

Fehlerquellen in der Audiometrie – Grundlagen und Abhilfe

Jürgen Kießling

Zusammenfassung

Grundvoraussetzungen für möglichst fehlerfreies Audiometrieren sind solide Ausbildung und regelmäßige Fortbildung von Ärzten und Assistenzpersonal in diesem Tätigkeitsbereich. Trotzdem wird die Zuverlässigkeit audiometrischer Befunde von zahlreichen Fehlerquellen gefährdet. Das gilt besonders für die Tonschwellenaudiometrie, die die Hauptgrundlage der arbeitsmedizinischen Bewertung darstellt, was die Bedeutung dieses Themenkomplexes für die Arbeitsmedizin unterstreicht. Diese Fehlerursachen und deren Vermeidung werden im vorliegenden Artikel systematisch beschrieben, wobei besonderer Wert auf die praktische Umsetzung dieser Maßnahmen gelegt wird.

1. Einleitung

Die Mehrzahl der audiometrischen Untersuchungsverfahren, die in der arbeitsmedizinischen Gehörvorsorge nach Grundsatz 20 zum Einsatz kommen (Stimmgabelprüfungen/Webber-Test, Tonschwellenaudiometrie, SISI-Test,

Sprachaudiometrie), ist subjektiver Natur und damit abhängig von der Zuverlässigkeit der Mitarbeit des Probanden. Lediglich die Impedanzmessung am Mittelohr, die im Rahmen der erweiterten Ergänzungsuntersuchung („Lärm II“) optional durchgeführt werden kann, gehört zu den so genannten objektiven audiometrischen Verfahren, die ohne die aktive Mitarbeit des Probanden auskommen. Da also die Zuverlässigkeit der Befunde mit der Interaktion zwischen Untersucher und Proband steht und fällt, spielen für die Qualität der audiometrischen Befunde neben den rein methodischen Fehlerquellen zusätzliche, subjektive Einflussfaktoren eine entscheidende Rolle. Deshalb ist die Kenntnis möglicher Fehlerursachen und deren Vermeidung für die Audiometrie von besonderer Bedeutung.

Da die Tonschwellenaudiometrie sowohl für den Siebttest (Lärm I) als auch für die Ergänzungsuntersuchung (Lärm II) die wesentliche Beurteilungsgrundlage darstellt, soll in diesem Artikel schwerpunktmäßig auf die Fehlerquellen in der Tonschwellenaudiometrie eingegan-

gen werden. Zahlreiche dieser Aspekte (räumliche und gerätespezifische Voraussetzungen, Probandeneinweisung und -mitarbeit) können direkt auf andere audiometrische Verfahren übertragen werden. Grundsätzlich lassen sich die Fehlerquellen in der Audiometrie speziellen Ursachenkomplexen zuordnen, nämlich

- Hörprüfraum/Audiometrikabine,
- Audiometer,
- Durchführung der Hörprüfung und
- Proband,

so dass es für eine systematische Behandlung dieser Thematik sinnvoll erscheint, dieser Struktur zu folgen.

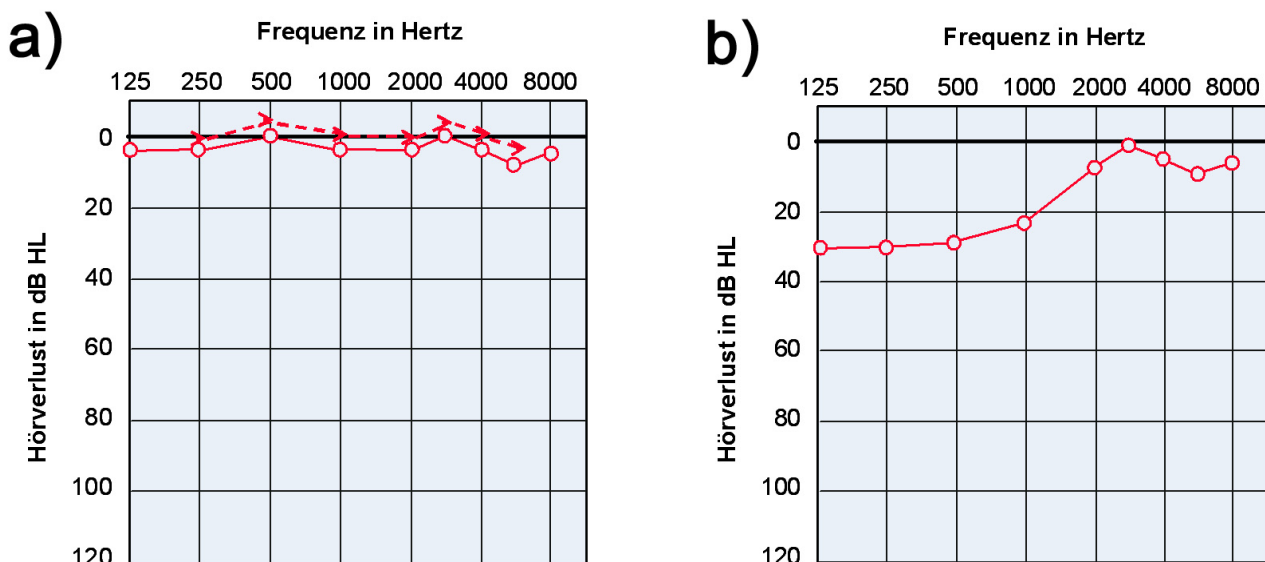
2. Mögliche Fehlerquellen

2.1 Der Hörprüfraum

Bereits die Auswahl und Ausstattung des Hörprüfraums bzw. der Audiometrikabine bietet Ansatzpunkte für das Auftreten von Audiometriefehlern. Häufigste und wichtigste Fehlerquelle in diesem Kontext ist die Einwirkung von Störschall. Der Faktor Störschall erweist sich in der Arbeitsmedizin als besonders kritisch, da beim arbeitsmedizinischen Audiometrieren

