

## **Arbeitsmedizinische Gehörvorsorge nach G 20 „Lärm“**

Vorwort

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen
2. Arbeitsmedizinische Vorsorge „Lärm“
3. Untersuchungstechniken
4. Erkrankungen des Hörorgans
5. Beratung des Beschäftigten und des Unternehmers
6. Versicherungsmedizin
7. Kasuistik
8. Weiterführende Literatur und andere Quellen
9. Stichwortverzeichnis
10. Anhang
- 11. Abbildungsverzeichnis**

## 11 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Bekannte Umweltgeräusche und ihre Schallpegel.....	36
Abb. 1.2: Diagramm zur Pegeladdition für zwei unabhängige Schallquellen.....	37
Abb. 1.3: Schaltung eines analogen (Brüel & Kjaer) und eines digitalen Schallpegelmessers.....	38
Abb. 1.4: Bewertungskurve A für Schallpegelmesser.....	39
Abb. 1.5: Handschallpegelmesser, die für den Betriebsarzt für Übersichtsmessungen geeignet sind, [7]	39
Abb. 1.6: Beispiel für die Berechnung des Tages-Lärmexpositionspegels bei zeitlich variierendem Lärm	41
Abb. 1.7: Schalldruckpegel/Einwirkzeitkombinationen, die jeweils einen Tages-Lärmexpositionspegel von 85 dB(A) ergeben. ....	41
Abb. 1.8: Verringerung der Einwirkzeit bei konstantem Lärm $L_{AF}$ von 100 dB(A).....	41
Abb. 1.9: Einteilung des Hörorgans und zugehörige Funktionen (ohne zentrale Anteile, Hörschnecke vergrößert dargestellt), aus [7].....	43
Abb. 1.10: Mittelohr (Ausschnitt) mit Schall-Leitungsapparat, Paukenhöhle und den Fenstern zum Innenohr, aus [7].....	45
Abb. 1.11: Schema des Innenohr-Aufbaus, Teil I, aus [14].....	47
Abb. 1.12: Schema des Innenohr-Aufbaus, Teil II, aus [14].....	48
Abb. 1.13: Schnitt durch eine Schneckenwindung. Die Spindel der Hörschnecke ist links zu denken, aus [13]. Ausschnitt siehe Abb. 1.14.....	49
Abb. 1.14: CORTI-Organ (Ausschnitt) auf der Basilarmembran, darüber die Tektorialmembran. Stützzellen nicht mit dargestellt.....	49
Abb. 1.15: Entstehung der Wanderwelle entlang der Schneckenwand (Basilarmembran) durch Druck- und Sogwirkung der Steigbügel-Fußplatte im ovalen Fenster. Druckausgleich durch gegenläufige Bewegungen des runden Fensters, aus [14].....	51
Abb. 1.16: Verformung des Schneckengangs (Ductus cochlearis, Endolymphschlauch) bei Auslenkungen der Basilarmembran. Deckmembran (Tektorialmembran) und CORTI-Organ mit den Hörsinneszellen werden gegeneinander verschoben; dadurch wechselnde Abbiegungen der Sinneshärchen (Stereozilien); dadurch Aktivierung der Hörsinneszellen („Haarzellen“), aus [14].....	51
Abb. 1.17: Reizverteilung, d.h. „Abbildung“ der Frequenzverarbeitung entlang der Schnecke.....	52

