u. Kehlk.-Heilk.* 1964;184:33-45.
- 10 ISO 7029-2000 u. ISO 1999/1990.
- 11 Verhütung der beruflichen Lärmschwerhörigkeit, Nr. 1909/1d/f/i, Suva, 1999.
- 12 Billeter T, Hohmann B. Gehörbelastung von Orchestermusikern, Fortschritte der Akustik. Kongressbericht DAGA 2001, DEGA, Universität Oldenburg.
- 13 Dupasquier S, Hohmann BW, Joller L. Gehörbelastung von Berufssängerinnen und -sängern. Fortschritte der Akustik, Kongressbericht DAGA 2000, DEGA, Universität Oldenburg.
- 14 Hohmann BW. Musik und Hörschäden. Suva 1998, Bestell Nr. 84001.d/f/i.
- 15 Mercier V, Hohmann BW. Wie laut soll Musik sein? Fortschritte der Akustik, Kongressbericht DAGA 2000, DEGA, Universität Oldenburg.