Abbildung 1:

- (a) Beispiel einer Luftleitungs- (durchgezogene Linie) und Knochenleitungshörschwelle (gestrichelt) für einen Probanden mit (praktisch) normalem Hörvermögen gemessen ohne Störschalleinfluss.
 (b) Luftleitungshörschwelle des gleichen Probanden wie in Abb. 1a gemessen unter Störschalleinfluss



nicht selten im Betrieb und damit unter Störschalleinfluss gearbeitet wird. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass dicke Wände, dichte Türen und Fenster sowie akustisch entkoppelter Estrich Schlüsselfaktoren für eine wirksame Störschalldämmung sind. Dementsprechend sollte an diesen Punkten keinesfalls gespart werden. Diesbezüglich unwirksam sind dagegen schallabsorbierende Maßnahmen in den Hörprüfräumen, wie die Auskleidung von Böden, Wänden und Fenstern mit schallschluckenden Materialien (Teppich, Gardinen etc.). Derartige Maßnahmen sind nur dann erforderlich, wenn mit Lautsprecher(n) im Schallfeld audiometriert wird, wie z. B. bei der Hörgerätekontrolle, was in der Gehörvorsorge nicht vorgesehen ist.

Konfektionierte Audiometrikabinen erfüllen in der Regel die Ansprüche an die Störschalldämmung, haben aber, wenn Sie zu klein gewählt sind, den Nachteil, dass zahlreiche Probanden phobisch reagieren. Dann bleibt die Tür häufig offen und der Störschall kann - selbst durch den kleinsten Spalt - ungehindert in die Kabine gelangen. Generell sind Raumlösungen zu bevorzugen, bei denen sich Untersucher und Proband im gleichen (gut belüfteten und beleuchteten) Raum befinden, was unmittelbare Kommunikation und ungehinderten Sichtkontakt ermöglicht. Verbale Kommunikation mittels Gegensprechanlage und visuelle Interaktion durch ein Sichtfenster sind lediglich zweitbeste Lösungen.

Der zulässige Störschallpegel in Audiometrieräumen ist in den Normen DIN ISO 8253-1 sowie DIN EN 26189 (identisch mit ISO 6189) festgelegt. Die Erfahrung zeigt allerdings, dass die dort vorgegebenen Störschallgrenzpegelwerte in der Arbeitsmedizin oft nicht realisierbar sind. Ein deutlicher Hinweis darauf, dass ein unzulässig hoher Störschallpegel vorliegt, ist die Beobachtung, dass auch bei normal hörenden Probanden keine „praktisch normale“ Hörschwelle (Abb. 1a) gemessen werden kann. In solchen Fällen wird bei Prüfung in Luftleitung oft ein Tieftonhörverlust von 20 bis 40 dB unterhalb 1000 Hz gemessen (Abb. 1b).

Wenn derartige Abweichungen bei den wöchentlich vorgeschriebenen, subjektiven Gerätekontrollen auffallen (vgl. 2.2), ist es ratsam eine kleine Gruppe Normalhörender (z. B. 4-6 Personen) systematisch zu untersuchen, um sich Sicherheit zu verschaffen und durch verbesserte Schalldämmung oder Wahl eines anderen Raumes für Abhilfe zu sorgen. Sofern unter grenzwertigen akustischen Bedingungen gearbeitet werden muss, ist es zweckmäßig mit gepulsten (unterbrochenen) Tönen zu

Zur Person



Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Kießling

Jürgen Kießling war nach dem Physikstudium und der Promotion zum Dr. rer. nat. seit 1975 zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter, später dann als Leiter der Audiologie an der Universitäts-HNO-Klinik der Justus-Liebig-Universität Gießen tätig. Im Jahr 1982 erfolgte die Habilitation für das Fach Audiologie mit einer Habilitationsschrift zum Thema: „Hörgeräteanpassung auf der Grundlage objektiver audiometrischer Verfahren“, der 1983 die Ernennung zum Privatdozenten am Fachbereich Humanmedizin der JLU Gießen folgte. 1989 wurde er zum außerplanmäßigen Professor ernannt und 1996 auf eine Professur für Audiologie an der JLU Gießen berufen. Prof. Kießling besitzt die Facherkennung als Medizinphysiker und hat die Weiterbildungsermächtigung der DGMP für Medizinphysiker in der Fachrichtung Audiologie. Er ist Verfasser zahlreicher Fach- und Buchartikel sowie Autor mehrerer Bücher.