Abb. 1.18: Effekt der äußeren Haarzellen. Ihre Motorik verstärkt und verschärft die Auslenkungen der Basilarmembran. Auslenkungen stark überhöht dargestellt, in Wirklichkeit liegen sie im Mikrometer- und Nanometer-Bereich. Anregung mit 2 kHz, aus [10].....	52
Abb. 1.19: Wirkungsweise des äußeren Ohres, Mittel- und Innenohres (Schematischer Aufbau des Gehörs) .....	56
Abb. 1.20: Amplitudengang des äußeren Ohres .....	56
Abb. 1.21: Amplitudengang des Mittelohres.....	57
Abb. 1.22: Orte maximaler Auslenkung der Basilarmembran in Abhängigkeit von der Frequenz des Schalls .....	57
Abb. 1.23: Schnitt durch das Corti-Organ.....	58
Abb. 1.24: Gliederung des Ohres - Äußeres Ohr, Mittel- und Innenohr (schematische Darstellung, nicht maßstabgerecht) .....	59
Abb. 1.25: Cochlea (schematisch dargestellt, nicht maßstabgerecht) .....	59
Abb. 1.26: Schnitt durch das Corti'sche Organ (schematische Darstellung, nicht maßstabgerecht) .....	60
Abb. 1.27: Die Wirkungsweise der aktiven äußeren Haarzellen auf die Perzeptionsleistung der inneren Haarzellen ist noch weitgehend unbekannt. 95% der afferenten Nervenfasern führen zu den inneren Haarzellen, lediglich etwa 5% zu den äußeren. IHZ: innere Haarzellen, ÄHZ: äußere Haarzellen, DZ: Deiterzellen (Stützfunktion), TCF: tunnel crossing fibers (efferente Fasern). Aus [5]. .....	60
Abb. 1.28: Blick auf das Corti-Organ in der Basalwindung der Hörschnecke: Beim Meerschweinchen drei Reihen äußerer Haarzellen stehen einer Reihe innerer Haarzellen gegenüber, aus [5]. Beim Menschen sind dies 4-5 Reihen äußerer Haarzellen.....	61
Abb. 1.29: Das menschliche Hörfeld.....	62
Abb. 1.30: Streubereich der Hörschwellen bei normalhörenden, jungen Versuchspersonen in der Schalldruckpegel-Darstellung aus [2].....	63
Abb. 1.31: Audiogrammformular nach DIN 45 627 für die Hörverlustdarstellung aus dem Untersuchungsbogen "LÄRM II".....	63
Abb. 1.32: Hörschwelle und Kurven gleicher Lautheit im freien Schallfeld bei beidohrigem Hören aus [3]. .....	64
Abb. 1.33: Mithörschwellen eines reinen Sinustones, verdeckt durch Schmalbandrauschen, aus [2] .....	65
Abb. 1.34: Mithörschwellen eines Tones bei Verdeckung durch Schmalbandrauschen mit verschiedenen Mittenfrequenzen, aus [2].....	65
Abb. 2.1: G20 Abschn. 1.1 (auszugsweise) .....	91
Abb. 2.2: Ausfüllen Untersuchungsbogen Lärm I (Vorderseite) .....	96
Abb. 2.3: Ausfüllen Untersuchungsbogen Lärm I (Rückseite) .....	97
Abb. 2.4: Ausfüllen Untersuchungsbogen Lärm II (Vorderseite) .....	98

Abb. 2.5: Ausfüllen Untersuchungsbogen Lärm II (Rückseite) .....	99
Abb. 2.6: Untersuchungsbogen Lärm III (Vorderseite) .....	101
Abb. 2.7: Untersuchungsbogen Lärm III (linke Innenseite) .....	102
Abb. 2.8: Untersuchungsbogen Lärm III (rechte Innenseite) .....	103
Abb. 3.1: Streckung des linken und rechten Gehörganges bei der otoskopischen Untersuchung mit der linken Hand des Untersuchers nach BOENNINGHAUS. ....	109
Abb. 3.2: Im Untersuchungsbogen LÄRM II wird der otoskopische Befund für beide Seiten getrennt dokumentiert. Die normale Lage des Lichtreflexes ist in der Zeichnung angedeutet. ....	110
Abb. 3.3: Topographisches Schema der Stationen der akustischen Signalverarbeitung und der möglichen Ursachen einer Schwerhörigkeit.....	111
Abb. 3.4: Blockschaltbild bei Schallleitungsschwerhörigkeit durch unterbrochene Gehörknöchelchen-Kette.....	112
Abb. 3.5: Typisches Tonaudiogramm bei einseitiger Schalleitungsschwerhörigkeit durch unterbrochene Gehörknöchelchen-Kette. ....	112
Abb. 3.6 a: Blockschaltbild bei Schallempfindungsschwerhörigkeit z. B. bei Hörnervenschwerhörigkeit. ....	113
Abb. 3.7: Typisches Tonaudiogramm bei einseitiger Schallempfindungsschwerhörigkeit mit Hochton-Schrägabfall. ....	113
Abb. 3.8: Blockschaltbild bei kombinierter Schallempfindungs- und Schalleitungsschwerhörigkeit z. B. bei Haarzellschäden und Trommelfell-Perforation. ....	114
Abb. 3.9: Typisches Tonaudiogramm bei einseitiger kombinierter Schwerhörigkeit Schallempfindungsschwerhörigkeit durch Haarzellschaden (wie bei Lärmschwerhörigkeit) und Schalleitungsschwerhörigkeit durch Trommelfell-Perforation mit Hochton-Schrägabfall. ...	114
Abb. 3.10: Übersicht der Ergebnisse des Stimmgabelversuches WEBER .....	116
Abb. 3.11: Kodierung für die Aufschreibung des Tonaudiogrammes.....	117
Abb. 3.12: Die Hörschwelle wird aus dem nicht gehörten Bereich mehrfach angefahren und als Hörschwellenpegel wird der kleinste reproduzierbare Hörpegel definiert. Zuvor ist natürlich die Probandeneinweisung "E" und die praktische Instruktion "P" vorzunehmen.....	118
Abb. 3.13: Überhören bei Luftleitung .....	119
Abb. 3.14: Überhören bei Knochenleitung .....	120
Abb. 3.15: Überhörkurve ohne Vertäubung ( ) und Hörschwellenkurve gemessen mit Vertäubung des rechten Ohres. Deutlich wird, dass ohne Vertäubung links zu gute Hörschwellenwerte gemessen wurden, die zu einer völlig unbrauchbaren arbeitsmedizinischen Beurteilung Anlass geben können. Daher auf keinen Fall bei Indikation auf die Vertäubung verzichten! .....	121
Abb. 3.16: Der SISI-Test deutet auf dem rechten Ohr auf eine retrocochleäre und auf dem linken Ohr auf einen Haarzellenschaden (cochleär) hin. ....	127
Abb. 3.17: Ermittlung des Recruitments (nach Röser) .....	127