Prof. Dr. rer. nat. Jürgen Kießling

Funktionsbereich Audiologie
Hals-Nasen-Ohrenklinik
Universitätsklinikum Gießen
und Marburg, Standort Gießen
Feulgenstr. 10
35385 Gießen

Tel: +49 641 99 43790 oder 91
Fax: +49 641 99 43799

testen, da die gepulsten Töne von den Probanden besser gegen Umgebungsgeräusche abgegrenzt werden können, und wenn möglich, in lärmarmen Phasen zu audiometrieren. Auch aus anderen Gründen (Ohrgeräusche) sind gepulste Prüftöne gegenüber der kontinuierlichen Tondarbietung zu bevorzugen (vgl. 2.4).

2.2 Das Audiometer

Die Anforderungen an Audiometer sind in mehreren Normen niedergelegt (DIN EN 60 645-1 bis DIN EN 60645-5), die den Herstellern als Entwicklungs- und Qualitätsleitlinien dienen. Wichtiger für den fehlerfreien Betrieb von Audiometern sind jedoch andere Regelungen und Vorschriften. So ist die Inverkehrbringung, Inbetriebnahme und der Betrieb von Medizinprodukten bekanntlich durch das Medizinprodukte-Gesetz geregelt, dessen Vorschriften auch für Audiometer gelten.

Beim Kauf eines Audiometers ist zunächst auf das CE-Zeichen zu achten, das gewährleistet, dass das betreffende Produkt die Konformitätsprüfung bestanden hat und allen einschlägigen Bestimmungen der Medizinprodukte-Richtlinie entspricht. Für den Betrieb von Audiometern sieht die Medizinprodukte-Betreiberverordnung vor, dass die Geräte regelmäßig (üblicherweise jährlich) von einem autorisierten Wartungsdienst messtechnisch kontrolliert und vom Betreiber einmal wöchentlich einer subjektiven Gerätekontrolle unterzogen werden. Art und Umfang der Kontrollen sind im so genannten „Leitfaden zu messtechnischen Kontrollen von Medizinprodukten mit Messfunktion (LMLM), Teil 1“ beschrieben, der auf der Homepage der Physikalischen Technischen Bundesanstalt (PTB) als Download zur Verfügung steht (www.ptb.de/de/publikationen/download/). Die Ergebnisse der messtechnischen sowie der subjektiven, wöchentlichen Überprüfungen sind detailliert zu dokumentieren und vom Betreiber aufzubewahren.

Werden diese Vorschriften konsequent eingehalten und Defekte ausschließlich vom Fachwartungsdienst behoben, kann das verwendete Audiometer als Fehlerquelle weitgehend ausgeschlossen werden. Von besonderer praktischer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass ein defekter Luft- oder Knochenleitungshörer nicht einfach vom Betreiber ausgetauscht werden darf, da das Audiometer bei einem Hörertausch grundsätzlich an den neuen Wandler ankalibriert werden muss.

2.3 Die Durchführung der Hörprüfung

Ähnlich wie die Anforderungen an Audiometer ist auch die Durchführung audiometrischer Un-

tersuchungen in mehreren Normen geregelt. Dabei haben die DIN ISO 8253-1 (Schwellenaudiometrie), die DIN EN ISO 8253-3 (Sprachaudiometrie) und die DIN EN 26189 (Schwellenaudiometrie für die arbeitsmedizinische Gehörvorsorge) besondere Relevanz für die arbeitsmedizinische Audiometrie. Trotz einschlägiger Normen treten speziell im Bereich der Durchführung die meisten und die schwerwiegendsten Fehlerursachen auf. Angesichts dessen sind adäquate Ausbildung und regelmäßige Fortbildung auf Betreiberseite (Ärzte und Assistenzpersonal) unverzichtbare Voraussetzungen für die Sicherung der Prozessqualität. Leider sind auf diesem Sektor trotz aller Bemühungen um Aus- und Fortbildung noch immer erhebliche Defizite zu verzeichnen.

2.3.1 Einweisung des Probanden

Bereits die Einweisung des Probanden birgt ein erhebliches Fehlerpotenzial. Deshalb geht die DIN ISO 8253-1 ausführlich auf diese Thematik ein und weist darauf hin, dass eine eindeutige Instruktion gegeben und sichergestellt werden muss, dass der Proband die Anweisungen richtig verstanden hat. Im Rahmen der Arbeitsmedizin kann eine Grundeinweisung in den bevorstehenden Hörtest durchaus in kollektiver Form in Betriebs- oder Abteilungsversammlungen vermittelt werden. Das macht jedoch eine vertiefte individuelle Einweisung unmittelbar vor der Hörprüfung keineswegs verzichtbar.

2.3.2 Platzierung der Hörer

Ebenso wie die Einweisung ist die fachgerechte Durchführung der Hörschwellenaudiometrie in der DIN ISO 8253-1 im Detail beschrieben (Sprachaudiometrie in DIN ISO 8253-3), so dass an dieser Stelle lediglich die wichtigsten Fehlerursachen angesprochen werden müssen. Da ist zunächst der Sitz der Hörer als mögliche Fehlerursache zu nennen. Luft- wie auch Knochenleitungshörer sind grundsätzlich vom Untersucher (nicht vom Probanden) zu platzieren und dabei ist darauf zu achten, dass Brillen abzulegen sind und Haare den einwandfreien Hörsitz nicht behindern. Hörgeräte sind nach der Probandeneinweisung selbstverständlich ebenfalls abzulegen. Achtung: moderne Gehörgangsgeräte sind manchmal so klein, dass sie leicht übersehen werden können!

Bei der Platzierung des Luftleitungshörers ist es wichtig, dass die Bügeleinstellung an die Kopfgröße angepasst wird, die Höreröffnung beidseits direkt vor dem Gehörgang sitzt und der Schall ungehindert (Achtung: Haare) ins Ohr gelangen kann. Der Knochenleitungshörer wird mit Hilfe des metallenen Kopfbügels so platziert, dass die aktive Fläche auf dem Mastoid möglichst flach aufliegt und die Ohr-

muschel möglichst nicht berührt. Wenn für den Knochenleitungshörer herstellenseitig ein Kopfbügel vorgesehen ist, und das gilt für die meisten Fabrikate, muss dieser Metallbügel unbedingt verwendet werden. Ein Andrücken des Knochenleitungshörers mit der Hand hat Fehlbestimmungen der Hörschwelle zur Folge. Nur wenige ältere Knochenleitungshörertypen (dickgummigekapselt) können/sollen mit der Hand angehalten werden.

Sofern eine Knochenleitungshörschwelle bestimmt wird, die bei höheren Pegeln als die Luftleitungshörschwelle liegt, ist dies ein sicheres Zeichen, dass der Sitz (Ankopplung an das Mastoid) des Knochenleitungshörers optimiert werden muss. Denn die Summe aller Hörverluste entlang des aufsteigenden Hörsystems (= Luftleitungshörverlust) kann niemals kleiner sein als die Teilsumme der Hörverluste ab dem Innenohr aufwärts (= Knochenleitungshörverlust). In seltenen Einzelfällen bringt auch eine sorgfältige Optimierung des Hörsitzes kein akzeptables Ergebnis. In solchen Fällen ist davon auszugehen, dass das Mastoid individuell ungünstige Ankopplungseigenschaften aufweist. Dann sollten die Knochenleitungsschwellenwerte nicht willkürlich nach unten d.h. im Audiogrammformular nach oben korrigiert, sondern das Audiogramm mit einer Bemerkung versehen werden.

Da bei der Bestimmung der Knochenleitungshörschwelle häufig vertäubt werden muss (vgl. 2.3.4 unten), ist das Gegenohr grundsätzlich mit dem Luftleitungshörer zu versehen, um bei Bedarf vertäuben zu können. Auf der Seite des Prüfhohres wird der Luftleitungshörer auf der Schläfe platziert, so dass der Gehörgang des Prüfhohres offen bleibt. Da der Knochenleitungshörer in den hohen Frequenzen in erheblichem Umfang auch Luftschall abstrahlt, wird bei der Bestimmung der Knochenleitungshörschwelle oberhalb 2000 Hz auf dem Prüfhohr ein Gehörgangverschluss (Stöpsel) empfohlen. Sofern jedoch darauf verzichtet wird, ist eine eventuell gemessene Schalleitungsbeteiligung oberhalb 2000 Hz nicht als solche zu interpretieren, sondern als Artefakt zu werten: Der Schall wird unbeabsichtigt über Luftschall eher wahrgenommen als über Knöchenschall.

2.3.3 Geschwindigkeit der Pegeländerung

Die DIN ISO 8253-1 erlaubt die Hörschwellenbestimmung wahlweise mit ansteigenden Pegeln oder mittels Eingabelungsverfahren. Wie die praktische Erfahrung zeigt, ist das ascendierende Verfahren weniger fehleranfällig und damit zu bevorzugen. In diesem Zusammenhang ist die Geschwindigkeit, mit der audiometriert wird, als weitere Fehlerquelle zu nen-

nen. Wird beim ascendierenden Vorgehen zu schnell audiometriert, d. h. erfolgen die Pegelerhöhung (empfehlenswert: 5 dB-Schritte) in zu rascher Folge, wird eine schlechtere Hörschwelle vorgetäuscht. Legt man Reaktionszeiten von bis zu einer halben Sekunde zu Grunde, sollte jeder Pegel etwa 1 Sekunde lang angeboten werden, bevor die nächste Pegelerhöhung eingeleitet wird. Weist der Proband erkennbar kürzere Reaktionszeiten auf, kann individuell auch schneller audiometriert werden. Die Gefahr zu schnellen Audiometrierens ist besonders bei Audiometern mit Schieberegeln gegeben, die sich allerdings durch andere praktische Vorzüge auszeichnen.

Aber auch zu langsames Audiometrieren, wie man es oft bei Anfängern beobachtet, kann zu fehlerhaften Audiogrammen führen, wenn die Geduld des Probanden überstrapaziert wird und dieser Fehlwahrnehmungen anzeigt, während der Schwellenwert tatsächlich noch nicht erreicht ist. Derartige Fehler kann man recht zuverlässig vermeiden, indem man nach jedem Frequenzwechsel den betreffenden Ton zur Orientierung des Probanden zunächst deutlich überschwellig anbietet und erst dann mit der eigentlichen Schwellenbestimmung beginnt. Diese Vorabpräsentation mit rascher Pegelerhöhung eignet sich auch sehr gut, die individuell geeignete Geschwindigkeit zu ermitteln.