verfügt zusätzlich über das mittelstark umstrichelte Sprachfeld oberhalb der beiden Pfeile rechts und kann gut verstehen. Der Lärmschwerhörige: "Ich höre, aber ich verstehe nicht". 177

Abb. 4.12: Reizstärke-Erregungs-Funktion ("Input-Output") der Hörsinneszellen, schematisch dargestellt über einem um 150° gedrehten Audiogrammformular. dB bezogen auf 20 $\mu$ Pa, normale Hörschwellenkurve eingezeichnet. Siehe Text. (In Anlehnung an Keidel [1]).....	178
Abb. 4.13a: Erklärung des SISI-Tests: Der Recruitmentschwerhörige braucht infolge seiner steilen Schallstärke-Lautstärkeempfindungs-Funktion 20 dB über die Hörschwelle nur eine viel geringere Schallstärkeerhöhung, um eine Lautstärkeerhöhung zu empfinden, als der Normalhörende 20 dB über seiner Hörschwelle. Er kann daher die SISI-Inkremente bei 20 dB SL (Sensation Level, das heißt, bezogen auf die individuelle Hörschwelle) wahrnehmen, während sie dem Normalhörenden bei 20 dB SL verborgen bleiben. ....	179
Abb. 4.14: Schrägabfall der Audiogrammkurve bei Lärmschwerhörigkeit im fortgeschrittenen Stadium mit mittelstarkem Hörverlust im oberen Frequenzbereich (solche Kurvenverläufe sind vor allem bei Bergleuten nicht selten).....	180
Abb. 4.15: Übertreibung des Lautstärkekontrastes zwischen Konsonanten (K) und Vokalen (V), schematisch dargestellt am Beispiel des Audiogramms von Abb. 4.14, in den Frequenzen 1, 1,5 und 2 kHz. Je steiler die Reizstärke-Erregungskennlinie ansteigt, das heißt, je ausgeprägter das positive Recruitment ist, desto mehr werden die Vokale lautstärkemäßig über die Konsonanten angehoben und übertönen sie.....	180
Abb. 5.1: Eingabeoberfläche im Modul Gehörschützer .....	212
Abb. 5.2: Oberfläche der geeigneten Gehörschützer im Modul Gehörschützer.....	212
Abb. 5.3: Oberfläche der geeigneten Gehörschützer im Modul Gehörschützer mit Informationen zum Lieferanten .....	213
Abb. 6.1: Vordruck zur Erstattung einer ärztlichen Anzeige (F6000).....	225
Abb. 6.2: Vordruck F6000-E, 1. Seite .....	226
Abb. 6.3: Vordruck F 6000-E, 2. Seite .....	227
Abb. 7.1: Nomenklatur der arbeitsmedizinischen Gehörvorsorge.....	230