2.3.4 Überhören und Vertäubung

Diesem Thema ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, denn die Wahrnehmung des Prüftons auf dem nicht geprüften, gegenüber liegenden Ohr („Gegenohr“) und die mangelhafte Ausschaltung dieses Phänomens stellen mit Abstand die häufigsten und schwerwiegendsten Fehlerursachen dar. Bekanntermaßen kann es zu Hörwahrnehmungen auf dem Gegenohr - zum so genannten „Überhören“ kommen - wenn das Hörvermögen auf dem Gegenohr besser ist als auf dem Prüfhohr. Dadurch wird eine zu gute Hörschwelle auf dem Prüfhohr vorgetäuscht.

Die Abb.2 veranschaulicht, dass die unbeabsichtigte Überleitung des Prüftons auf das Gegenohr grundsätzlich auf dem Knochenleitungswege erfolgt. Diese Erkenntnis ist für das weitere Verständnis von besonderer Bedeutung. Im Falle der Knochenleitungsprüfung ist es unmittelbar einsichtig, dass auch das Überhören auf dem Knochenleitungswege erfolgt (Abb. 2a): Der Schall wird als Knochenleitungsschall am Mastoid des Prüfhohres eingekoppelt und erreicht so das gegenüberliegende Innenohr ebenso wie das Innenohr des Prüfhohres. Im Falle der Luftleitungsprüfung kommt das Überhören so zustande: Sobald der Prüfpegel aus-

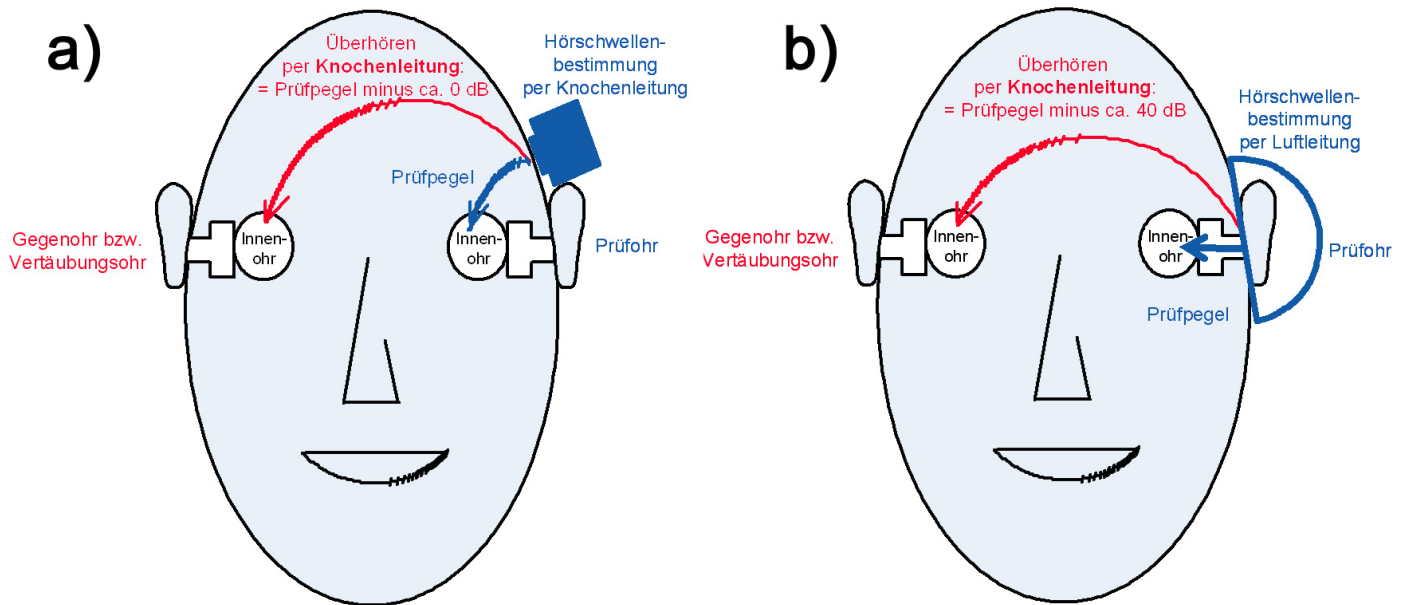


Abbildung 2:

Das Überhören auf das Gegenohr erfolgt sowohl bei Luft- als auch bei Knochenleitungsprüfung auf dem Knochenleitungswege. Das Innenohr des nicht geprüften Gegenohres wird bei der Hörschwellenbestimmung per

(a) Knochenleitung maximal in Höhe des Prüfpegels beschallt, d. h. der „Überhörverlust“ beträgt im Fall sehr guter Überleitungsbedingungen mindestens 0 dB.

(b) Luftleitung maximal in Höhe des Prüfpegels minus 40 dB beschallt, d. h. der „Überhörverlust“ beträgt im Fall sehr guter Überleitungsbedingungen mindestens 40 dB.

reichend hoch ist, versetzt der Luftleitungshörer den Schädelknochen in Vibration, so dass der Ton auf dem Knochenleitungswege direkt ins gegenüberliegende Innenohr gelangt (Abb. 2b).

Aus systematischen Untersuchungen an einseitig tauben Probanden ist bekannt, dass der Betrag um den der Pegel auf dem Gegenohr leiser als auf dem Prüfohr ankommt, der so genannte „Überhörverlust“, bei Knochenleitungsprüfung im ungünstigsten Fall bei 0 dB liegt, also der Ton das Gegenohr genau so laut erreichen kann wie das Prüfohr. Bei Luftleitungsprüfung liegt der Überhörverlust bei 40 dB oder mehr. Der Schall erreicht das Innenohr der Gegenseite im ungünstigsten Fall also um etwa 40 dB leiser und damit ist das unerwünschte Überhören bei Luftleitungsprüfung weniger wahrscheinlich als bei Knochenleitungsprüfung.

Die geeignete Gegenmaßnahme gegen das Überhören ist die Darbietung eines Rauschsignals mittels Luftleitungshörer zur Verdeckung des Prüfons auf dem Gegenohr. Dieses Vorgehen nennt man „Vertäubung“ oder synonym in Anlehnung an die internationale Terminologie „Verdeckung“. Wählt man den Verdeckungspegel zu niedrig, reicht die Ver-

deckungswirkung des Rauschens nicht aus und der Prüfton wird weiterhin auf dem Gegenohr wahrgenommen; die Hörschwelle auf dem Prüfohr stellt sich fälschlich als zu gut dar. Wählt man dagegen einen zu hohen Verdeckungspegel, kann das Vertäubungsrauschen seinerseits übergehört werden („Über-Vertäubung“); die Hörschwelle auf dem Prüfohr stellt sich fälschlich als zu schlecht dar.

Es kommt also darauf an, den Pegel des Vertäubungsrauschens individuell passend zu wählen. Für den Fall, dass auf dem Gegenohr keine Schalleitungsstörung vorliegt, was durch Stimmgabelprüfungen (Weber/Rinne) abzuklären ist, kann der erforderliche Verdeckungspegel auf der Basis der oben genannten Überhörverluste für Luft- und Knochenleitung an Hand der folgenden Tabelle abgeschätzt werden. Mit

den dort angegebenen Verdeckungspegeln kann der am Innenohr der Gegenseite auftretende Prüfton rechnerisch exakt verdeckt und ausgeschaltet werden. Da hier mit Überhörverlusten operiert wird, wie sie nur in seltenen Fällen mit extrem guter Überleitung auftreten, bietet dieses Vorgehen in der Regel ausreichende Verdeckungsreserven.

Im Falle von Schalleitungsstörungen bzw. Schalleitungsbeteiligungen auf dem Gegenohr gelangt das Vertäubungsrauschen nicht in vollem Umfang ans Innenohr und die Verdeckungswirkung ist unvollständig. Theoretisch müsste also der jeweilige Schalleitungsanteil zu dem in Tabelle 1 angegebenen Verdeckungspegel addiert werden, um eine perfekte Verdeckung zu erzielen. Das ist praktisch allerdings nicht möglich, da man zum Zeitpunkt

Tabelle 1:

AbSchätzung des erforderlichen Verdeckungspegels für den Fall, dass auf dem Gegenohr keine Schalleitungsschwerhörigkeit besteht

Schwellenbestimmung mittels	Überhörverlust mindestens	Erforderlicher Verdeckungspegel
Luftleitung	40 dB	= Prüfpegel minus 40 dB
Knochenleitung	0 dB	= Prüfpegel (minus 0 dB)

der Audiometrie den Schalleitungsbetrag noch nicht kennt.

Die Norm DIN ISO 8253-1 empfiehlt grundsätzlich ein gleitendes Vertäubungsprozedere, was allerdings recht zeitaufwändig ist. Auf ähnlichen Überlegungen beruht eine verkürzte Vertäubungsaustregel, die weniger Zeitaufwand erfordert und in den meisten Fällen eine sichere Verdeckung bietet. Diese so genannte 40/60/80 dB-Regel lautet:

Stufe 1: Man verwende grundsätzlich und in allen Fällen ein Vertäubungsrauschen von 40 dB, sowohl bei der Luft- als auch bei der Knochenleitungsprüfung. Diese Verdeckungswirkung reicht in mindestens 80 % der arbeitsmedizinischen Fälle aus. Damit wird zwar bei zahlreichen Probanden mit Verdeckung gearbeitet, bei denen dies verzichtbar wäre, was aber in keiner Weise schädlich ist oder im Sinne einer „Über-Vertäubung“ verfälschend wirkt (siehe Tabelle 1).

Stufe 2: Falls der Proband beim weiteren Audiometrieren mit 40 dB Vertäubungsrauschen angibt, den Prüftön auf dem Gegenohr wahrzunehmen, erhöht man den Verdeckungspegel auf 60 dB. Diese Verdeckungswirkung reicht in mindestens 95 % der arbeitsmedizinischen Fälle aus.

Stufe 3: Falls dann der Proband den Prüftön wieder auf dem Gegenohr wahrnimmt, bevor die Schwelle des Prüfhörs erreicht ist, erhöht man den Verdeckungspegel auf 80 dB, was in allen Fällen ausreichen sollte. In der Praxis kommt es jedoch gelegentlich vor, dass der Prüftön noch immer auf der Gegenseite angegeben wird, was möglicherweise einer unsicheren Lokalisation durch den Probanden zuzuordnen ist.

Die 40/60/80 dB-Regel stellt einen guten Kompromiss zwischen praktischer Nutzbarkeit und Genauigkeit dar und ist in jedem Fall die bessere Alternative gegenüber dem Audiometrieren grundsätzlich ohne Vertäubung, was leider vielfach praktiziert wird!

2.4 Der Proband

Schließlich kann der Proband selbst eine weitere Quelle für Audiometriefehler darstellen. Das Spektrum dieser probandenspezifischen Einflüsse reicht von mangelnder Mitarbeit, über Aggravation des Hörverlusts bis zu störenden Ohrgeräuschen (Tinnitus). In diesem Kontext ist auch darauf zu achten, dass der Proband nicht unmittelbar nach Lärmeinwirkung audiometriert wird, um eine Verfälschung der Hörschwelle zu vermeiden. Die Lärmpause vor der

Gehörprüfung muss mindesten 30 Minuten betragen. Sofern der Proband zuvor im Lärmbereich keinen Gehörschutz getragen hat, sollte eine audiometrische Untersuchung abgelehnt werden.

Im Falle unzuverlässiger Mitarbeit sollten die unter 2.1 (Hörprüfraum) und 2.3.1 (Einweisung) gegebenen Hinweise bereits ausreichen, um die Interaktion zwischen Untersucher und Proband zu optimieren. Dabei ist immer zu bedenken, dass der Aufenthalt in einem Hörprüfraum oder gar einer engen Hörkabine für den Probanden ungewohnt und nicht selten beängstigend ist. Dem muss der Untersucher mit psychologischem Einfühlungsvermögen und falls erforderlich durch eingehende Nachinstruktion entgegenwirken. Sollte der Proband während des Audiometrierens Ermüdungserscheinungen oder gar psychische Erschöpfungsanzeichen erkennen lassen, muss in diesen seltenen Ausnahmefällen auch mal eine Pause eingelegt werden. Der für zusätzliche Erläuterungen oder Pausen erforderliche Zeitaufwand ist durch einen reibungsloseren Ablauf und durch zuverlässigere Befunde immer gerechtfertigt.

Sofern der Verdacht besteht, dass ein Proband den Hörverlust aggraviert oder simuliert, ist es eher kontraproduktiv, diesen Verdacht offen zu äußern. Sinnvoller ist es, zusätzliche Erläuterungen anzubieten und den Probanden zu ermuntern, der Untersuchung noch mehr Aufmerksamkeit zu widmen, um zu zuverlässigen Ergebnissen zu kommen. Das bietet dem Probanden die Möglichkeit, sich ohne Gesichtsverlust auf die Position zurückzuziehen, den Test jetzt zunehmend besser verstanden zu haben und deshalb bessere Angaben machen zu können. Wenn derartige Bemühungen erfolglos bleiben und sich der Verdacht der Aggravation/Simulation erhärten sollte, ist eine objektive Abklärung des Hörvermögens beim Hals-Nasen-Ohrenfacharzt oder in einer Fachklinik anzustreben.

Als sehr störend für die Tonschwellenaudiometrie können sich Ohrgeräusche (Tinnitus) erweisen, insbesondere wenn sie tonaler Natur sind und sich der Prüftön nur schlecht vom Tinnitus abgrenzen lässt. In solchen Fällen ist, wie allgemein empfehlenswert, mit gepulsten Prüftönen zu arbeiten, um eine bessere Erkennung des Prüftöns zu ermöglichen.

3. Fazit

Mögliche Fehler bei der Audiometrie lassen sich am besten erkennen und vermeiden, wenn man diese entsprechend ihrer Entstehung (Hörprüfraum/Audiometrikabine, Audiometer, Durchführung der Hörprüfung, Proband)

systematisch ordnet und angeht. Unverzichtbare Voraussetzung dafür ist eine solide Ausbildung und regelmäßige Fortbildung im Fach Audiometrie. Flankierend dazu sollte der Wissensstand durch Lehrbuchstudium (siehe Literatur) regelmäßig aktualisiert und die praktischen Fähigkeiten durch Training an Testpersonen oder mit computergestützten Simulationsprogrammen kontinuierlich aufgefrischt werden („AUDIOSIM“: liegt dem Buch von Scholz und Mrowinski und als CD-ROM bei; „OTIS“: <http://www.hoertester.de/Otis.htm>). Wenn zudem die wichtigsten Vorschriften (DIN ISO 8253-1) und Regelungen (Leitfaden zu messtechnischen Kontrollen von Medizinprodukten mit Messfunktion (LMLM), Teil 1, <http://www.ptb.de/de/publikationen/download/>) bekannt sind und konsequent beachtet werden, können Audiometriefehler weitgehend vermieden und ein hoher Qualitätsstandard gewährleistet werden.

Normen und Literatur

(Alle einschlägigen Normen sind beim Beuth Verlag zu beziehen; www.beuth.de)

- DIN EN 60 645-1: Audiometer - Teil 1: Reinton-Audiometer
- DIN EN 60 645-2: Audiometer - Teil 2: Geräte für die Sprachaudiometrie
- DIN EN 60 645-3: Audiometer - Teil 3: Akustische Kurzzeit-Hörprüfsignale für audiometrische und neurotologische Zwecke
- DIN EN 60 645-4: Audiometer - Teil 4: Geräte für die Audiometrie in einem erweiterten Hochtonbereich
- DIN EN 60645-5: Akustik - Audiometer - Teil 5: Geräte zur Messung der akustischen Impedanzen/Admittanzen des Gehörs
- DIN ISO 8253-1: Akustik - Audiometrische Prüfverfahren. Teil 1: Grundlegende Verfahren der Luft- und Knochenleitungs-Schwellenaudiometrie mit reinen Tönen
- DIN ISO 8253-2: Akustik - Audiometrische Prüfverfahren. Teil 2: Schallfeld-Audiometrie mit reinen Tönen und schmalbandigen Prüfsignalen
- DIN ISO 8253-3: Akustik - Audiometrische Prüfverfahren. Teil 3: Sprachaudiometrie
- DIN EN 26189: Akustik - Reinton-Luftleitungs-Schwellenaudiometrie für die Gehörsorge (identisch mit ISO 6189:1983)
- Böhme, G., Welzl-Müller, K. (2005) Audiometrie. Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter. 5. Auflage 2005, Verlag Hans Huber Bern
- Lehnhardt, E., Laszig, R. (2001) Praxis der Audiometrie. 8. Auflage, Thieme Verlag Stuttgart New York
- Mrowinski, D., Scholz, G. (2006) Audiometrie. Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung. 3. Auflage, Thieme Verlag Stuttgart New York

Unser neuer Online-Fullservice: Machen Sie es sich leicht!

GPk eröffnet Werksärzten, Betriebsärzten und Arbeitsmedizinern mit www.gpk.de einen einfachen, schnellen und kostenlosen Einstieg ins Online-Bestellmanagement.

Immer mehr Mediziner entscheiden sich für qualifizierte Online-Services wie gezielte Praxisinformationen oder zeitsparendes, bequemes Einkaufen von Impfstoffen und Arzneimitteln. Kein Wunder also, dass das umfangreiche Fachportal www.gpk.de mittlerweile zu den am meisten besuchten und genutzten in der Arbeitsmedizin gehört.

Dahinter steht die GPk, Gesellschaft für Prävention und Kommunikation mbH. Sie versteht sich als innovativer, aber vor allem praxisnaher Dienstleister. Alle Leistungen sind perfekt auf die täglichen Anforderungen und Aufgaben in der Arbeitsmedizin ausgerichtet.

In Kooperation mit der zertifizierten Römer-Apotheke Rheinberg, ist ein riesiger, komfortabler Online-Shop mit über 3.500 Präparaten entstanden. **Der Einstieg ins Online-Bestellmanagement ist kinderleicht.** Notwendig ist lediglich eine kostenlose, unverbindliche Registrierung. Dann öffnen sich dem GPk-Kunden alle Möglichkeiten, um sich fachbezogen zu informieren, gezielt zu recherchieren oder direkt einzukaufen. Nach Bestelleingang kümmert sich die zuverlässige und schnelle Logistik der Römer-Apotheke um einen reibungslosen Service. Leichter kann man Online-Fullservice nicht erleben.

Ein dickes Bonbon zum Jahresende gibt es für alle GPk-Kunden und Nutzer der ISIS-Software

von Stock-Informatik. Beide Unternehmen kooperieren erfolgreich, um ihren gemeinsamen Kunden echten Mehrwert zu bieten: ISIS-Nutzer können sich nun direkt über ihre Benutzerverwaltung auf das Fachportal www.gpk.de einklicken oder in den Online-Shop der Römer-Apotheke einloggen. Die spezifische Arzneimittel-Liste bleibt erhalten, so wie sie genutzt wird. Stets vorausgesetzt, der Kunde ist bei GPk registriert und hat eine Standard-Internetanbindung. Das Beste daran: Dieser Komfort ist kostenlos! Weitere Fragen richten Sie bitte an
Email: kontakt@stock-informatik.com,
Tel. 02378-86 90 0 oder kontaktieren die GPk.



ISIS

S T O C K

I N F O R

M A T I K

„Machen Sie es sich leicht“, heißt das GPk-Jahresmotto in 2007.

Von den zahlreichen Komplettlösungen und Leistungen kann jeder profitieren:

- » individuelle, persönliche Beratung
- » maßgeschneiderte Angebote für große und kleine Bestellwünsche
- » integrierter Online-Shop der Römer-Apotheke
- » Direkt-Einkauf Impfstoffe und Arzneimittel rund um die Uhr
- » einfache Bestell-Organisation zum selber verwalten
- » mit SSL-Technik geschützter Einkauf
- » neueste Angebote, Aktionen & Schnelldreher
- » Netzwerk namhafter Kooperationspartner

Machen Sie es sich leicht – testen Sie die hochwertigen GPk-Standards und genießen Sie Mehrwert, Effizienz und Sicherheit.

Ein zusätzlicher Bonus wartet auf alle Mitglieder des BsAfb: Fragen Sie nach attraktiven Rahmenvereinbarungen! Eckart Rinck, Leiter GPk Marketing und Vertrieb, möchte es BsAfb-Mitgliedern leicht machen, den Online-Fullservice zu testen. Rufen Sie an unter 0721-680 28 36 oder treffen Sie ihn am **GPk-Stand beim 3. Betriebsärztetag 2007 in Osnabrück.**

Wir wünschen allen Lesern der Praktischen Arbeitsmedizin frohe Weihnachtstage und ein erfolgreiches, gesundes 2007!

Eine starke Partnerschaft:



GPk

Gesellschaft für
medizinische Prävention
und Kommunikation mbH

GPk mbH
Vertriebs- und Marketing-Büro:
Karlsruher Str. 88
D-76139 Karlsruhe

Tel. (0721) 680 28 36
Fax (0721) 680 27 14
E-Mail: kontakt@gpk.de
www.gpk.de